

Penerapan *Deep Learning* Pada Klasifikasi Tanaman Paprika Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode CNN

Siti Nurhasanah Nugraha¹, Rangga Pebrianto^{2,*}, Evita Fitri¹

¹ Sistem Informasi; Universitas Nusa Mandiri; Jl. Jatiwaringin Raya No. 2, Cipinang Melayu, Makasar, Jakarta Timur (021)8005722; e-mail: siti.nhg@nusamandiri.ac.id, evita.etv@nusamandiri.ac.id

^{2,*} Sistem Informasi; Universitas Bina Sarana Informatika; Jl. Kramat Raya No.98, RT.2/RW.9, Kwitang, Kec. Senen, Kota Jakarta Pusat, (021)8000063; e-mail: rangga.rpo@bsi.ac.id

* Korespondensi: e-mail: rangga.rpo@bsi.ac.id

Diterima: 10 November 2023; Review: 13 November 2023; Disetujui: 20 November 2023

Cara sitasi: Nugraha SN, Pebrianto R, Fitri E. 2023. Penerapan *Deep Learning* Pada Klasifikasi Tanaman Paprika Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode CNN. Information System for Educators and Professionals. Vol 8(2): 133-142.

Abstrak: Paprika (*Capsicum annum* var. *Grossum*) merupakan salah satu tanaman sayuran yang memiliki tingkat hasil produksi yang cukup luas. Klasifikasi tanaman paprika memiliki peran penting dalam identifikasi penyakit tanaman dan pemantauan pertumbuhan tanaman. Usaha petani dalam menjaga kestabilan hasil produksi tanaman paprika ini sangat ditentukan dari kondisi yang dihasilkan. Permasalahan yang dihadapi petani dalam menjaga kestabilan hasil produksi adalah sulitnya melakukan klasifikasi antara tanaman paprika yang sehat dengan tanaman paprika yang terinfeksi hama atau penyakit. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kami menerapkan pendekatan *Deep Learning* untuk membantu para petani dalam mengklasifikasikan tanaman paprika. Dataset pada penelitian ini berupa citra daun paprika yang terdiri dari dua kelas yaitu "*Bacterial_spot*" dan "*healthy*". Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) model *Sequential* yang terdiri dari 2 *convolutional layer*, 2 *pooling layer* dengan ukuran 2x2, 1 lapisan *dropout*, 2 lapisan *dense* (*fully connected layer*), dan 1 lapisan *flatten*. Hasil pengujian menunjukkan proses *training* model menghasilkan nilai akurasi sebesar 97%. Selanjutnya dilakukan pengujian model dengan menggunakan data *testing* yang menunjukkan hasil *precision*, *recall* dan *f1score* sebesar 99% serta akurasi model mencapai 99%. Hal ini menunjukkan bahwa model yang telah dibuat memiliki kemampuan yang sangat baik dalam melakukan klasifikasi antara daun paprika yang terinfeksi penyakit dengan daun paprika yang sehat.

Kata kunci: CNN, daun paprika, deep learning, klasifikasi

Abstract: Bell pepper (*Capsicum annum* var. *Grossum*) is one of the vegetable crops that has a wide range of production. Classification of bell pepper plants has an important role in identifying plant diseases and monitoring plant growth. Farmers' efforts in maintaining the stability of the production of paprika plants are very much determined by the conditions produced. The problem faced by farmers in maintaining stable production is the difficulty in classifying healthy bell pepper plants and bell pepper plants infected with pests or diseases. Therefore, in this study we apply a *Deep Learning* approach to help farmers classify sweet pepper plants. The dataset in this study is an image of bell pepper leaves consisting of two classes namely "*Bacterial_spot*" and "*healthy*". The method used in this research is the *Convolutional Neural Network* (CNN) *Sequential* model which consists of 2 *convolutional layers*, 2 *pooling layers* with a size of 2x2, 1 *dropout layer*, 2 *dense layers* (*fully connected layer*), and 1 *flatten layer*. The test results show that the model training process produces an accuracy value of 97%.

Furthermore, testing the model using testing data shows the results of precision, recall and f1score of 99% and the accuracy of the model reaches 99%. This shows that the model that has been made has a very good ability to classify between infected bell pepper leaves and healthy bell pepper leaves.

Keywords: CNN, bell pepper leaves, deep learning, classification

1. Pendahuluan

Paprika atau yang dikenal sebagai paprika, lada atau capsicum dengan nama latin *Capsicum annum var. Grossum* merupakan salah satu tanaman yang memiliki potensi tinggi dalam pertanian global [1], baik dari segi nilai komersial maupun kegunaannya sebagai obat [2]. Tanaman ini termasuk kelompok tanaman tropis dan subtropis yang dibudidayakan di seluruh dunia untuk hasil buahnya. Di Indonesia sendiri budidaya paprika telah tersebar di berbagai daerah, diantaranya Bandung Barat, Cianjur, Bogor, Garut, Wonosobo, Kota Batu, Bali, Nusa Tenggara Barat, sampai Bantaeng di Sulawesi Selatan [3].

Paprika adalah varietas cabai yang termasuk dalam kategori cabai manis asli dari Amerika yang juga merupakan komoditas bernilai tinggi, dilihat dari peningkatan produksinya dalam lima tahun terakhir [4]. Pada umumnya paprika digunakan sebagai penyedap bahan makanan. Selain manfaatnya untuk kebutuhan rumah tangga, paprika juga sering digunakan dalam bisnis farmasi untuk membuat bahan campuran untuk berbagai industri pengolahan makanan, kosmetik, pewarna makanan dan obat-obatan [5].

Peluang bisnis dalam usaha pertanian paprika memiliki peluang yang baik karena penggunaan hasil produksinya yang cukup luas, sehingga memiliki potensi pangsa pasar yang besar. Meskipun peluang bisnisnya cukup besar, menjaga kualitas dan kesehatan tanaman paprika dari serangan penyakit atau hama menjadi tantangan yang paling utama dihadapi oleh para petani. Salah satu permasalahannya adalah tanaman paprika rentan terhadap serangan hama dan penyakit. Pada dasarnya kondisi tanaman paprika yang terserang hama dan penyakit hanya dapat diketahui oleh petani yang mengelola tanaman tersebut, sehingga diperlukan ketelitian untuk mengetahui daun paprika yang sehat dan daun paprika yang terkena hama atau penyakit [6]. Namun, yang menjadi masalah adalah para petani mengalami kesulitan dalam melakukan klasifikasi antara daun paprika yang sehat dengan daun paprika yang terserang hama dan penyakit [5].

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kesulitan tersebut adalah melakukan klasifikasi dengan menggunakan komputer. Proses klasifikasi yang melibatkan pengelompokan setiap gambar ke dalam kategori tertentu berdasarkan karakteristiknya [7]. Cara ini merupakan teknik yang sangat penting dalam pengenalan gambar. Klasifikasi merupakan suatu metode yang memungkinkan identifikasi item dalam dataset dan mengkategorikannya sesuai dengan kelas atau label yang telah ditentukan [8] dengan tujuan utamanya untuk memprediksi kelas target yang sesuai untuk setiap contoh dalam dataset. Kelas target ini biasanya disebut sebagai dataset *testing*, di mana algoritma klasifikasi melakukan analisis data yang biasa disebut dengan *training* model sehingga menghasilkan model yang dapat digunakan untuk mengkategorikan data baru [9].

Saat ini, *deep learning* terus menjadi pendekatan dalam pembelajaran mesin yang mempermudah pengenalan dan pendeteksian objek secara otomatis dalam citra digital [10]. *Deep learning* melakukan otomatisasi ekstraksi fitur dari data menggunakan arsitektur jaringan saraf tiruan yang berlapis. Dengan kemampuannya dalam pengenalan gambar, deteksi objek, terjemahan mesin, pengenalan suara serta video, *deep learning* telah menghasilkan kemajuan yang cukup besar di berbagai bidang [11].

Salah satu metode yang digunakan dalam pengenalan citra digital adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) dan merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam *deep learning*. CNN memiliki berbagai arsitektur yang meliputi VGG, ResNet, AlexNet, GoogLeNet, MobileNet dan lainnya [12]. CNN merupakan pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) yang diciptakan khusus untuk mengolah data dua dimensi [13], termasuk dalam kategori *Deep Neural Network* karena memiliki arsitektur yang lebih kompleks dan sering digunakan untuk menganalisis data gambar. Arsitektur jaringan saraf tiruan yang lebih dikenal sebagai *Convolutional Neural Network* (CNN) diciptakan secara khusus untuk mengolah data seperti gambar dan film [14]. Arsitektur CNN dipengaruhi oleh organisasi dan korteks virtual yang dirancang untuk menyerupai koneksi antara neuron pada otak manusia [13]. Cara kerja metode

ini adalah melakukan operasi konvolusi untuk mengekstrak informasi dari gambar yang diberikan dengan menggunakan lapisan *convolution*, *pooling*, dan lapisan *fully connected* [15].

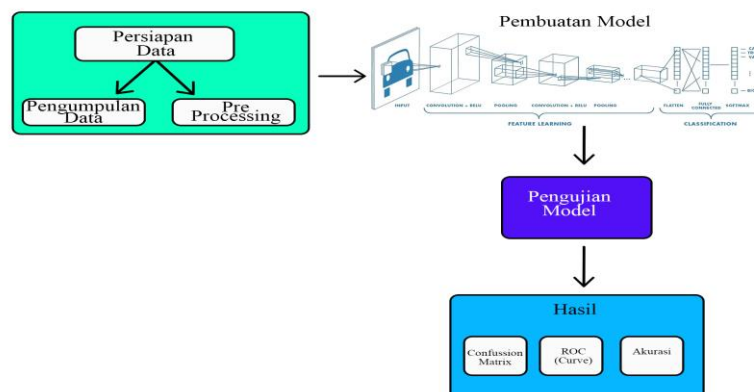
Penelitian terdahulu yang membahas tentang pembelajaran mesin dengan metode CNN telah banyak dilakukan, seperti yang diterapkan dalam klasifikasi jenis penyakit pada tanaman jagung dengan dataset sebanyak 2000 yang merupakan citra dari daun jagung yang terinfeksi penyakit yang terdiri dari dua kelas penyakit yaitu penyakit hawar daun dan karat daun. CNN pada penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar 97,5% untuk data training, 100% data validation serta 94% untuk data testing [16]. Selanjutnya, CNN digunakan untuk mengklasifikasi penyakit padi berdasarkan citra daun sebagai dataset dengan jumlah sebanyak 120 dataset yang terbagi kedalam 3 kelas penyakit. Pada penelitian ini CNN menghasilkan akurasi sebesar 91,7% [17]. Selain itu metode CNN mampu melakukan klasifikasi kualitas sayur kol dengan *learning rate* sebesar 0.004, 30 epoch dan tiga *optimizer* yang digunakan yaitu SGD, Adam dan RMSProp. Pada penelitian ini hasil akurasi terbesar yaitu pada *optimizer* Adam sebesar 80% untuk data *test* dan 73% untuk data *train* [18]. CNN juga digunakan untuk klasifikasi penyakit pada tanaman apel berdasarkan citra daun yang terbagi ke dalam 4 kelas yaitu *apple scab*, *black rot*, *rust* dan *healthy*. Jumlah dataset sebanyak 7700 citra pada data *train* dan 1943 citra pada data *validation*. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi sebesar 97,1% [19].

Pada penelitian ini akan menggunakan metode CNN untuk klasifikasi jenis tanaman paprika berdasarkan citra daun. Berdasarkan dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan penggunaan metode *Convolutional Neural Network* banyak digunakan dan menghasilkan nilai akurasi tinggi karena metode ini mampu mengenali objek pada proses klasifikasi [20], sehingga pada penelitian ini akan menggunakan metode tersebut untuk klasifikasi. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu para petani dalam mengidentifikasi penyakit dan masalah kesehatan tanaman paprika dengan secara lebih cepat dan akurat.

Selain itu penerapan metode CNN dalam klasifikasi jenis tanaman paprika berdasarkan citra daun diharapkan akan memberikan dampak positif pada budidaya paprika. Dengan kemampuan untuk mengidentifikasi hama, penyakit, dan masalah kesehatan tanaman para petani akan dapat mengambil tindakan lebih dini [21]. Hal ini berpotensi mengurangi kerugian hasil produksi dan memberikan dorongan pada produktivitas pertanian paprika. Selain itu penggunaan teknologi komputer dalam pemantauan tanaman juga dapat meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani terkait teknologi informasi di sektor pertanian, sehingga dapat membantu mereka mengoptimalkan proses budidaya.

2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian klasifikasi tanaman paprika berdasarkan citra daun diantaranya persiapan data yang meliputi pengumpulan data dan data *pre-processing*, pembuatan model yaitu dengan menggunakan model CNN, pengujian model CNN yang telah digunakan, selanjutnya implementasi hasil yang dilihat dari *confusion matrix*, *classification report*, dan akurasi. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 1.



Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 1. Tahapan Penelitian

Persiapan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang akan digunakan untuk klasifikasi. Penelitian ini fokus pada daun tanaman paprika yang akan digunakan sebagai data inputan pada proses klasifikasi. Dataset yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Kaggle (<https://www.kaggle.com/datasets/manjuphoenix/bellpepper/>) dengan judul dataset “Bell Pepper”. Dataset ini berisi citra daun paprika dalam format jpg sebanyak 9892 yang terbagi kedalam dua kelas yaitu kelas “*Bacterial_spot*” sebanyak 3988 citra, dan kelas “*healthy*” sebanyak 5904 citra. Adapun sample dataset dari kelas *Bacterial_spot* dapat dilihat pada gambar 2 dan untuk kelas *healthy* dapat dilihat pada gambar 3.



Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 2. Sample Dataset Kelas *Bacterial_spot*



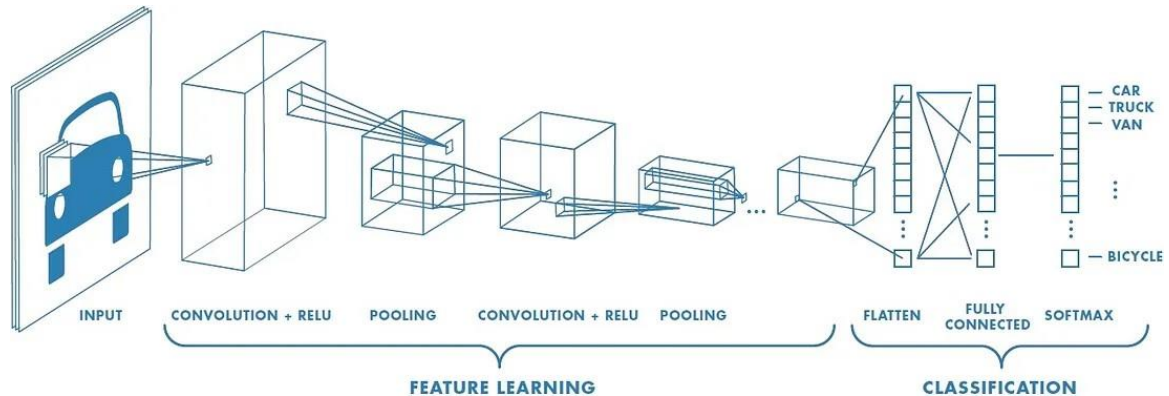
Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 3. Sample Dataset Kelas *Healthy*

Pembuatan Model

Metode *Convolutional Neural Network* digunakan pada penelitian ini untuk klasifikasi. Komponen dari model CNN yang digunakan pada penelitian ini yaitu 2 *convolutional layer*, 2 *pooling layer* dengan ukuran 2x2, 1 lapisan *dropout*, 2 lapisan *dense (fully connected layer)*, dan 1 lapisan *flatten*. Dari model ini dilakukan *training* model terlebih dahulu yang berujung

untuk mengajarkan model dalam mengenali pola atau fitur yang ada dalam dataset pelatihan sehingga model dapat membuat klasifikasi yang baik pada saat pengujian model dengan data *test*. Model ini dilatih dengan menggunakan *Tensorflow*, *optimizer Adaptive Moment (Adam)*, *learning rate* 0.001 dan epoch sebanyak 50.



Sumber : [22]

Gambar 4. Arsitektur *Convolutional Neural Network*

Tahapan yang dilakukan CNN dalam memproses suatu data inputan gambar berdasarkan gambar 4 terdiri dari dua bagian, yaitu *feature learning* dan *classification*. Pada bagian *feature learning* jaringan secara otomatis akan mempelajari fitur dari data input seperti mempelajari tepi dan sudut hingga fitur yang lebih kompleks seperti bentuk dan tekstur. Bagian ini melakukan proses melalui beberapa tahapan seperti *Convolutional Layers* yang berfungsi untuk mengekstraksi fitur lokal dari data input, *ReLU Activation*, dan *Pooling Layer* yang akan bertugas untuk mengurangi dimensi spasial dari peta fitur yang dihasilkan oleh lapisan konvolusi sehingga dapat mempercepat proses komputasi.

Sementara itu pada bagian *Classification* yang merupakan tahap akhir dari arsitektur CNN, di mana pada bagian ini jaringan akan menggunakan fitur yang telah diekstraksi dari lapisan konvolusi dan *pooling* untuk melakukan klasifikasi. Layer yang ada pada bagian ini yaitu *flatten layer* dan *fully connected layer*. Kemudian dihasilkan output klasifikasi dengan fungsi *softmax* untuk menghasilkan probabilitas kelas-kelas yang akan di klasifikasi.

Pengujian Model

Pada tahap ini dilakukan pengujian pada model yang telah dibuat terhadap data *test* untuk mengetahui kemampuan model dalam mengklasifikasi data. Hasil pengujian pada penelitian ini akan dilihat dari *confusion matrix*, *f1 score*, *recall* serta akurasi yang dihasilkan dari pengujian model yang telah dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman *python* dengan *framework Tensorflow* dan *Keras*. Data mentah diubah menjadi data pelatihan melalui proses *pre-processing* untuk meningkatkan akurasi model. Setelah mengimpor dataset selanjutnya dilakukan *pre-processing* dengan membuat objek *ImageDataGenerator* terlebih dahulu untuk melakukan *augmentasi* data gambar. Intensitas piksel dari citra yang diinputkan dinormalisasi menjadi nilai antara 0 dan 1 dengan fungsi *rescale=1./255* yang dapat membantu dalam pelatihan model. Pembagian dataset pada penelitian ini dilakukan dengan rasio sebanyak 80% untuk data *training* (7915 citra) dan sebanyak 20% untuk data *validation* (1977 citra).

```
datagen = tf.keras.preprocessing.image.ImageDataGenerator(
    rescale=1./255,
```

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 5. Script Pada Tahap *Pre-Processing*

Model penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah model “*Sequential*” yang merupakan salah satu model *Neural network* yang paling banyak digunakan karena memiliki susunan lapisan yang sekuensial serta cocok digunakan untuk klasifikasi gambar [23]. Adapun model yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 6.

Model: "sequential"

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 222, 222, 32)	896
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 111, 111, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 109, 109, 64)	18496
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 54, 54, 64)	0
flatten (Flatten)	(None, 186624)	0
dense (Dense)	(None, 128)	23888000
dropout (Dropout)	(None, 128)	0
dense_1 (Dense)	(None, 2)	258
Total params: 23907650 (91.20 MB)		
Trainable params: 23907650 (91.20 MB)		
Non-trainable params: 0 (0.00 Byte)		

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 4. Model CNN

Model penelitian ini menggunakan 2 lapisan *convolution layer*, 2 lapisan *pooling layer* dengan ukuran (2x2), 1 lapisan *dropout*, 2 lapisan *dense (fully connected layer)*, dan 1 lapisan *flatten*. Sedangkan untuk fungsi aktivasi menggunakan ReLU untuk lapisan *convolutional* dan *dense*, serta aktivasi *softmax* untuk lapisan *output*. Filter pertama pada model ini memiliki 32 filter dengan ukuran kernel 3x3, dan filter kedua memiliki 64 filter dengan ukuran kernel yang sama. Total parameter pada penelitian ini sebanyak 23,907,650 parameter.

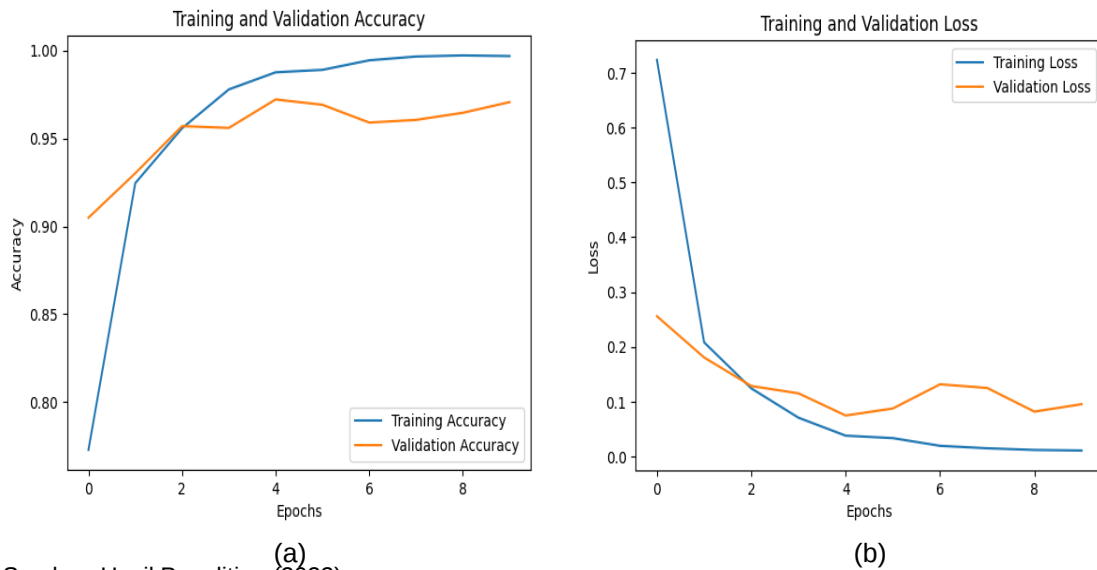
Selanjutnya dilakukan *training* model dengan cara *compile* model yang telah dibuat. Adapun hasil akurasi *training* model pada data *training* sebesar 0.97 (97%) dengan total loss sebesar 0.0745. Kemudian model ini disimpan sebagai “*trained model.h5*”. Hasil *training* model ditampilkan pada Gambar 5.

```
16/16 [=====] - 7s 437ms/step - loss: 0.0745 - accuracy: 0.9722
Test Loss: 0.0745
Test Accuracy: 0.9722
Trained model saved as 'trained_model.h5'
```

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 5. Hasil Akurasi Model Training

Untuk mengevaluasi kinerja model selama proses pelatihan dapat melihat dari grafik *training and validation accuracy* serta grafik *training and validation loss* yang ditampilkan pada 6.



Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 6. (a) Grafik *Training and Validation Accuracy*, (b) Grafik *Training and Validation Loss*

Pada grafik *training and validation accuracy* menunjukkan bahwa kurva *training* dan *validation accuracy* terus meningkat dan tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua kurva tersebut. Selain itu pada grafik *training and validation loss* juga menunjukkan penurunan kurva *training* dan *validation* turun secara stabil. Hal ini menunjukkan bahwa model yang dilatih semakin baik dalam melakukan klasifikasi, serta tidak ada terjadinya *overfitting* pada model yang telah dibuat.

Selanjutnya dilakukan pengujian model pada data *testing* untuk mengukur sejauh mana kinerja model yang telah dilatih pada data *training* serta untuk mengetahui performa model klasifikasi pada dataset yang digunakan [18]. Adapun hasil pengujian model menggunakan data *testing* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

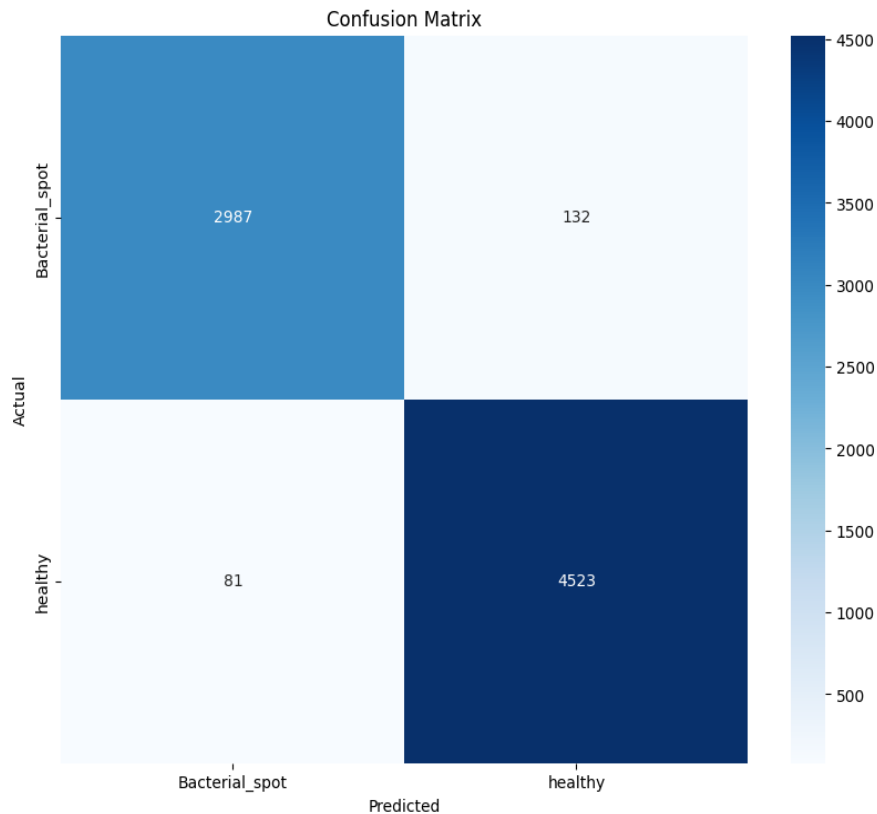
Tabel 1. *Classification Report*

Kelas	Precision	Recall	F1 score	Support
<i>Bacterial spot</i>	0.99	0.99	0.99	3988
<i>healthy</i>	0.99	0.99	0.99	5904
<i>Accuracy</i>			0.99	9892
<i>Macro avg</i>	0.99	0.99	0.99	9892
<i>Weight avg</i>	0.99	0.99	0.99	9892

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Dari hasil yang ditampilkan dapat disimpulkan bahwa model klasifikasi yang telah dibuat menghasilkan performa yang sangat baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil *precision*, *recall* dan *f1 score* yang dihasilkan yaitu mencapai 0.99 (99%). Selain itu akurasi yang dihasilkan dari pengujian model menggunakan data *testing* mencapai nilai 0.99 atau 99%. Hasil ini menunjukkan bahwa model yang dibuat sangat baik dalam membedakan kelas yang ada dari dataset yang diberikan, serta model tersebut mampu mengklasifikasi data tersebut dengan benar sesuai dengan kelas target. Hal ini sejalan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan dan menunjukkan bahwa penggunaan CNN dalam klasifikasi tanaman berhasil dilakukan.

Selain itu, peneliti juga melakukan evaluasi kinerja model dengan menggunakan *Confusion Matrix* untuk mengetahui sejauh mana kemampuan model dalam mengklasifikasi dengan benar kelas dari data yang diberikan. Hasil *confusion matrix* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Gambar 6. *Confusion Matrix*

Pada *confusion matrix* dapat dilihat bahwa model mampu mengklasifikasi data pada kelas *Bacterial_spot* sebanyak 2987 citra diklasifikasi dengan benar bahwa citra tersebut dikenali sebagai citra pada kelas *Bacterial_spot* (*true positif*), sedangkan 132 citra dikenali sebagai kelas *healthy* (*true negatif*). Sementara itu untuk untuk kelas *healthy* model dapat mengklasifikasi dengan benar sebanyak 4523 citra dikenali sebagai citra pada kelas *healthy* (*true positif*), dan 81 citra dikenali sebagai kelas *Bacterial_spot* (*true negatif*). Dapat disimpulkan bahwa model yang telah dibuat mampu mengklasifikasi data yang diberikan dengan hasil *true positif* atau klasifikasi benar yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil *true negatif*. Artinya model ini dapat digunakan untuk klasifikasi daun tanaman paprika.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penerapan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) pada data citra daun paprika memiliki kinerja yang cukup baik. Dataset pada penelitian ini sebanyak 9892 citra daun paprika yang terbagi menjadi dua kelas yaitu kelas "*Bacterial_spot*" dan kelas "*healthy*" dengan pembagian data sebesar 80% untuk data *training* dan 20% untuk data *validation*. Penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman *python* dengan *framework* *Tensorflow* dan *keras*. Hasil *training* model menunjukkan akurasi sebesar 97%. Selanjutnya dilakukan pengujian model menggunakan data *testing* untuk mengetahui performa model yang telah dibuat dalam melakukan klasifikasi. Hasil pengujian pada data *testing* menunjukkan nilai *precision*, *recall* dan *f1 score* sebesar 99%. Artinya model ini memiliki performa yang sangat baik. Selain itu hasil pengujian model menggunakan data *testing* menunjukkan hasil akurasi sebesar 99%. Ini menunjukkan bahwa model yang telah dibuat mampu melakukan klasifikasi dengan benar sesuai dengan kelas pada dataset yang diberikan sehingga model ini dapat digunakan untuk klasifikasi terutama pada klasifikasi daun tanaman paprika. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian model dengan dataset yang berbeda atau dapat menggunakan dataset yang sama dengan model yang berbeda bahkan perbandingan model dengan model lain yang lebih kompleks.

Referensi

- [1] J. Supriatna and I. D. Azzahra, "Budidaya tanaman paprika (*Capsicum annum* var. *Grossum*) secara hidroponik dengan sistem irigasi tetes di P4S Tottal Cantigi Farm," *Community Empower.*, vol. 6, no. 8, pp. 1545–1556, 2021.
- [2] A. Subeesh *et al.*, "Deep convolutional neural network models for weed detection in polyhouse grown bell peppers," *Artif. Intell. Agric.*, vol. 6, pp. 47–54, 2022.
- [3] P. M. A. Reza, Syuhriatin, and S. M. Rahayu, "ANALISIS PERTUMBUHAN TANAMAN PAPRIKA (*Capsicum annum* var. *grossum*) BERDASARKAN POLA TANAM," *Lomb. J. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 1689–1699, 2021.
- [4] M. Ilhamsyah and U. Enri, "Identification of Bacterial Spot Diseases on Paprika Leaves Using Cnn and Transfer Learning," *J. Pilar Nusa Mandiri*, vol. 18, no. 1, pp. 17–24, 2022.
- [5] I. G. N. A. Aviantara and P. Sarjana, "Kajian Sistem Jaminan Mutu pada Budidaya Paprika di Greenhouse di Desa Candikuning, Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan, Bali," *J. Ilm. Teknol. Pertan. Agrotechno*, vol. 3, no. 2, p. 338, 2019.
- [6] Febrica Handryani, S. Nur Wiyono, K. Kusno, and D. Rochdiani, "Identifikasi Risiko Pada Produksi Paprika (Studi Kasus di CV Cantigi Kabupaten Garut, Jawa Barat)," *Forum Agribisnis*, vol. 11, no. 1, pp. 90–100, 2021.
- [7] D. Sucia, A. T. S. Larasabi, Y. Azhar, and Z. Sari, "Classification of Coffee Leaves Diseases Using CNN," *Kinet. Game Technol. Inf. Syst. Comput. Network, Comput. Electron. Control*, vol. 4, no. 3, 2023.
- [8] A. Waheed, M. Goyal, D. Gupta, A. Khanna, A. E. Hassanien, and H. M. Pandey, "An optimized dense convolutional neural network model for disease recognition and classification in corn leaf," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 175, no. January, p. 105456, 2020.
- [9] R. Rahmadianto, E. Mulyanto, and T. Sutojo, "Implementasi Pengolahan Citra dan Klasifikasi K-Nearest Neighbor untuk Mendeteksi Kualitas Telur Ayam," *J. VOI (Voice Informatics)*, vol. 8, no. 1, pp. 45–54, 2019.
- [10] A. S. Paymode and V. B. Malode, "Transfer Learning for Multi-Crop Leaf Disease Image Classification using Convolutional Neural Network VGG," *Artif. Intell. Agric.*, vol. 6, pp. 23–33, 2022.
- [11] C. Kaewtapee and A. Supratak, "Yolk color measurement using image processing and deep learning," *Int. Conf. Smart Innov. Agric.*, vol. 686, no. 1, 2021.
- [12] J. G. M. Esgario, P. B. C. de Castro, L. M. Tassis, and R. A. Krohling, "An app to assist farmers in the identification of diseases and pests of coffee leaves using deep learning," *Inf. Process. Agric.*, vol. 9, no. 1, pp. 38–47, 2022.
- [13] D. Bhatt *et al.*, "Cnn variants for computer vision: History, architecture, application, challenges and future scope," *Electron.*, vol. 10, no. 20, pp. 1–28, 2021.
- [14] Z. Li, F. Liu, W. Yang, S. Peng, and J. Zhou, "A Survey of Convolutional Neural Networks: Analysis, Applications, and Prospects," *IEEE Trans. Neural Networks Learn. Syst.*, vol. 33, no. 12, pp. 6999–7019, 2022.
- [15] A. Dhillon and G. K. Verma, "Convolutional neural network: a review of models, methodologies and applications to object detection," *Prog. Artif. Intell.*, vol. 9, no. 2, pp. 85–112, 2020.
- [16] D. Iswantoro and D. Handayani UN, "Klasifikasi Penyakit Tanaman Jagung Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 22, no. 2, p. 900, 2022.
- [17] S. R. D. Amiril, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Pada Klasifikasi Penyakit Padi Melalui Citra Daun," Universitas Islam Indonesia, 2020.
- [18] R. Dhamayanti, M. Fatchiyatur Rohma, and S. Zahara, "Penggunaan Deep Learning Dengan Metode Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Kualitas Sayur Kol Berdasarkan Citra Fisik," *SUBMIT J. Ilm. Teknol. Inf. dan Sains*, vol. 1 (1), pp. 08–15, 2021.
- [19] M. R. D. Septian, A. A. A. Paliwang, M. Cahyanti, and E. R. Swedia, "Penyakit Tanaman Apel Dari Citra Daun Dengan Convolutional Neural Network," *SEBATIK*, vol. 24, no. 2, pp. 207–212, 2020.
- [20] T. O. Saputra and D. Alamsyah, "Klasifikasi Penyakit Cacar Monyet Menggunakan Metode Convolution Neural Network," in *2nd MDP STUDENT CONFERENCE 2023*, 2023, pp. 179–184.

- [21] N. Sudiati, “Metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk deteksi jenis rempah-rempah,” *Cyber Area*, vol. 3, no. 2, pp. 1–21, 2023.
- [22] R. Saxena, S. Dubey, and V. K. Karna, “Object Detection with YOLO Version 3 for Big Data BT - Key Digital Trends Shaping the Future of Information and Management Science,” 2023, pp. 103–116.
- [23] N. D. Miranda, L. Novamizanti, S. Rizal, F. T. Elektro, and U. Telkom, “CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK PADA KLASIFIKASI SIDIK JARI MENGGUNAKAN RESNET-50 CLASSIFICATION OF FINGERPRINT PATTERN USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK IN CLAHE IMAGE,” vol. 1, no. 2, pp. 61–68, 2020.