



KLASIFIKASI PENYAKIT PADA SAWI PAKCOY DENGAN MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

Agung Sutikno¹⁾, Sry Dhina Pohan²⁾, Andi Aljabar³⁾

¹⁾²⁾ Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nahdlatul Ulama Indonesia

³⁾ Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nahdlatul Ulama Indonesia

e-mail: sagung@unusia.ac.id ¹⁾, dhinapohaninfosys@unusia.ac.id ²⁾, andialjabar@unusia.ac.id ³⁾

Abstract

[Classification Of Diseases In Sawi Pakcoy Using The Convolutional Neural Network (CNN) Method] The Brassica Rapa L plant, commonly referred to as pakcoy, is a vegetable renowned for its economically significant leaves. Pakcoy thrives in both highland and lowland regions, characterized by its rapid harvest cycle and straightforward cultivation process. However, the marked increase in pakcoy cultivation has rendered the crop susceptible to diseases caused by fungi, viruses, pests, and other microbes, highlighting the necessity for effective management strategies to mitigate crop failure. This study explores the application of Convolutional Neural Networks (CNN) in the identification of pakcoy diseases through advanced pattern recognition and image analysis techniques. Utilizing a dataset comprising 1000 images of pakcoy leaves—500 depicting diseased specimens and 500 healthy ones—sourced from greenhouse plants, the images are processed using CNN with RGB configurations at a resolution of 512x512 pixels. The data training, conducted with the Adam optimizer, achieved an accuracy rate of 89.12% and a loss value of 0.240. The findings demonstrate that the CNN methodology is highly effective in accurately classifying diseases in pakcoy, thereby providing a robust framework for informed decision-making in disease prevention and management for pakcoy crops.

Keywords: Classification; Convolutional Neural Network; Deep Learning; Mustard Caisim; Plant Diseases.

Abstrak

Tanaman Brassica Rapa L atau sawi pakcoy merupakan jenis sayuran dengan daun yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Sawi pakcoy tumbuh di dataran tinggi dan dataran rendah dengan masa panen yang cepat dan proses budidaya yang mudah. Peningkatan budidaya tanaman sawi pakcoy yang sangat tinggi, tidak dapat menghindari sawi pakcoy dari serangan penyakit yang disebabkan oleh jamur, virus, hama dan mikroba lainnya sehingga perlu mempersiapkan cara dalam menangani tanaman sawi pakcoy agar tidak mengalami gagal panen. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Convolutional Neural Network (CNN) dalam mengidentifikasi penyakit pada sawi pakcoy dengan kemampuan dalam pengenalan pola dan analisis gambar pada daun sawi pakcoy. Data set yang digunakan berjumlah 1000 data citra daun sawi pakcoy dengan pembagian data sawi yang memiliki penyakit berjumlah 500 gambar dan data sawi yang tidak memiliki penyakit berjumlah 500 data. Dataset berasal dari tanaman greenhouse yang kemudian diolah menggunakan CNN dengan warna gambar RGB yang berukuran 512x512, data dilatih dengan optimizer Adam dengan hasil pengujian akurasi sebesar 0.8912 atau 89.12% dan nilai loss sebesar 0.240. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode CNN mampu melakukan klasifikasi penyakit pada sawi pakcoy dengan akurasi signifikan sehingga dari hasil klasifikasi dapat dijadikan sebagai pengambilan keputusan yang tepat dalam pencegahan penyakit tanaman sawi pakcoy.

Kata Kunci: Convolutional Neural Network; Deep Learning; Klasifikasi; Penyakit Tanaman; Sawi Pakcoy.

1. Pendahuluan

Pertanian merupakan sektor esensial yang berperan sebagai sumber utama dalam memastikan ketersediaan pangan bagi masyarakat Indonesia. Namun, kondisi cuaca dan iklim di Indonesia yang sering tidak stabil dapat menyebabkan penurunan kualitas tanaman dan berpotensi menurunkan produksi pertanian. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi pertanian yang mampu mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu solusi yang diusulkan adalah penerapan rumah kaca (greenhouse) [1]. Rumah kaca adalah struktur yang digunakan untuk mengendalikan kondisi lingkungan bagi tanaman yang diinginkan, termasuk tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa L.*). Sawi pakcoy merupakan salah satu sayuran daun yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan dapat tumbuh di dataran tinggi maupun dataran rendah. Keunggulan sawi pakcoy antara lain adalah masa panen yang singkat dan kemudahan dalam budidaya. Meskipun banyak petani tertarik untuk membudidayakan sawi pakcoy, tanaman ini rentan terhadap serangan penyakit [2].

Penyakit pada tanaman sawi pakcoy dapat diidentifikasi melalui perubahan warna dan bentuk yang disebabkan oleh infeksi jamur, mikroba, atau virus. Namun, identifikasi secara visual sering kali sulit dilakukan. Banyak petani belum memiliki pengetahuan yang memadai tentang penyakit tanaman sawi pakcoy, sehingga mereka kesulitan mendeteksi gejala penyakit pada tahap awal. Pengetahuan petani umumnya terbatas pada informasi dari penyuluhan dan pengalaman pribadi. Kurangnya pemahaman dan penanganan yang tidak tepat sering kali mengakibatkan gagal panen dan kerugian ekonomi bagi petani. Untuk mengidentifikasi penyakit pada tanaman *Brassica rapa L.* (sawi pakcoy), dapat digunakan berbagai teknik, termasuk penerapan konsep Deep Learning untuk klasifikasi penyakit tanaman [3]. Metode convolutional neural network (CNN) diterapkan untuk mengklasifikasikan gambar tanaman sawi, dengan kemampuan untuk belajar secara mandiri dalam pengenalan citra. Penelitian ini menghasilkan data uji dari klasifikasi gambar varietas sawi, seperti sawi pakcoy, sawi putih, dan sawi caisim, dengan tingkat akurasi 83%, recall 80%, dan presisi 89%. Meskipun terdapat variasi dalam jumlah data pelatihan yang digunakan, hasil yang diperoleh tetap menunjukkan konsistensi dengan akurasi sebesar 83% [4].

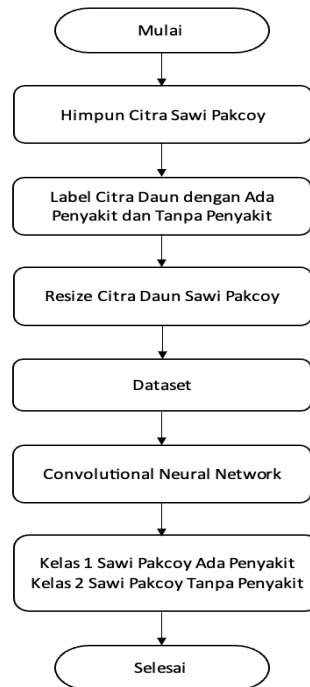
Metode Convolutional Neural Network (CNN) pada penelitian sebelumnya telah diterapkan dengan menggunakan dataset citra daun tanaman padi yang dikumpulkan melalui metode pengumpulan data sekunder. Dataset tersebut diperoleh dari repositori dataset Kaggle dalam format .csv, yang diterbitkan oleh Tedi Setiady. Dataset citra ini terdiri dari 240 data, yang terbagi ke dalam tiga kelas berdasarkan jenis penyakit daun padi: blas, hawar daun, dan tungro, dengan masing-masing kelas berisi 80 citra. Dalam penelitian tersebut, dilakukan proses penyesuaian ukuran (resize) pada citra menjadi 299x299 piksel, serta augmentasi data citra untuk meningkatkan keragaman data latih. Hasil dari proses pelatihan dan pengujian menunjukkan bahwa metode CNN mampu mencapai nilai akurasi pengujian sebesar 93,75%, dengan nilai kehilangan (loss) sebesar 0,3076. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan metode CNN memiliki performa yang sangat baik dalam klasifikasi penyakit daun padi. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa metode CNN efektif dalam memproses dan menganalisis citra tanaman, serta dapat diterapkan secara luas dalam bidang pertanian untuk mendeteksi penyakit tanaman dengan tingkat akurasi yang tinggi [5].

Pada penelitian ini, sistem klasifikasi untuk tanaman alpukat menggunakan CNN dengan pengolahan citra berbasis Android telah dikembangkan untuk mengidentifikasi keberadaan penyakit pada tanaman tersebut. Implementasi metode Convolutional Neural Network (CNN) dalam sistem ini melalui model dan pengujian data pada aplikasi mobile menunjukkan kemampuan mendeteksi penyakit pada daun alpukat dengan tingkat akurasi mencapai 80% [6]. Penelitian ini memanfaatkan deep learning dan algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengenali penyakit pada tanaman tomat melalui analisis daun. Model CNN dilatih menggunakan Python di platform Google Colab, sedangkan pengembangan aplikasi Android dilakukan dengan Android Studio. Pengujian dilakukan dengan skenario berbeda, termasuk penggunaan gambar dari galeri dan pengambilan gambar secara langsung melalui kamera. Hasil eksperimen menunjukkan tingkat keberhasilan pengenalan gambar sebesar 94% untuk gambar dari galeri dan 80% untuk gambar yang diambil langsung dari kamera [7].

Penelitian terdahulu telah membuat berbagai pengembangan dalam penerapan metode Convolutional Neural Network pada berbagai objek, oleh karena itu penelitian ini mengarah pada klasifikasi penyakit tanaman sawi pakcoy dengan membedakan antara sawi pakcoy ada penyakit dan tanpa penyakit. Penggunaan metode Convolutional Neural Networks (CNN) dalam klasifikasi penyakit pada tanaman sawi pakcoy diharapkan dapat memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap pengembangan sistem pemantauan penyakit tanaman yang lebih efektif dan efisien. Metode ini menawarkan kemampuan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan penyakit dengan kecepatan dan akurasi tinggi, yang dapat sangat membantu petani dalam membuat keputusan yang tepat waktu [8]. Dengan adanya teknologi ini, petani dapat segera mengambil tindakan yang diperlukan untuk mengurangi kerugian akibat penyakit yang menyerang tanaman sawi pakcoy. Selain itu, penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam penerapan metode CNN ini akan membawa manfaat besar, tidak hanya dalam pengendalian penyakit tanaman tetapi juga dalam peningkatan produktivitas sektor pertanian di Indonesia secara keseluruhan.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam melakukan klasifikasi penyakit tanaman sawi pakcoy adalah Convolutional Neural Network (CNN) yang memiliki alur tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Penerapan CNN Pada Klasifikasi Sawi Pakcoy

Pada tahapan penelitian penerapan metode CNN untuk klasifikasi sawi pakcoy yang digunakan sebagai berikut:

A. Himpun Citra Sawi Pakcoy

Citra sawi pakcoy diambil pada Smart Greenhouse Kampus B di Universitas Nahdlatul Ulama Indonesia (UNUSIA) yang terletak di Jl. Parung Hijau Desa Tegal Jampang Hambulu, Pd. Udik, Kec. Kemang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tanaman Sawi Pakcoy pada Smart Greenhouse Kampus B UNUSIA

Data citra diambil dan dihimpun menggunakan kamera smartphone Xiaomi dengan spesifikasi kamera belakang 64 megapixel. Jarak pengambilan gambar kurang lebih sama yaitu 10 cm dan gambar berorientasi potrait. Data citra yang diperoleh berupa gambar sawi pakcoy yang memiliki penyakit dan sawi pakcoy tanpa penyakit atau normal. Data gambar diambil Sejumlah 1000 gambar kemudian dibagi menjadi dua kelas yaitu 500 gambar memiliki penyakit dan 500 gambar sawi pakcoy tanpa penyakit. Klasifikasi sawi pakcoy ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Citra Sawi Pakcoy

No	Kelas	Citra Daun Sawi Pakcoy	Jumlah
1	Sawi Pakcoy Tanpa Penyakit		500
2	Sawi Pakcoy Ada Penyakit		500

B. Label Citra Daun dengan Penyakit dan Tanpa Penyakit

Citra daun sawi pakcoy yang sudah dihimpun akan diberikan label secara manual pada citra yang kemudian dikategorikan menjadi sawi pakcoy ada penyakit dan sawi pakcoy tanpa penyakit.

C. Resize Citra Daun Sawi Pakcoy

Pengubahan ukuran (resize) citra merupakan salah satu bentuk pengolahan citra yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra menggunakan pemrosesan berbasis komputer. Tujuan utama dari pengolahan citra adalah memperbaiki kualitas citra agar lebih mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin. Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra input menjadi citra output dengan kualitas yang lebih baik. Dengan demikian, input berupa citra diolah sedemikian rupa sehingga output yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra asli [9]. Resize citra merupakan tahapan untuk memastikan konsistensi gambar dari sawi pakcoy yang sudah terlebih dahulu dilabeli yang kemudian akan dijadikan dataset. Hasil resize citra yang digunakan adalah 512x512.

D. Dataset

Dataset merupakan data yang akan diproses menggunakan metode CNN dengan data yang dibagi menjadi data pelatihan sebanyak 80 % yang digunakan dalam melatih model CNN dan data pengujian sebanyak 20 % yang digunakan dalam mengevaluasi model CNN.

E. Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) termasuk dalam Deep learning yang merupakan cabang dari machine learning yang menggunakan algoritma pemodelan tingkat tinggi untuk memproses data dengan transformasi non-linear pada lapisan-lapisan neural network. Beberapa aplikasi deep learning meliputi pengenalan citra, pengenalan suara, klasifikasi, dan lainnya [10]. Teknik CNN menerapkan operasi konvolusi melalui berbagai lapisan pemrosesan, menggunakan sejumlah elemen yang bekerja secara paralel dan diadaptasi dari sistem saraf biologis. Dalam CNN, neuron-neuron direpresentasikan dalam dua dimensi, menjadikan metode ini sangat cocok untuk pemrosesan input berupa citra [11]. Metode Convolutional Neural Network (CNN) memungkinkan pembelajaran mandiri untuk pengenalan objek, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. CNN dapat diterapkan pada citra resolusi tinggi dengan model distribusi non-parametrik, memungkinkan pengenalan pola dan fitur relevan dalam data gambar secara otomatis, menjadikannya ideal untuk pengolahan citra berkualitas tinggi [12]. Metode CNN diakusisi dengan bahasa pemrograman python, dimana python bersifat interpretatif dengan banyak fungsi yang dapat dijalankan yang memiliki filosofi perancangan yang mengacu pada level keterbacaan kode [13]. Proses konfigurasi pada CNN dilakukan dengan optimizer Adam, penyesuaian arsitektur CNN yang didalamnya meliputi convolution, max pooling, flatten, dan dense. Untuk arsitektur CNN pada klasifikasi penyakit tanaman sawi pakcoy dapat dilihat pada Gambar 3.

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 128, 128, 32)	896
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 64, 64, 32)	0
conv2d_3 (Conv2D)	(None, 32, 32, 64)	18,496
max_pooling2d_3 (MaxPooling2D)	(None, 16, 16, 64)	0
flatten_1 (Flatten)	(None, 16384)	0
dense_1 (Dense)	(None, 2)	32,770

Gambar 3. Arsitektur CNN pada Klasifikasi Penyakit Sawi Pakcoy

Adapun penjelasan arsitektur yaitu sebagai berikut:

1. Convolution (conv2d_2) merupakan lapisan konvolusi pertama dengan 32 filter, masing-masing berukuran 3x3 (karenanya parameter = (3xinput_channels + 1) x 32). Ini menghasilkan 32 fitur dengan dimensi 128x128.
2. Max Pooling (max_pooling2d_2) merupakan lapisan yang melakukan operasi pooling dengan ukuran filter 2x2 dan stride 2, yang mengurangi dimensi fitur menjadi 64x64, sementara jumlah fitur tetap 32. Tidak ada parameter untuk pooling layer.
3. Convolution (conv2d_3) merupakan lapisan konvolusi kedua dengan 64 filter, masing-masing berukuran 3x3 (parameternya adalah (3x32 + 1) x 64). Ini menghasilkan 64 fitur dengan dimensi 32x32.
4. Max Pooling (max_pooling2d_3) merupakan lapisan yang melakukan pooling dengan ukuran filter 2x2 dan stride 2, yang mengurangi dimensi fitur menjadi 16x16, sementara jumlah fitur tetap 64. Sama seperti sebelumnya, tidak ada parameter untuk pooling layer.
5. Flatten (flatten_1) merupakan lapisan yang dapat meratakan output dari lapisan sebelumnya menjadi satu vektor 1D dengan panjang 16/1664 = 16384. Tidak ada parameter dalam lapisan flatten.
6. Dense (dense_1) merupakan lapisan fully connected (dense) dengan 2 neuron output, mungkin digunakan untuk klasifikasi 2 kelas. Parameter adalah (input_size + 1) x output_size = (16384 + 1) x 2.

F. Perbedaan Kelas pada Sawi Pakcoy

Perbedaan kelas pada tanaman sawi dilakukan dengan Confusion matrix merupakan metode pengukuran keputusan yang populer dalam supervised machine learning. Metode ini berguna untuk memvisualisasikan tingkat keraguan algoritma pada setiap kelas yang berbeda dan dapat digunakan untuk menghitung akurasi tanpa tergantung pada algoritma klasifikasi. Tujuan utama dari confusion matrix adalah untuk menghitung persentase ketepatan hasil klasifikasi dalam pengujian yang dilakukan terhadap data record [14]. Confusion Matrix disajikan dalam bentuk tabel yang sering digunakan untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi. Tabel ini memiliki baris dan kolom sesuai dengan jumlah kelas, menunjukkan nilai false positives (FP), yaitu data negatif yang salah diidentifikasi sebagai positif; false negatives (FN), yaitu data positif yang salah diidentifikasi sebagai negatif; true positives (TP), yaitu data positif yang benar diidentifikasi sebagai positif; dan true negatives (TN), yaitu data negatif yang benar diidentifikasi sebagai negatif. Berikut persamaan dari confusion matrix [15].

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

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

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

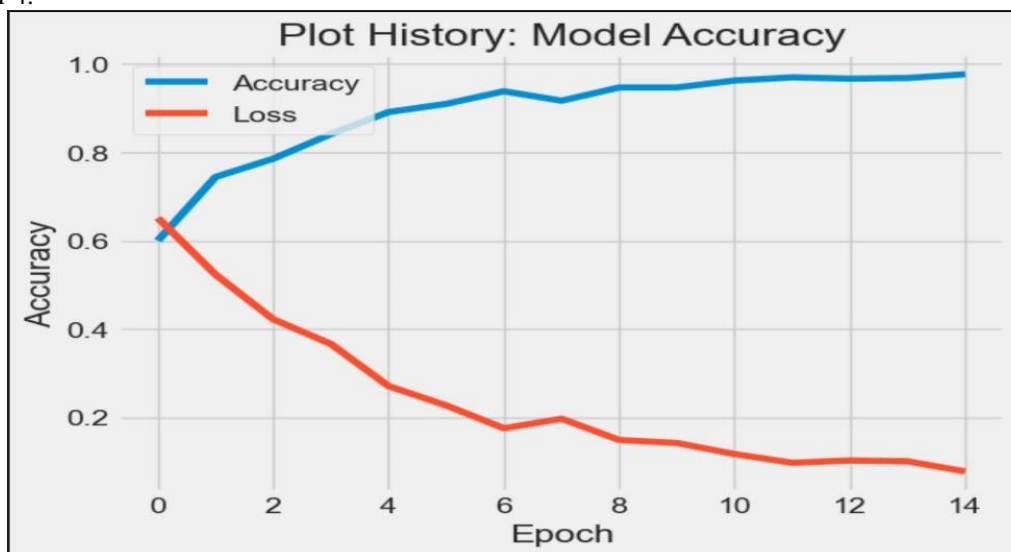
$$F1\ Score = \frac{2 \times Recall \times Presisi}{Recall + Presisi} \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penerapan metode convolutional neural network pada klasifikasi penyakit tanaman sawi pakcoy dilakukan dengan bahasa pemrograman python. Dataset yang diolah dilakukan training dan testing dimana data dibagi menjadi 80% untuk training dan 20% untuk testing dengan optimizer Adam, perhitungan loss menggunakan binary crossentropy dan 15 epoch.

Penggunaan optimizer untuk melakukan optimasi berbasis gradien stokastik yang menggabungkan kelebihan dari dua metode optimasi lainnya, yaitu RMSProp dan Momentum. Adam menggunakan rata-rata eksponensial dari gradien (momentum) dan kuadrat gradien (RMSProp) untuk menyesuaikan kecepatan pembelajaran dari setiap parameter secara adaptif. Optimizer Adam memberikan adaptif learning rate yang membantu dalam menangani variasi data, stabilitas pelatihan yang lebih baik, dan menghindari overfitting, yang pada akhirnya meningkatkan akurasi dan efektivitas model dalam mendeteksi penyakit tanaman.

Penggunaan Binary Crossentropy adalah fungsi loss yang ideal untuk tugas klasifikasi biner seperti mendeteksi penyakit pada tanaman sawi pakcoy menggunakan CNN. Fungsi ini membantu model untuk belajar dengan menekankan perbedaan antara prediksi model dan label sebenarnya, mendorong model untuk membuat prediksi yang lebih akurat. Dengan menggunakan Binary Crossentropy, model dapat secara efektif mengklasifikasikan gambar daun sawi pakcoy sebagai sehat atau terinfeksi penyakit. Adapun akurasi dan nilai loss penggunaan CNN yang dihasilkan dalam melakukan klasifikasi penyakit pada tanaman dapat dilihat pada Gambar 4.



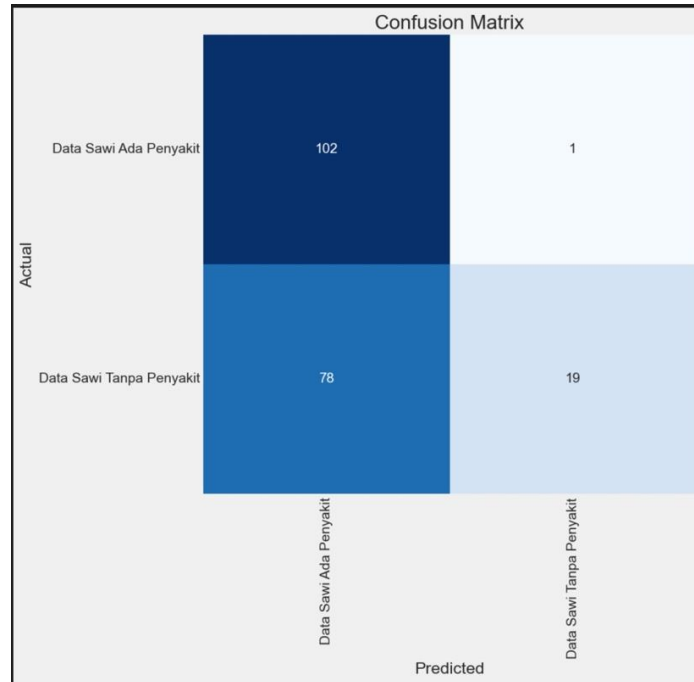
Gambar 4. Grafik Model Akurasi

Pada Gambar 4. menunjukkan akurasi meningkat seiring bertambahnya epoch, yang menandakan bahwa model belajar dan menjadi lebih baik dalam mengklasifikasikan penyakit pada sawi pakcoy. Akurasi dimulai dari sekitar 0,6 (60%) dan secara bertahap meningkat hingga mendekati 1,0 (100%). Garis merah menunjukkan nilai loss selama pelatihan. Nilai loss menurun seiring bertambahnya epoch, yang menunjukkan bahwa model semakin baik dalam memprediksi output yang benar. Nilai loss dimulai dari sekitar 0,6 dan menurun secara signifikan hingga di bawah 0,1 pada epoch terakhir.

Peningkatan akurasi yang stabil menunjukkan bahwa model CNN berhasil mempelajari fitur-fitur yang relevan dari data dan menjadi lebih baik dalam mengklasifikasikan penyakit tanaman sawi pakcoy seiring bertambahnya epoch. Akurasi yang mendekati 1,0 (100%) pada epoch terakhir menunjukkan bahwa model hampir sempurna dalam mengklasifikasikan data pelatihan. Penurunan nilai loss menunjukkan bahwa kesalahan prediksi model semakin kecil seiring waktu. Ini adalah indikator positif bahwa model sedang belajar dan mengoptimalkan bobotnya dengan baik. Nilai loss yang rendah menunjukkan bahwa model mampu membuat prediksi yang sangat akurat dibandingkan dengan nilai sebenarnya.

Hubungan yang baik antara peningkatan akurasi dan penurunan loss menunjukkan bahwa model tidak mengalami overfitting atau underfitting. Model secara konsisten belajar dan meningkatkan performanya pada data pelatihan. Hasil ini memberikan indikasi positif bahwa CNN adalah metode yang efektif untuk tugas klasifikasi penyakit pada tanaman sawi pakcoy, dan dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit dengan cepat dan akurat, sehingga dapat meminimalkan kerugian akibat penyakit tanaman. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan akurasi sebesar 0.8912 atau 89.12% dan nilai loss sebesar 0.240.

Dari penerapan metode Convolutional Neural Network (CNN) didapatkan hasil pengujian menggunakan confusion matrix menunjukkan bahwa optimizer Adam menghasilkan kinerja terbaik dengan akurasi 19 data dan loss 78 untuk sawi pakcoy tanpa penyakit, serta akurasi 102 data dan loss 1 untuk sawi pakcoy ada penyakit. Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan optimizer sangat mempengaruhi kinerja model CNN dalam klasifikasi penyakit tanaman sawi pakcoy. Adapun hasil confusion matrix dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Confusion Matrix pada Klasifikasi Penyakit Tanaman Sawi Pakcoy.

Dari hasil klasifikasi penyakit tanaman pada sawi pakcoy dengan penggunaan 15 jumlah epoch didapatkan nilai klasifikasi dengan confusion matrix yang ditunjukkan pada Gambar 6.

```

Classification Report:
-----
              precision    recall  f1-score   support

 Data Sawi Ada Penyakit      0.57      0.99      0.72      103
 Data Sawi Tanpa Penyakit    0.95      0.20      0.32       97

   accuracy                   0.60      200
  macro avg                   0.76      200
 weighted avg                  0.75      200
    
```

Gambar 5. Hasil nilai klasifikasi dengan confusion matrix.

4. Kesimpulan

Penelitian ini mengindikasikan bahwa penerapan Convolutional Neural Network (CNN) sangat berhasil dalam proses klasifikasi penyakit pada tanaman sawi pakcoy. Dengan menggunakan dataset citra yang mencakup berbagai kondisi penyakit dan kesehatan tanaman sawi pakcoy, model CNN berhasil mengidentifikasi pola visual yang membedakan antara kedua kondisi tersebut dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Berdasarkan hasil pengujian, optimasi menggunakan metode Adam menghasilkan kinerja terbaik dengan tingkat akurasi mencapai 0.8912 atau 89.12%, dan nilai loss sebesar 0.240. Implementasi CNN dalam proses klasifikasi penyakit pada tanaman sawi pakcoy memiliki potensi untuk memberikan dukungan yang signifikan bagi petani dalam pengambilan keputusan yang tepat waktu terkait pengendalian penyakit dan dapat secara positif mempengaruhi produktivitas pertanian secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

- [1] Raihan AAR, Firmawati N. Rancang Bangun Prototype Sistem Smart Greenhouse Untuk Sayur Bayam (*Amarantus hybridus* L.) Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Fisika Unand* 2022;11:494–500. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.4.494-500.2022>.
- [2] Ramadhani IR, Nilogiri A, A'yun Q. Klasifikasi Jenis Tumbuhan Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode Convolutional Neural Network. *Jurnal Smart Teknologi* 2022;3:2774–1702.

- [3] Tarigan A, Jaya H, Santoso I. Mendiagnosa Penyakit Tanaman Brassica Rapa L (Sawi Pakcoy) Menggunakan Metode Dempster Shafer. *Jurnal Sistem Informasi TGD* 2022;1:53–61.
- [4] Kurniadi A, Kusriani, Sadikin MF. Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Varietas Pada Citra Daun Sawi Menggunakan Keras. *DoubleClick: Journal of Computer and Information Technology* 2020;4:25–33.
- [5] Sheila S, Anwar MK, Saputra AB, Pujianto FR, Sari IP. Deteksi Penyakit Pada Daun Padi Berbasis Pengolahan Citra Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Multinetics* 2023;9:27–34.
- [6] Vicky J, Ayu F, Julianto B. Implementasi Pendeteksi Penyakit pada Daun Alpukat Menggunakan Metode CNN. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Dan Sains*, vol. 2, 2023, p. 155–62.
- [7] Kotta CR, Paseru D, Sumampouw M. Implementasi Metode Convolutional Neural Network untuk Mendeteksi Penyakit pada Citra Daun Tomat. *Jurnal Pekommas* 2022;2:123–32.
- [8] Setiono M, Supatma. Klasifikasi Penyakit Antraknosa Citra Cabai Rawit Dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi* 2024;11:308–20.
- [9] Falah RF, Nurhayati OD, Martono KT. Aplikasi Pendeteksi Kualitas Daging Menggunakan Segmentasi Region of Interest Berbasis Mobile. *Jurnal Teknologi Dan Sistem* 2016;4:333–43.
- [10] Hutagalung ESF, Sitompul P. Implementasi Deep Learning Menggunakan Metode Cnn Untuk Klasifikasi Jenis Ulos Batak Toba. *Student Scientific Creativity Journal (SSCJ)* 2023;1:1–19. <https://doi.org/10.55606/sscj-amik.v1i4.1541>.
- [11] Firmansyah HA, Kurniawan M, Prabiantissa CN, Muharom S. Klasifikasi Jenis Tanaman Rempah Rhizoma Zingiberaceae dengan Metode CNN dan VGG 19. *Jurnal TIKFA Fakultas Ilmu Komputer Universitas Almuslim* 2024;9:62–8.
- [12] Baihaqi KA, Zonyfar C. Deteksi Lahan Pertanian Yang Terdampak Hama Tikus Menggunakan Yolo v5. *Syntax: Jurnal Informatika* 2022;11:1–9.
- [13] Syahrial R, Sukmawati T, Dewi EN. Face Mask Detection Menggunakan Python dan OpenCV Untuk Mendeteksi Pelanggaran Protokol Kesehatan Covid-19. *Jurnal Elektro Dan Informatika* 2023;3:77–86.
- [14] Paraijun F, Nur Aziza R, Kuswardani D, Teknologi PLN Menara PLN I, Lkr Luar Barat J, Kosambi D, et al. Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Dalam Mengklasifikasi Kesegaran Buah Berdasarkan Citra Buah. *KILAT* 2022;11:1–9. <https://doi.org/10.33322/kilat.v11i1.1458>.
- [15] Ridhovan A, Suharso A. Penerapan Metode Residual Network (RESNET) dalam Klasifikasi Penyakit pada Daun Gandum. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)* 2022;7:58–65.