

KLASIFIKASI PENYAKIT JAMUR PADA TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) BERBASIS CITRA DIGITAL

^{1*}Alfani Septiani Selan, ²Franky Y. Basilin, ³Skolastika S. Igon

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Uyelindo Kupang

¹selanalfani@gmail.com, ²aenk.funk@gmail.com, ³igon5kolastika@gmail.com

ABSTRACT

Shallots are a horticultural commodity with significant economic value in Indonesia, but their productivity often declines due to fungal diseases such as purple spot, moler, and anthracnose. Manual disease identification often takes a long time and can potentially lead to diagnostic errors. This study aims to apply the Convolutional Neural Network (CNN) method to classify fungal diseases in shallots based on digital images. The dataset used consists of 500 images grouped into four classes: healthy, purple spot, moler, and anthracnose. Before the classification process, the images undergo a preprocessing stage that includes resizing, augmentation, cropping, and data labeling. Model evaluation was carried out using the 5-Fold Cross Validation method with accuracy, sensitivity, and specificity parameters. The results showed that the best model was obtained in the 5th fold with an accuracy of 90.00%, a sensitivity of 90.02%, and a specificity of 96.75%. Overall, the CNN model is able to classify fungal diseases in shallots with good performance. The results of this study can be used as a tool for early identification of shallot diseases more quickly, objectively, and efficiently, thereby supporting decision-making in handling plant diseases.

Keywords- *Convolutional Neural Network (CNN), K-Fold Cross Validation, Disease Classification, Red Onion*

I. PENDAHULUAN

Bawang merah merupakan tanaman umbi yang memiliki peran penting dalam kehidupan masyarakat Indonesia, tidak hanya digunakan sebagai bumbu utama dalam berbagai masakan, tetapi juga dimanfaatkan sebagai bahan obat herbal tradisional. Produksi bawang merah di wilayah Kota Kupang telah mengalami penurunan yang signifikan, dengan jumlah produksi turun dari 292,15 kuintal menjadi 255,01 kuintal pada tahun 2024. Salah satu faktor utama yang memicu penurunan drastis ini adalah serangan penyakit yang disebabkan oleh infeksi jamur (fungi), seperti bercak ungu (*Alternaria porri*), moler (*Fusarium oxysporum*), dan antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*). Penyakit-penyakit ini dapat menimbulkan gejala berupa bercak pada daun, kelayuan, hingga pembusukan pada bawang merah yang pada akhirnya menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen. Tingginya tingkat serangan penyakit pada tanaman bawang merah menjadi salah satu penyebab menurunnya produktivitas dan pendapatan petani. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem untuk mengklasifikasi penyakit jamur pada tanaman bawang merah yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan kesalahan dalam mengenali penyakit, mempercepat proses identifikasi, serta meningkatkan ketepatan dalam mengklasifikasikan berbagai jenis penyakit pada tanaman bawang merah. Sistem otomatis berbasis pengolahan citra digital dapat menjadi solusi untuk membantu proses identifikasi penyakit secara lebih cepat, konsisten, dan objektif sehingga dapat mendukung upaya pengendalian penyakit serta meminimalkan kerugian akibat penurunan hasil panen bawang merah.

Teknologi citra objek pada tanaman bawang merah diperlukan untuk membantu proses identifikasi dan klasifikasi penyakit secara lebih cepat, akurat, dan efisien. Pada penelitian Atharizky et al. (2022) yang berjudul “Deteksi Penyakit pada Tanaman Padi Menggunakan Pengolahan Citra Digital dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN)” berhasil mengklasifikasikan empat jenis penyakit tanaman padi menggunakan 16.000 dataset dengan nilai accuracy sebesar 99,66%, precision, recall, dan f1-score sebesar 100%, serta loss sebesar 0,0047. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa CNN memiliki kemampuan yang sangat baik dalam melakukan klasifikasi penyakit tanaman berbasis citra digital. Namun, penelitian tersebut dilakukan pada tanaman padi dengan jumlah dataset yang besar, sedangkan penelitian ini berfokus pada klasifikasi penyakit jamur pada tanaman bawang merah yang terdiri dari empat kelas, yaitu sehat, bercak ungu, moler, dan antraknosa. Klasifikasi merupakan salah satu bagian penting dari pengolahan citra yang bertujuan untuk mengelompokkan atau mengkategorikan citra tanaman bawang merah ke dalam beberapa kelas berdasarkan ciri-ciri visual yang tampak akibat infeksi jamur. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam proses klasifikasi adalah deep learning yang memanfaatkan jaringan saraf tiruan untuk mengenali pola serta mengekstraksi fitur-fitur penting dari data, terutama data berbasis citra yang memiliki karakteristik kompleks. Dalam bidang pengolahan citra, salah satu metode yang paling efektif untuk membantu deep learning dalam melakukan analisis dan klasifikasi gambar adalah Convolutional Neural Network (CNN).

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu jenis algoritma dalam deep learning yang mampu menerima input berupa citra, kemudian mengenali berbagai fitur atau objek penting di dalam gambar tersebut secara mandiri. Secara umum, CNN dapat diandalkan untuk mendeteksi objek, melakukan segmentasi citra, dan pengenalan pola. Sebagai jaringan saraf tiruan, CNN memiliki kemampuan unggul dalam mengenali pola pada citra dengan tingkat akurasi yang tinggi. Keunggulan utama CNN dalam klasifikasi citra terletak pada kemampuannya untuk mengekstraksi fitur-fitur visual yang kompleks secara otomatis tanpa rekayasa manual, melalui kombinasi berlapis dari lapisan konvolusional (*convolutional layer*), lapisan penyatuan (*pooling layer*), fungsi aktivasi nonlinear, dan lapisan terhubung penuh (*fully connected layer*). Efektivitas algoritma ini telah dibuktikan dalam penelitian terdahulu oleh Atharizky dkk. (2022) mengenai deteksi penyakit tanaman padi yang sukses menghasilkan akurasi sebesar 99,66% menggunakan metode CNN.

Berdasarkan permasalahan yang ada, akan dilakukan klasifikasi untuk mengidentifikasi jenis penyakit jamur pada bawang merah menggunakan citra digital dengan menerapkan Convolutional Neural Network (CNN). Penelitian ini bertujuan untuk menguji akurasi metode CNN dalam mengklasifikasikan empat kelas kondisi tanaman bawang merah, yaitu sehat, bercak ungu, moler, dan antraknosa berdasarkan citra digital. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengembangan teknologi klasifikasi citra, terutama bagi sektor pertanian dan perkebunan yang membutuhkan proses identifikasi penyakit jamur pada bawang merah secara cepat, akurat, dan efisien..

Penelitian Terkait

Penelitian mengenai klasifikasi dan deteksi penyakit tanaman berbasis pengolahan citra digital telah banyak dikembangkan menggunakan algoritma kecerdasan buatan. Evaluasi terhadap beberapa studi terdahulu menjadi landasan penting untuk memetakan posisi penelitian ini dalam rumpun keilmuan teknologi informasi, khususnya penerapan metode pencitraan pada sektor pertanian komoditas hortikultura.

Penelitian pertama dilakukan oleh Atharizky dkk. (2022) dengan judul “Deteksi penyakit pada tanaman padi menggunakan pengolahan citra digital dengan metode Convolutional Neural Network (CNN)”. Studi tersebut memfokuskan pada pengelompokan 4 jenis penyakit tanaman padi dengan mengandalkan basis dataset yang sangat besar, yakni mencapai 16.000 citra digital. Hasil akhir dari pemodelan arsitektur CNN tersebut menembus angka akurasi optimal sebesar 99,66%, yang diperkuat oleh capaian nilai *precision*, *recall*, dan *f1-score* sebesar 100%, serta tingkat *loss* yang sangat rendah yaitu 0,0047. Eksperimen ini mengonfirmasi keandalan tinggi dari arsitektur jaringan saraf konvolusional dalam menangkap kompleksitas fitur spasial tanaman sakit [10].

Penelitian kedua oleh Soekarta dkk. (2023) yang berjudul “Klasifikasi Penyakit Tanaman Tomat

Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)” berfokus pada pengenalan gejala patogen tanaman tomat. Melalui pemanfaatan ekstraksi berlapis pada filter konvolusi, sistem cerdas ini berhasil memisahkan variasi bercak daun dan infeksi batang secara objektif dengan perolehan tingkat akurasi yang stabil pada pengujian *validation data* [1]. Selanjutnya, Solikin (2020) meneliti tentang “Deteksi Penyakit Pada Tanaman Mangga Dengan Citra Digital: Tinjauan Literatur Sistematis (SLR)”. Studi ini membedah berbagai metode segmentasi warna dan menyimpulkan bahwa ekstraksi fitur otomatis menggunakan deep learning memberikan hasil yang jauh lebih konsisten dibandingkan metode ekstraksi manual seperti GLCM atau segmentasi ambang batas (*thresholding*) konvensional [2].

Perbedaan mendasar penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu terletak pada objek komoditas dan kondisi lingkungan akuisisi data lapangan. Penelitian ini secara spesifik mengkaji 4 kondisi klinis tanaman bawang merah lokal di Desa Oelomin, Kabupaten Kupang (Sehat, Bercak Ungu, Moler, dan Antraknosa) menggunakan draf pengujian validasi silang 5-Fold Cross Validation demi menjamin keandalan akurasi model di tengah keterbatasan jumlah sampel data primer lapangan.

Teori yang digunakan ini membahas karakteristik tanaman bawang merah dan berbagai jenis penyakit jamur patogen penyerangnya seperti bercak ungu, embun bulu, antraknosa, busuk pangkal batang, dan moler yang terbagi ke dalam empat label kelas klasifikasi, serta representasi citra digital berbasis mode warna RGB dan grayscale dengan variasi bit depth tertentu yang kemudian diproses untuk pengelompokan data melalui tahapan pelatihan dan pengujian menggunakan teknik *K-Fold Cross Validation* berbasis arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)* melalui operasi berlapis *convolutional layer*, *pooling layer*, dan *fully connected layer* sebelum akhirnya performa akurasi sistem dievaluasi secara kuantitatif memanfaatkan parameter sensitivitas dan spesifisitas pada struktur matriks *Confusion Matrix*.

II. METODE PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan untuk mengklasifikasikan penyakit pada tanaman bawang merah menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). Prosedur penelitian meliputi pengumpulan dan pelabelan data citra, pra-proses citra, pembagian data dengan K-Fold Cross-Validation, pelatihan dan pengujian model CNN, serta analisis hasil. Dataset yang digunakan terdiri dari 200 citra dengan tiga kelas penyakit, dan seluruh langkah dirancang agar dapat direproduksi dan divalidasi secara objektif. Evaluasi performa dilakukan menggunakan metrik standar (*sensitivitas*, *spesifisitas*, *akurasi*) untuk memastikan model mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan penyakit secara andal. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah:

1. Pengumpulan Data Citra

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra digital tanaman bawang merah sebanyak 200 citra. Citra tersebut terdiri dari tiga penyakit yaitu bercak ungu (*Alternaria porri*), Moler (*Fusarium oxysporum*), dan antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*). Setiap citra diperoleh melalui proses dokumentasi lapangan dan dokumentasi lainnya, kemudian disimpan dalam format JPG/PNG. Seluruh citra selanjutnya diberi label berdasarkan jenis penyakitnya dan digunakan sebagai data latih dan data uji pada model Convolutional Neural Network (CNN). Data disusun dan dicadangkan dengan struktur folder yang jelas untuk memudahkan pemrosesan dan replikasi penelitian. Dilakukan pengecekan kualitas citra untuk menghapus duplikat atau gambar rusak sehingga menjaga konsistensi dataset. Jika perlu, dilakukan penyeimbangan kelas (class balancing) melalui augmentasi untuk mengurangi bias akibat distribusi kelas yang tidak merata.

2. Praproses

Pada tahap ini citra diresize menjadi ukuran 256×256 piksel dari ukuran awal 4785×2650 piksel. Selain itu, latar belakang citra diganti menjadi warna putih untuk memudahkan sistem dalam mendeteksi tekstur tanaman bawang merah dan mengurangi ketidakaturan data. Selanjutnya citra diubah dari mode RGB (red, green, blue) menjadi grayscale. Selain resizing dan konversi warna, dilakukan normalisasi nilai piksel (misalnya skala 0–1) untuk mempercepat konvergensi saat pelatihan. Diterapkan juga teknik augmentasi (rotasi, flip, zoom, brightness) bila diperlukan untuk menambah variasi data latih. Semua langkah praproses dicatat agar pipeline dapat direproduksi.

3. Pembagian Data

Pembagian data dilakukan menggunakan K-Fold Cross-Validation dengan nilai $K = 5$. Untuk setiap fold, pembagian diasumsikan mendekati 80% untuk data latih dan 20% untuk data uji sehingga setiap sampel menjadi bagian dari data uji pada salah satu fold. Pembagian data dilakukan secara acak dengan pengocokan (shuffling) dan, bila relevan, secara stratified untuk mempertahankan proporsi kelas pada setiap fold. Setiap fold disimpan dengan penamaan jelas agar hasil pelatihan dan pengujian dapat dilacak per fold. Hasil metrik setiap fold akan diakumulasi untuk mendapatkan rata-rata dan deviasi standar performa. Prosedur ini membantu mengevaluasi generalisasi model terhadap variasi data.

4. Penerapan Model CNN

Model yang digunakan mengikuti arsitektur Convolutional Neural Network yang terdiri dari lapisan konvolusi, lapisan pooling, dan lapisan fully connected untuk klasifikasi. Nilai piksel input diproses sebagai vektor/matriks dan melewati tahapan ekstraksi fitur oleh lapisan konvolusi (feature learning) sebelum ke lapisan klasifikasi. Pada tahap pelatihan digunakan fungsi loss (mis. categorical crossentropy), optimizer (mis. Adam), dan metrik pemantauan (mis. akurasi). Selain itu diterapkan teknik regulasi seperti dropout dan batch

normalization untuk mengurangi overfitting. Hiperparameter (jumlah epoch, batch size, learning rate) ditentukan melalui eksperimen awal dan disesuaikan berdasarkan performa validasi. Mekanisme early stopping dapat digunakan untuk menghentikan pelatihan saat tidak ada peningkatan pada data validasi.

5. Pengujian

Pengujian model dilakukan dengan menggunakan confusion matrix untuk membandingkan label aktual dan prediksi. Performa model diukur dengan parameter seperti sensitivitas (recall), spesifisitas, dan akurasi, di mana akurasi merupakan perbandingan antara prediksi yang benar dengan keseluruhan data. Selain ketiga parameter tersebut, dihitung pula metrik tambahan seperti precision dan F1-score untuk memberikan gambaran lebih lengkap terhadap kinerja model pada masing-masing kelas. Pengukuran dilakukan per fold dan kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai akhir beserta deviasi standarnya. Hasil pengujian dianalisis untuk mengidentifikasi pola kesalahan (misclassification) dan potensi perbaikan pada dataset atau arsitektur.

III. PEMBAHASAN

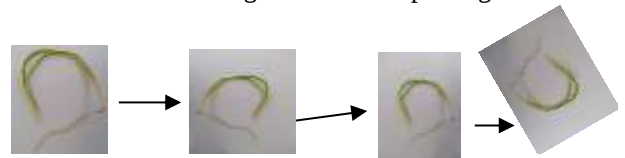
A. Implementasi Sistem

1. Data Citra

Data citra yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 500 data dengan 4 kelas penyakit yaitu Moler, Bercak ungu, Antraknosa, dan sehat.

2. Praproses Citra

Dataset ditingkatkan melalui augmentasi (flipping, rotasi, zoom) dan proses cropping untuk memfokuskan area gejala penyakit pada daun, sehingga mempermudah model CNN dalam mengekstraksi fitur penting.



Gambar 1. Praproses Data

3. Pelatihan Model

Arsitektur model CNN yang diusulkan dirancang untuk memproses citra melalui dua tahapan utama, yakni feature learning dan klasifikasi. Tahap feature learning terdiri dari tiga blok konvolusi berurutan yang masing-masing menggunakan filter konvolusi dengan fungsi aktivasi ReLU untuk mengekstraksi fitur spasial, diikuti oleh max pooling berukuran 2×2 guna mereduksi dimensi citra secara efisien. Setelah melalui proses ekstraksi tersebut, fitur-fitur yang dihasilkan diratakan menjadi vektor satu dimensi melalui flatten layer. Pada tahap klasifikasi, data diproses melalui fully connected layer yang terdiri dari dense layer dengan 256 neuron untuk mempelajari pola fitur tingkat tinggi. Penggunaan dropout sebesar 0,5 diterapkan untuk meminimalisir risiko overfitting selama proses pelatihan. Sebagai tahap akhir, fungsi aktivasi softmax pada output layer digunakan untuk menghasilkan probabilitas klasifikasi

pada empat kelas target, yaitu kondisi tanaman sehat serta infeksi penyakit bercak ungu, moler, dan antraknosa.

4. Perbandingan Performa Berdasarkan Variasi Epoch

Untuk mengetahui pola pembelajaran model *Convolutional Neural Network* (CNN) dan menentukan titik konvergensi yang paling optimal, dilakukan pengujian lanjutan dengan memvariasi jumlah *epoch* dari 30 hingga 60.

Tabel 1. Hasil Pengujian Model Berdasarkan Variasi Epoch

Epoch	Akurasi
30	85.63%
40	86.88%
50	86.91%
60	86.51%
70	86.96%

5. Hasil K-Fold Cross Validation

Pengujian model menggunakan metode 5-Fold Cross Validation dengan parameter batch size 32 dan 50 epoch menunjukkan tingkat stabilitas performa yang baik, di mana dari lima iterasi pengujian yang dilakukan, model berhasil mencapai akurasi tertinggi sebesar 92,00% pada K-Fold kedua dengan nilai loss 0,3412. Secara keseluruhan, model CNN yang dikembangkan mampu menghasilkan rata-rata akurasi sebesar 88,60% dengan rata-rata nilai loss sebesar 0,6369, yang mengindikasikan bahwa arsitektur yang dibangun memiliki kemampuan generalisasi yang konsisten dan efektif dalam melakukan klasifikasi penyakit pada tanaman bawang merah.

B. Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian menggunakan metode 5-Fold Cross Validation menunjukkan bahwa model CNN yang dikembangkan mampu mencapai akurasi terbaik sebesar 90,00% pada fold ke-5 dengan nilai sensitivitas sebesar 90,02% dan spesifisitas sebesar 96,75%. Secara keseluruhan, model memperoleh rata-rata akurasi sebesar 86,91%, sensitivitas sebesar 87,61%, dan spesifisitas sebesar 95,61%. Nilai sensitivitas yang tinggi menunjukkan bahwa model mampu mengenali sebagian besar citra penyakit jamur dengan baik, sedangkan nilai spesifisitas yang tinggi menunjukkan kemampuan model dalam membedakan tanaman sehat dari tanaman yang terinfeksi.

Hasil ini menunjukkan bahwa metode CNN memiliki performa yang baik dalam klasifikasi penyakit jamur pada tanaman bawang merah. Dari sisi praktis, sistem yang dikembangkan dapat membantu petani melakukan identifikasi awal penyakit secara lebih cepat dan objektif sehingga penanganan penyakit dapat dilakukan lebih dini untuk mengurangi risiko penurunan hasil panen. Apabila dibandingkan dengan penelitian Atharizky et al. (2022) yang memperoleh akurasi sebesar 99,66% pada klasifikasi penyakit tanaman padi menggunakan 16.000 citra, hasil penelitian ini masih

lebih rendah dengan akurasi terbaik sebesar 90,00%. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh jumlah dataset yang jauh lebih sedikit, variasi kondisi citra lapangan yang lebih beragam, serta perbedaan objek penelitian yang digunakan.

Meskipun demikian, akurasi yang diperoleh menunjukkan bahwa metode CNN tetap mampu memberikan performa yang baik dalam klasifikasi penyakit jamur pada tanaman bawang merah. Untuk penelitian selanjutnya, jumlah dataset dapat diperbanyak dan dibuat lebih seimbang pada setiap kelas, serta dilakukan eksplorasi arsitektur deep learning yang lebih modern seperti MobileNet, EfficientNet, atau ResNet. Selain itu, penerapan teknik augmentasi yang lebih beragam dan optimasi hyperparameter juga berpotensi meningkatkan akurasi, sensitivitas, dan kemampuan generalisasi model.

C. Antarmuka Sistem

A. Tampilan Utama Halaman Antar Muka

Pada tampilan utama sistem terhadap header aplikasi yang menampilkan nama sistem yaitu “AI Onion Disease Detection” beserta informasi bahwa sistem menggunakan metode CNN, *deep learning*, dan *k-fold cross validation* sebagai metode klasifikasi. Dibawah header terdapat fitur upload image yang digunakan pengguna untuk memasukkan citra daun bawang merah ke dalam sistem. Pengguna dapat memilih gambar dari perangkat yang digunakan melalui area unggah yang telah disediakan. Sistem mendukung format gambar JPG dan JPEG dengan ukuran maksimum yang telah ditentukan.



Gambar 2. Tampilan Utama Halaman Antar Muka

Halaman utama sistem dirancang sebagai antarmuka awal yang memudahkan pengguna dalam mengakses seluruh fungsi aplikasi. Pada halaman ini ditampilkan identitas sistem, informasi metode klasifikasi yang digunakan, serta fitur unggah citra sebagai langkah awal proses identifikasi penyakit pada tanaman bawang merah. Tampilan halaman utama sistem ditunjukkan pada Gambar 2.

B. Fitur Upload Foto Penyakit Bawang

Setelah gambar berhasil dipilih, sistem akan menampilkan preview citra penyakit bawang merah yang akan diproses. Pada bagian samping terdapat hasil dari proses klasifikasi untuk jenis penyakit bawang merah.



Gambar 3. Fitur Upload Foto Penyakit Bawang

Pada tahap ini, pengguna dapat mengunggah citra daun bawang merah melalui fitur upload yang telah disediakan. Sistem kemudian memproses citra tersebut dan menampilkan hasil klasifikasi sesuai dengan kelas penyakit yang teridentifikasi. Implementasi fitur unggah citra dan tampilan hasil klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.

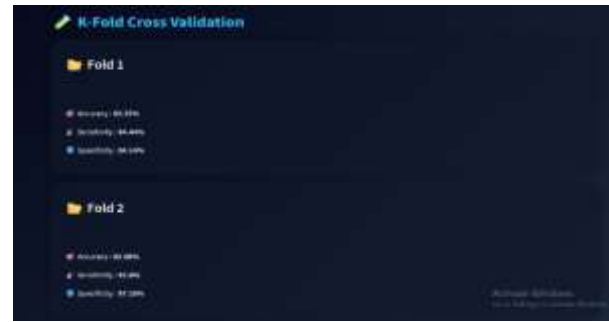
C. Tampilan Hasil Fold

Halaman *k-fold cross validation* digunakan untuk menampilkan hasil evaluasi model CNN pada setiap fold yang digunakan selama proses pelatihan. Pada penelitian ini digunakan metode *5-fold cross validation*, sehingga data dibagi menjadi lima bagian dan proses pelatihan dilakukan sebanyak lima kali dengan kombinasi data latih dan data uji yang berbeda. Pada setiap fold ditampilkan beberapa metrik evaluasi, yaitu *Accuracy*, *Sensitivity*, dan *Specificity*.

Tabel 2. Hasil Pengujian Model CNN Menggunakan 5-Fold Cross Validation

Parameter	Fold 1	Fold 2	Fold 3	Fold 4	Fold 5	Mean
Sensitivitas	84.9 0%	90.5 6%	85.1 7%	87.3 8%	90.0 1%	87.6 1%
Spesifisitas	94.4 1%	96.3 4%	95.1 0%	95.4 7%	96.7 4%	95.6 1%
Akurasi	86.1 6%	89.1 1%	85.1 5%	86.1 4%	90.0 0%	86.9 1%

Hasil pengujian model menggunakan metode 5-Fold Cross Validation ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel tersebut menyajikan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas yang diperoleh pada setiap fold pengujian. Tabel tersebut menyajikan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas yang diperoleh pada setiap fold pengujian. Berdasarkan hasil tersebut, model memperoleh akurasi terbaik sebesar 90,74% pada fold ke-4 dan rata-rata akurasi sebesar 86,91%. Selain itu, rata-rata sensitivitas dan spesifisitas yang diperoleh masing-masing sebesar 87,61% dan 95,61%, yang menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali penyakit jamur maupun membedakan tanaman sehat dari tanaman yang terinfeksi.

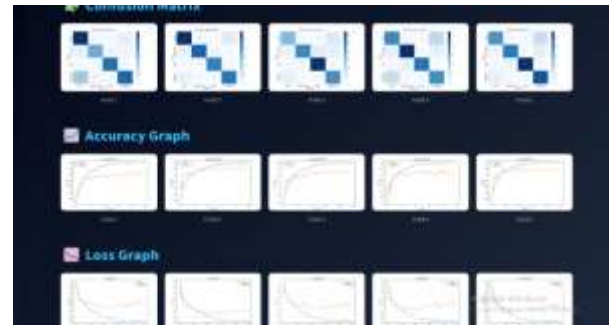


Gambar 4. Pengujian dengan metode 5-Fold Cross

Hasil pengujian menggunakan metode 5-Fold Cross Validation ditampilkan pada halaman hasil fold. Setiap fold menampilkan nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas yang digunakan untuk mengevaluasi performa model CNN pada proses klasifikasi penyakit jamur bawang merah. Tampilan hasil fold dapat dilihat pada Gambar 4.

D. Tampilan Confusion Matrix, Accuracy Graph, Dan Loss

Halaman ini menampilkan hasil evaluasi model CNN menggunakan metode K-Fold Cross Validation yang terdiri dari *Confusion Matrix*, *Accuracy Graph*, dan *Loss Graph* pada setiap fold untuk menganalisis tingkat ketepatan klasifikasi, perkembangan akurasi, serta perubahan nilai kesalahan model selama proses pelatihan dan validasi sehingga performa model dapat dievaluasi secara menyeluruh.



Gambar 5. Tampilan Confusion Matrix, Accuracy Graph, Dan Loss

Hasil evaluasi model pada setiap fold ditampilkan dalam bentuk confusion matrix, grafik akurasi, dan grafik loss sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.

E. Kelebihan Dan Kekurangan Sistem

Sistem klasifikasi penyakit jamur pada tanaman bawang merah berbasis CNN yang dikembangkan menawarkan keunggulan dalam otomatisasi ekstraksi fitur melalui proses *feature learning* yang presisi, konsistensi hasil pelatihan yang stabil, serta kemampuan identifikasi penyakit yang jauh lebih cepat dan objektif dibandingkan pemeriksaan manual. Meskipun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan yang signifikan, terutama ketergantungan pada kualitas citra masukan seperti kondisi pencahayaan dan sudut

pengambilan gambar, keterbatasan variasi dataset yang memengaruhi kemampuan generalisasi model, serta kebutuhan waktu komputasi yang intensif selama proses pelatihan *K-Fold Cross Validation*.

Selain itu, model saat ini terbatas pada kelas penyakit yang telah dilatih dan belum mampu mendeteksi jenis patogen baru atau menganalisis tingkat keparahan penyakit secara mendetail, sehingga pengembangan lebih lanjut dengan variasi dataset yang lebih luas diperlukan untuk meningkatkan nilai sensitivitas dan akurasi sistem secara maksimal. Meskipun menghasilkan performa yang baik, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Jumlah dataset yang digunakan relatif terbatas sehingga variasi karakteristik penyakit yang dapat dipelajari model belum sepenuhnya mewakili kondisi di lapangan. Selain itu, distribusi data antar kelas berpotensi memengaruhi kemampuan model dalam mengenali setiap kelas secara merata apabila terdapat perbedaan jumlah data yang signifikan. Penggunaan arsitektur CNN juga memiliki risiko overfitting, yaitu kondisi ketika model terlalu baik mengenali data pelatihan tetapi mengalami penurunan performa pada data baru. Faktor lain yang dapat memengaruhi hasil klasifikasi adalah kualitas citra, seperti pencahayaan, sudut pengambilan gambar, latar belakang, dan tingkat ketajaman citra yang berbeda-beda. Keterbatasan tersebut dapat menyebabkan terjadinya kesalahan klasifikasi pada beberapa citra yang memiliki karakteristik visual yang mirip antar kelas penyakit.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metode Convolutional Neural Network (CNN) mampu mengklasifikasikan penyakit jamur pada tanaman bawang merah berbasis citra digital dengan performa yang baik. Model terbaik diperoleh pada fold ke-5 dengan akurasi sebesar 90,00%, sensitivitas 90,02%, dan spesifisitas 96,75%, sedangkan rata-rata akurasi seluruh fold mencapai 86,91%.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah dan variasi dataset yang digunakan serta pengaruh kualitas citra terhadap hasil klasifikasi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan dataset yang lebih banyak dan beragam, melakukan pengujian menggunakan arsitektur deep learning lainnya, serta menerapkan pengujian langsung di lingkungan lapangan untuk memperoleh hasil yang lebih representatif dan meningkatkan kemampuan generalisasi model.

V. REFERENSI

- [1] Arfah, J., Darwis, H., & Sastra, R. (2023). Klasifikasi penyakit bawang merah menggunakan Naive Bayes dan CNN dengan fitur GLCM. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 12(3).
- [2] Atharizky, S., Fu'adah, R. Y. N., & Rizal, S. (2022). Deteksi penyakit pada tanaman padi menggunakan pengolahan citra digital dengan

metode Convolutional Neural Network. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 6(2), 98–108.

- [3] Badan Pusat Statistik Kota Kupang. (2025). Statistik Daerah Kota Kupang 2025. (Data pendukung produksi bawang merah).
- [4] Firmansyah, F. D., & Prathivi, R. (2025). Deteksi penyakit daun bawang merah menggunakan transfer learning dengan MobileNetV2 berbasis citra [Skripsi]. Universitas Semarang.
- [5] Iswanto, D., & UN, D. H. (2022). Klasifikasi penyakit tanaman jagung menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 22(2), 900–905.
- [6] Nuryanto, N., Pamungkas, D. P., & Widodo, D. W. (2024). Penerapan metode Convolutional Neural Network pada tanaman bawang merah. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 8(3), 1337–1345.
- [7] Pamungkas, D. P., & Amrulloh, M. F. (2025). Analisis hasil klasifikasi penyakit daun bawang merah menggunakan CNN arsitektur Exception. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 10(1), 359–366.
- [8] Soekarta, R., Nurdjan, N., & Syah, A. (2023). Klasifikasi penyakit tanaman tomat menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). *Insect (Informatics and Security): Jurnal Teknik Informatika*, 8(2), 143–151.
- [9] Solikin, S. (2020). Deteksi penyakit pada tanaman mangga dengan citra digital: Tinjauan literatur sistematis (SLR). *Bina Insani ICT Journal*, 7(1), 63–72.

