

Penerapan Metode Convolutional Neural Network Untuk Mendeteksi Jamur Patogen pada Tanaman Cabai

Rifqi Prastya¹, Intan Nur Farida², Rina Firliana³

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri

³Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹rifqiawe@gmail.com, ²in.nfarida@gmail.com, ³rina@unpkediri.ac.id

Abstrak –Produktivitas tanaman cabai seringkali menurun akibat serangan jamur patogen, seperti *Cercospora sp.*, *Antraknosa sp.*, *Fusarium sp.*, dan *Botrytis sp.* Proses identifikasi jamur secara manual memerlukan waktu yang lama dan tenaga ahli, sehingga rentan terhadap kesalahan manusia. Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi real-time berbasis Convolutional Neural Network (CNN) yang memanfaatkan teknik pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi jenis jamur patogen pada tanaman cabai. Sistem dibangun menggunakan Python dan menyimpan data pada database SQLite, memungkinkan pengguna mengunggah citra tanaman melalui antarmuka desktop. Dataset yang digunakan mencakup lima kategori, yaitu sehat, *Cercospora sp.*, *Antraknosa sp.*, *Fusarium sp.*, dan *Botrytis sp.* Uji kinerja sistem dilakukan menggunakan metrik akurasi, presisi, dan recall, menunjukkan akurasi keseluruhan sebesar 80%. Nilai F1 Score tertinggi dicapai oleh jamur *Antraknosa sp.*, *Fusarium sp.*, dan *Botrytis sp.* sebesar 0.91, menandakan performa pengenalan yang memuaskan. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa sistem ini dapat membantu petani atau pengelola kebun cabai dalam melakukan identifikasi dini serangan jamur patogen, mempermudah pemantauan kondisi tanaman, serta meminimalkan kesalahan manusia.

Kata Kunci —Cabai, CNN, Identifikasi Jamur, Pengolahan Citra, Real-Time

1. PENDAHULUAN

Tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang penting bagi sektor pertanian karena nilai ekonominya yang tinggi dan permintaan pasar yang stabil [1]. Namun, produktivitasnya sering mengalami penurunan akibat serangan jamur patogen seperti *Cercospora sp.*, *Colletotrichum sp.* (penyebab antraknosa), *Fusarium sp.* (layu fusarium), dan *Botrytis sp.* (penyakit embun abut) [2]. Serangan jamur ini menimbulkan gejala berupa bercak pada daun, kerusakan pada buah, hingga pembusukan yang dapat menurunkan kualitas serta kuantitas panen. Identifikasi jamur secara manual umumnya memerlukan keahlian khusus, waktu yang lama, serta rentan terhadap kesalahan manusia, sehingga dibutuhkan solusi berbasis teknologi untuk deteksi dini secara akurat [3]. Perkembangan teknologi informasi, khususnya di bidang kecerdasan buatan, telah mendorong penerapan *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk pengolahan citra digital dan klasifikasi penyakit tanaman [4]. CNN mampu mengekstraksi fitur visual secara otomatis dari citra daun atau buah, sehingga dapat mengenali gejala penyakit tanpa perlu campur tangan ahli secara berlebihan. Sejumlah penelitian terdahulu membuktikan efektivitas metode ini dalam mengklasifikasikan berbagai jenis penyakit tanaman, termasuk pada komoditas hortikultura [5]. Namun, masih diperlukan studi dan pengembangan lebih lanjut untuk memastikan sistem mampu diimplementasikan secara *real-time*, serta mudah diakses melalui antarmuka berbasis web. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem identifikasi jamur pada tanaman cabai menggunakan metode CNN yang ditanamkan pada platform web. Sistem akan memproses citra tanaman untuk menentukan apakah tanaman dalam kondisi sehat atau terinfeksi *Cercospora sp.*, *Antraknosa sp.*, *Fusarium sp.*, maupun *Botrytis sp.*. Dengan demikian, pengguna—khususnya petani dan pelaku usaha pertanian—dapat memantau kondisi tanaman secara cepat, mengurangi ketergantungan pada tenaga ahli, serta mengambil keputusan penanganan penyakit secara efektif [6]. Implementasi yang diusulkan diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi identifikasi penyakit, sehingga mendukung produktivitas pertanian cabai secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk melakukan deteksi real-time jamur patogen pada tanaman cabai. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan antarmuka berbasis *desktop* (menggunakan *library Tkinter*), serta memanfaatkan *database SQLite* untuk penyimpanan data hasil klasifikasi. Metode penelitian meliputi pengumpulan dataset, tahap pra-proses dan [7], [8] augmentasi citra, perancangan arsitektur CNN, implementasi aplikasi, dan evaluasi sistem menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1 Score .

2.1 Pengumpulan Data dan Persiapan Dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 100 citra tanaman cabai, terbagi menjadi lima kategori utama, yaitu Sehat, *Cercospora* sp., *Antraknosa* sp., *Fusarium* sp. dan *Botrytis* sp. Sebanyak 70% citra digunakan sebagai *training set* dan 30% sebagai *test set*, mengikuti praktik umum pembagian data untuk melatih serta menguji model. Selain itu, dilakukan teknik augmentasi (seperti rotasi, pencahayaan, dan zoom) guna meningkatkan keragaman data dan mengurangi risiko *overfitting* pada model CNN [9].

2.2 Perancangan Arsitektur CNN

Arsitektur CNN dirancang untuk mengenali pola visual yang menandakan keberadaan jamur pada tanaman cabai. Prosesnya meliputi [10], [11]:

1. Convolution Layer: Mengekstraksi fitur-fitur awal seperti tepi, sudut, maupun tekstur.

$$Output[i, j] = \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N Input[i + m, j + n] \cdot Kernel[m, n]$$

2. Pooling Layer: Mengurangi dimensi peta fitur dan meminimalkan risiko *overfitting*.

$$Max\ Pooling(x) = \max(x)$$

3. Fully Connected Layer: Menggabungkan seluruh fitur yang telah diekstraksi, kemudian melakukan klasifikasi ke dalam lima kelas (sehat, *Cercospora* sp., *Antraknosa* sp., *Fusarium* sp., dan *Botrytis* sp.).

$$f(x) = \max(0, x)$$

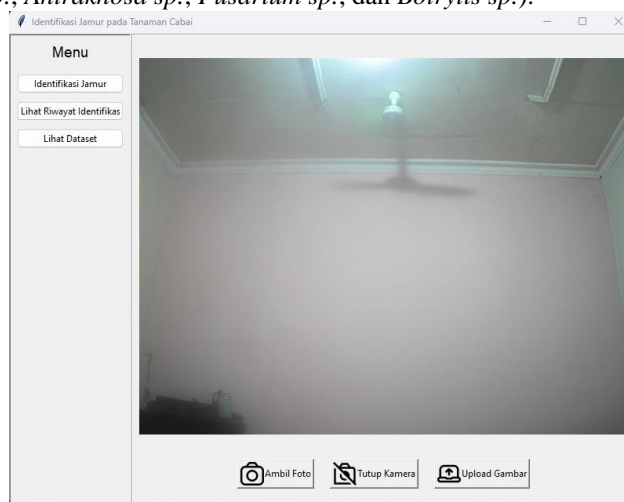
$$Softmax(z_i) = \frac{e^{z_i}}{\sum_j e^{z_j}}$$

Model dilatih menggunakan *optimizer* dan *loss function* yang sesuai (misalnya *Adam* dan *categorical cross-entropy*), dengan jumlah *epoch* disesuaikan agar mendapatkan keseimbangan antara akurasi dan waktu komputasi.

2.3 Implementasi Sistem

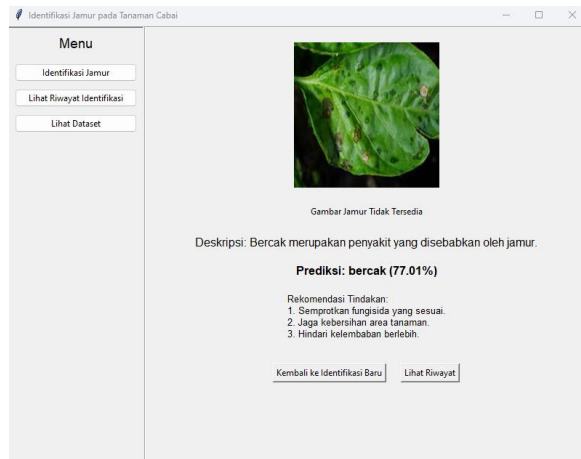
Aplikasi ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman Python dengan antarmuka *desktop* yang dirancang melalui *library* Tkinter, serta memanfaatkan SQLite sebagai *database* untuk menyimpan hasil klasifikasi dan riwayat identifikasi. Implementasi sistem mencakup empat halaman utama sesuai kebutuhan proses bisnis [12]:

1. Identifikasi Jamur, Pengguna dapat mengunggah atau mengambil citra tanaman cabai secara real-time. Sistem kemudian memanggil model CNN yang telah dilatih untuk mengklasifikasikan kondisi tanaman (sehat atau terinfeksi *Cercospora* sp., *Antraknosa* sp., *Fusarium* sp., dan *Botrytis* sp.).



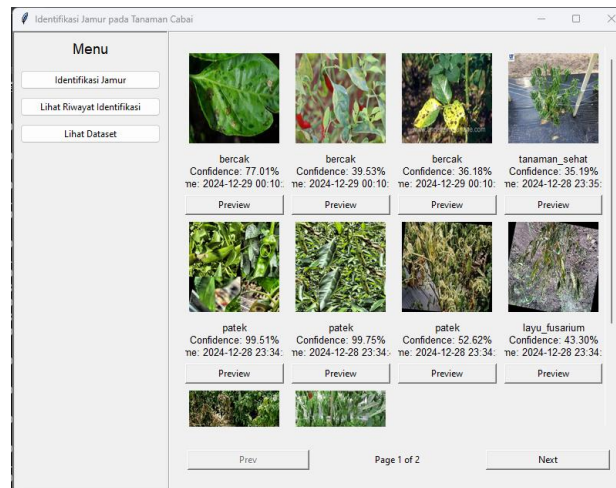
Gambar 1 Identifikasi Jamur

2. Rekomendasi Tindakan, setelah berhasil diidentifikasi, sistem menampilkan status tanaman berikut rekomendasi penanganan yang sesuai—misalnya penggunaan fungisida atau pemangkasan bagian terinfeksi—untuk memudahkan pengguna dalam melakukan tindakan lanjut.



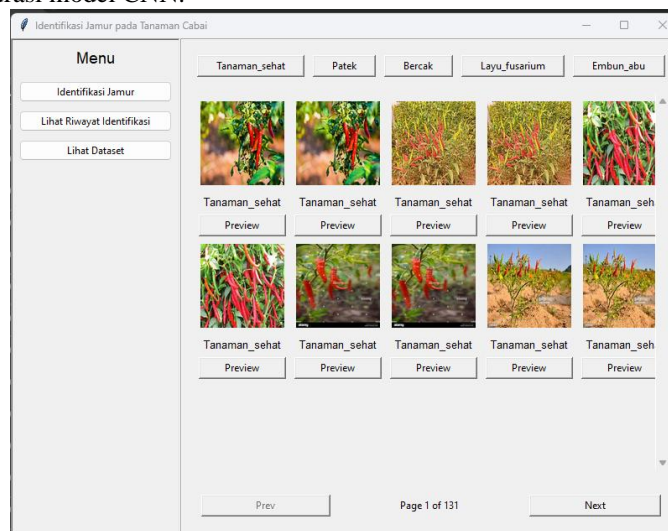
Gambar 2 Rekomendasi Tindakan

3. Lihat Riwayat Identifikasi, Menyajikan daftar lengkap hasil identifikasi yang pernah dilakukan beserta tanggal, waktu unggah, dan jenis jamur. Pengguna dapat menyortir atau memfilter data untuk memantau perkembangan kondisi tanaman.



Gambar 3 Lihat Riwayat Identifikasi

4. Lihat Dataset, Memudahkan pengguna dalam meninjau koleksi data citra yang digunakan (baik *training* maupun *testing*) beserta labelnya, sehingga kualitas dan keseimbangan (*balance*) dataset dapat terus dipantau untuk memelihara akurasi model CNN.



Gambar 4 Lihat Dataset

Penyimpanan Data dengan SQLite, Aplikasi menggunakan *database* SQLite untuk. Mencatat Riwayat Identifikasi: Menyimpan hasil klasifikasi berikut waktu unggah citra..Mengelola Dataset: Menyimpan metadata citra dan informasi label untuk keperluan pembaruan atau *retraining* model [13].

Alur Proses Sistem, Secara umum, alur sistem dapat dijabarkan sebagai berikut: Pengguna mengunggah citra tanaman cabai atau menangkap gambar secara real-time. Sistem (model CNN) memproses citra, melakukan ekstraksi fitur, dan menampilkan jenis jamur yang terdeteksi. Data hasil klasifikasi beserta rekomendasi penanganan disimpan ke *database* (SQLite). Pengguna dapat meninjau riwayat identifikasi, memantau *dashboard*, dan memperbarui data jika diperlukan [13].

2.4 Evaluasi Sistem

Untuk mengukur performa model, digunakan *Confusion Matrix* yang menampilkan jumlah prediksi benar (True Positives, True Negatives) dan salah (False Positives, False Negatives) pada masing-masing kelas. Hasil yang diperoleh akan menentukan nilai Akurasi, Presisi, Recall, dan F1 Score [14].

1. Akurasi (*Accuracy*): Akurasi adalah rasio jumlah prediksi benar terhadap total jumlah prediksi. Metrik ini menunjukkan seberapa baik model dalam membuat prediksi secara keseluruhan [9]. Namun, dalam kasus klasifikasi dengan ketidakseimbangan kelas (*imbalance class*), akurasi saja kurang mencukupi untuk menilai kinerja model.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Total Prediksi}} \times 100\%$$

2. Presisi (*Precision*): Presisi adalah rasio prediksi benar pada kelas positif dibandingkan dengan seluruh prediksi pada kelas positif [9].

$$\text{Presisi} = \frac{\text{True Positives (TP)}}{\text{True Positives (TP)} + \text{False Positives (FP)}}$$

3. Recall: Recall adalah rasio prediksi benar pada kelas positif dibandingkan dengan total data aktual di kelas positif. Recall mengukur seberapa baik model dalam mengidentifikasi semua kasus penyakit yang benar-benar ada.

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positives (TP)}}{\text{True Positives (TP)} + \text{False Negative (FN)}}$$

4. F1 Score: F1 score adalah metrik yang menggabungkan presisi dan recall, dihitung sebagai rata-rata harmonis dari kedua metrik tersebut [9]. Nilai F1 yang tinggi menunjukkan bahwa model memiliki presisi dan recall yang seimbang, yang penting untuk memastikan bahwa identifikasi penyakit tidak hanya akurat tetapi juga menyeluruh.

$$\text{F1 Score} = 2 \times \frac{\text{Presisi} \times \text{Recall}}{\text{Presisi} + \text{Recall}}$$

2.5 Metodologi Pengembangan

Metodologi pengembangan sistem mengacu pada tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian:

1. Analisis Kebutuhan: Mengidentifikasi fungsional dan non-fungsional sistem, meliputi klasifikasi jamur dan antarmuka pengguna.
2. Perancangan Sistem: Mencakup pembuatan *flowchart*, *class diagram*, dan *use case* untuk menggambarkan interaksi pengguna dan sistem.
3. Implementasi: Merealisasikan desain menggunakan Python-Tkinter, merancang CNN, dan mempersiapkan *database* SQLite.
4. Pengujian: Menggunakan skenario uji fungsional dan evaluasi kinerja model.

Dengan metodologi ini, penelitian dapat menghasilkan sistem deteksi real-time jamur pada tanaman cabai yang akurat dan mudah dioperasikan. Model CNN yang diimplementasikan diharapkan mampu memberikan hasil klasifikasi yang bermanfaat sebagai alat bantu petani dalam memantau kondisi tanaman cabai secara cepat dan efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hasil percobaan sebaiknya ditampilkan dalam berupa grafik atau pun tabel. Untuk grafik dapat mengikuti format untuk diagram dan gambar.

3.1 Hasil Pelatihan dan Evaluasi Model CNN

Pada tahap ini, model CNN dilatih menggunakan 70 citra latih dan diuji dengan 30 citra uji yang merepresentasikan 5 kelas: Sehat, Cercospora sp., Antraknosa sp., Fusarium sp., dan Botrytis sp.. Tabel 1 menampilkan confusion matrix hasil uji pada 30 citra, yang kemudian diolah menjadi nilai akurasi, presisi, recall, dan F1 score.

Tabel 1 Confusion Matrix

Predicted \ Actual	Sehat	Cercospora sp.	Antraknosa sp.	Fusarium sp.	Botrytis sp.
Actual Sehat	5	1	0	0	0
Actual Cercospora sp.	1	4	1	0	0
Actual Antraknosa sp.	0	1	5	0	0
Actual Fusarium sp.	0	0	0	5	1
Actual Botrytis sp.	0	0	0	1	5

Berdasarkan confusion matrix di atas, perhitungan metrik evaluasi menunjukkan: Jumlah prediksi benar = 5 (Sehat) + 4 (Cercospora sp.) + 5 (Antraknosa sp.) + 5 (Fusarium sp.) + 5 (Botrytis sp.) = 24

$$Akurasi = \frac{24}{30} \times 100\% = 80\%$$

Tabel 2 Presisi dan Recall per Kelas

Kelas	TP	FP	FN	Presisi	Recall	F1 Score
Sehat	5	1	1	0.83	0.83	0.83
Cercospora sp.	4	2	1	0.67	0.80	0.73
Antraknosa sp.	5	0	1	1.00	0.83	0.91
Fusarium sp.	5	1	0	0.83	1.00	0.91
Botrytis sp.	5	0	1	1.00	0.83	0.91

Nilai F1 tertinggi (0.91) ditemukan pada kelas Antraknosa sp., Fusarium sp., dan Botrytis sp.. Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu mencapai **akurasi keseluruhan sebesar 80%**, dengan performa terbaik pada kelas Antraknosa sp., Fusarium sp., dan Botrytis sp. (F1 = 0.91). Kelas Cercospora sp. memiliki presisi terendah (0.67), menandakan perlunya peningkatan kualitas data (misalnya menambah variasi citra latih) untuk meningkatkan kinerja klasifikasi di kelas tersebut. Secara keseluruhan, model dinilai cukup efektif dalam mengidentifikasi penyakit jamur utama dan kondisi sehat pada tanaman cabai.

3.2 Pengujian Fungsional Alpha

Pengujian Alpha dilakukan secara internal untuk memvalidasi setiap fungsi utama sistem berdasarkan *use case* yang telah ditentukan. Pada tahap ini, peneliti atau tim pengembang mencoba sistem secara menyeluruh untuk memastikan bahwa setiap fitur berjalan sebagaimana mestinya. Tabel 4.1 menampilkan skenario pengujian Alpha terhadap halaman-halaman: Identifikasi Jamur, Rekomendasi Tindakan, Lihat Riwayat Identifikasi, dan Lihat Dataset.

Tabel 3 Pengujian Alpha

No	Data Uji	Langkah Uji	Hasil yang Diharapkan	Keterangan
1	Identifikasi Jamur	- Buka halaman Identifikasi Jamur - Unggah / Ambil citra tanaman cabai - Klik tombol “Proses”	- Sistem memanggil model CNN untuk klasifikasi - Menampilkan status tanaman & notifikasi	Berhasil menampilkan hasil klasifikasi
2.	Rekomendasi Tindakan	- Buka halaman Rekomendasi Tindakan - Tinjau hasil klasifikasi yang tampil - Klik “Lihat Rekomendasi”	- Sistem menampilkan saran penanganan sesuai jamur terdeteksi	Berhasil menampilkan rekomendasi
3.	Lihat Riwayat Identifikasi	- Buka halaman Riwayat - Periksa daftar identifikasi sebelumnya	Sistem menampilkan riwayat identifikasi	Berhasil menampilkan dan memfilter riwayat

4.	Lihat Dataset	- Buka halaman Dataset - Tinjau daftar beserta label - Periksa distribusi kelas	Lihat citra	- Sistem menampilkan galeri/data citra - Informasi label tersedia dengan benar	Berhasil menampilkan data & distribusi kelas
----	---------------	---	-------------	---	--

3.3 Pengujian Fungsional Beta

Pengujian Beta dilakukan dengan melibatkan pengguna akhir (end-user) untuk mencoba atau menguji aplikasi dalam situasi penggunaan sesungguhnya. Pengguna memberikan umpan balik terkait kemudahan penggunaan, tampilan antarmuka, dan kinerja sistem. Evaluasi dilakukan dengan menyebarkan kuesioner berisi pertanyaan seputar kepuasan dan kemudahan pemakaian sistem.

Metode Pengujian Beta

1. Responden: Pengguna yang terlibat di antaranya petani atau pengelola kebun cabai, tim lapangan, dan peneliti yang tertarik dengan identifikasi penyakit tanaman.
2. Teknik Pengumpulan Data: Peneliti membagikan kuesioner yang memuat pertanyaan dengan skala penilaian (misal: 1 = Tidak Setuju, 4 = Sangat Setuju).
3. Perhitungan Presentase: $Y = \frac{p}{q} \times 100\%$ Keterangan:

Hasil Kuesioner

hasil kuesioner dari 5 responden (misalnya petani cabai) ditampilkan pada Tabel 4.2, dengan fokus pada kemudahan penggunaan dan kualitas tampilan.

Tabel 4 Pengujian Beta

No	Pertanyaan	SS 4	S 3	CS 2	TS 1	Persentase
1	Apakah halaman Identifikasi Jamur mudah digunakan untuk mengunggah citra?	3	2	0	0	90%
2	Apakah Anda merasa terbantu dengan Rekomendasi Tindakan yang ditampilkan sistem?	4	1	0	0	95%
3	Apakah halaman Riwayat Identifikasi memudahkan Anda meninjau kondisi tanaman dari waktu ke waktu?	3	2	0	0	90%
4	Apakah tampilan Lihat Dataset membantu memverifikasi label dan kondisi tanaman?	3	1	1	0	85%
5	Apakah penggunaan sistem secara keseluruhan memudahkan Anda dalam mendeteksi jamur tanaman cabai di lapangan?	4	1	0	0	95%
Rata-rata						91%

Keterangan : SS: Sangat Setuju, S: Setuju, C: Cukup, TS: Tidak Setuju

Dari tabel pengujian Beta di atas, dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden “Setuju” hingga “Sangat Setuju” bahwa sistem membantu mereka dalam mengunggah citra dan mendapatkan rekomendasi penanganan dengan mudah. Nilai rata-rata kepuasan sebesar 91% menunjukkan bahwa sistem diterima dengan baik oleh pengguna lapangan, walaupun masih terdapat beberapa *feedback* terkait tampilan dataset yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mempermudah verifikasi data.

4. SIMPULAN

Pada penelitian ini, telah dikembangkan model Convolutional Neural Network (CNN) dan diintegrasikan ke dalam sebuah sistem untuk mendeteksi penyakit jamur pada tanaman cabai. Berdasarkan hasil pelatihan model, evaluasi kinerja menggunakan confusion matrix dan berbagai metrik (akurasi, presisi, recall, serta F1 Score), serta pengujian sistem (Alpha dan Beta), maka dapat disimpulkan bahwa: Model CNN memiliki akurasi 80% dengan performa terbaik pada kelas *Antraknosa sp.*, *Fusarium sp.*, dan *Botrytis sp.* (F1 Score = 0.91). Hasil ini menunjukkan bahwa ciri-ciri visual ketiga jamur tersebut teridentifikasi dengan baik oleh jaringan. Presisi pada kelas *Cercospora sp.* masih relatif rendah (0.67), sehingga dibutuhkan peningkatan variasi dan jumlah data latih untuk meningkatkan kemampuan model mengenali gejala *Cercospora sp.*. Pengujian sistem (Alpha) menunjukkan bahwa seluruh fitur utama, seperti Identifikasi Jamur, Rekomendasi Tindakan, Riwayat Identifikasi, dan Lihat Dataset, telah berjalan dengan lancar sesuai skenario uji yang ditetapkan. Pengujian sistem (Beta) dengan melibatkan responden (petani atau pengguna akhir lainnya) memberikan nilai kepuasan rata-rata sebesar 91%, menandakan bahwa sistem dianggap mudah digunakan, membantu proses upload dan klasifikasi citra, serta memberikan informasi penanganan yang relevan. Secara keseluruhan, model CNN yang dikembangkan mampu mendeteksi empat jenis jamur patogen pada tanaman cabai dengan cukup baik, dan sistem yang dibangun berhasil

memenuhi kebutuhan pengguna dalam melakukan identifikasi dini dan memperoleh rekomendasi penanganan penyakit jamur.

5. SARAN

Beberapa saran yang dapat diajukan untuk penelitian selanjutnya agar menutup kekurangan dan mengoptimalkan hasil yang telah dicapai adalah sebagai berikut: Menambah jumlah dan variasi citra (berbagai kondisi lingkungan, sudut pengambilan gambar, usia tanaman) agar model memiliki *generalization* yang lebih baik, khususnya untuk kelas yang masih memiliki presisi rendah seperti *Cercospora* sp. Optimalisasi Model dan Pemanfaatan Transfer Learning. Menjelajahi arsitektur CNN lain atau menerapkan *transfer learning* dari model yang telah dilatih pada dataset serupa untuk meningkatkan akurasi dan mempercepat proses pelatihan. Pengembangan Aplikasi Mobile. Memperluas penggunaan sistem melalui aplikasi berbasis *smartphone* untuk memudahkan pengguna dalam memantau kondisi tanaman secara *real-time* ketika berada di kebun, sehingga proses deteksi dan penanganan dapat dilakukan secara lebih praktis. Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat mencakup pemanfaatan transfer learning atau integrasi data lingkungan agar deteksi dapat dilakukan secara lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Inaya, S. Meriem, dan M. Masriany, “Identifikasi morfologi penyakit tanaman cabai (*Capsicum* sp.) yang disebabkan oleh patogen dan serangan hama lingkup kampus UIN Alauddin Makassar,” *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, vol. 2, no. 1, hlm. 8–14, Apr 2022, doi: 10.24252/filogeni.v2i1.27092.
- [2] N. Wakhidah, K. Kasrina, dan H. Bustamam, “Keanekaragaman Jamur Patogen pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annuum* L.) di Dataran Rendah,” *Konservasi Hayati*, vol. 17, no. 2, hlm. 63–68, Okt 2021, doi: 10.33369/hayati.v17i2.17920.
- [3] L. Fadhilah dan W. Hadikurniawati, “Deteksi Jenis Buah Mangga Menggunakan Metode CNN (Convolutional Neural Network) Berbasis Android Secara Real-Time,” *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 7, no. 4, hlm. 1366–1372, Jul 2024, doi: 10.31539/intecom.v7i4.10029.
- [4] D. Irfansyah, M. Mustikasari, dan A. Suroso, “Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) Alexnet Untuk Klasifikasi Hama Pada Citra Daun Tanaman Kopi,” *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, vol. 6, no. 2, hlm. 87–92, Mei 2021, doi: 10.30591/jpit.v6i2.2802.
- [5] S. Sheila, I. Permata Sari, A. Bagas Saputra, M. Kharil Anwar, dan F. Restu Pujianto, “Deteksi Penyakit Pada Daun Padi Berbasis Pengolahan Citra Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN),” *MULTINETICS*, vol. 9, no. 1, hlm. 27–34, Apr 2023, doi: 10.32722/multinetics.v9i1.5255.
- [6] S. Pancono, N. Indroasyoko, dan Asep Irfan Setiawan, “Pemantauan dan Deteksi Penyakit Daun Tomat Berbasis IoT dan CNN dengan Aplikasi Android,” *Indonesian Journal of Computer Science*, vol. 13, no. 3, Jun 2024, doi: 10.33022/ijcs.v13i3.4083.
- [7] K. M. Vamsi, P. Lokesh, K. N. Reddy, dan P. Swetha, “Visualization of Real World Enterprise Data using Python Django Framework,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1042, no. 1, hlm. 012019, Jan 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1042/1/012019.
- [8] M. F. Firdaus, Y. P. Iswoyo, dan Y. N. Ahmadi, “Klasifikasi Tanaman Anggrek Menggunakan Metode CNN Berbasis Web Django,” *STAINS: Seminar Nasional Teknologi Dan Sains*, vol. 3, no. 1, hlm. 394–403, Jan 2024.
- [9] M. R. B. Ulum, B. Rahmat, dan M. H. P. Swari, “Implementasi Metode CNN Dan K-Nearest Neighbor Untuk Klasifikasi Tingkat Kematangan Tanaman Cabai Rawit,” *Modem : Jurnal Informatika dan Sains Teknologi*, vol. 2, no. 3, hlm. 112–123, Jul 2024, doi: 10.62951/modem.v2i3.131.
- [10] Devitha Ratu Alamsyach dan Yovi Litanianda, “Klasifikasi Jenis Jamur Edible Menggunakan Convolutional Neural Network: Studi Kasus pada Jamur Tiram, Enoki, dan Truffle,” *Neptunus: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 3, hlm. 52–59, Jun 2024, doi: 10.61132/neptunus.v2i3.183.

- [11] A. T. R. Dzaky dan W. F. Al Maki, “Deteksi Penyakit Tanaman Cabai Menggunakan Metode Convolutional Neural Network,” *eProceedings of Engineering*, vol. 8, no. 2, hlm. 3039–3055, Apr 2021.
- [12] M. Huenerfaut, G. van Rossum, dan R. P. Muller, *Introduction to Python*, 1 ed., vol. 1. Cambridge: Havard University, 2023. Diakses: 11 November 2023. [Daring]. Tersedia pada: <http://tdc-www.harvard.edu/Python.pdf>
- [13] K. P. Gaffney, M. Prammer, L. Brasfield, D. R. Hipp, D. Kennedy, dan J. M. Patel, “SQLite,” *Proceedings of the VLDB Endowment*, vol. 15, no. 12, hlm. 3535–3547, Agu 2022, doi: 10.14778/3554821.3554842.
- [14] E. Hermawan, “Klasifikasi Pengenalan Wajah Menggunakan Masker atau Tidak Dengan Mengimplementasikan Metode CNN (Convolutional Neural Network),” *Jurnal Industri Kreatif dan Informatika Seris (JIKIS)*, vol. 1, no. 1, hlm. 33–43, Apr 2021.