

Penerapan Algoritma Convolution Neural Network untuk Klasifikasi Jenis Cabai Berdasarkan Warna dan Bentuk buah

Rizal Abdur Rohman¹, Moh. Dasuki^{*2}, Lutfi Ali Muharom³, Miftahur Rahman⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Informatika , Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

*Email: rizalrohman636@gmail.com, moh.dasuki22@unmuhjember.ac.id, lutfi@unmuhjember.ac.id, miftahurrahman@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Cabai merupakan salah satu komoditas pertanian utama di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Cabai memiliki berbagai jenis, seperti cabai besar, cabai rawit, dan cabai hijau, yang sering kali sulit dibedakan secara manual karena kemiripan fisiknya. Untuk mendukung kemajuan sektor pertanian, penelitian ini memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan, yaitu Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur VGG-16, untuk mengidentifikasi jenis cabai secara otomatis melalui analisis citra berdasarkan warna dan bentuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur akurasi, sensitivitas, dan spesifitas model dalam mengklasifikasi jenis cabai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur VGG-16 mencapai akurasi 100% pada pengujian data latih, menandakan model mampu mendeteksi dan mengklasifikasi jenis cabai secara optimal. Pada uji coba model (fold 5), diperoleh akurasi sebesar 91.8%, sensitivitas 88%, dan spesifitas 93.8%. Penelitian ini menegaskan bahwa CNN dengan VGG-16 memiliki kinerja yang efektif dalam klasifikasi citra, khususnya jika data uji memiliki karakteristik serupa dengan data latih. Sistem ini menawarkan potensi besar untuk diterapkan dalam sektor pertanian, terutama dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi identifikasi komoditas pertanian lainnya.

Kata kunci: Convolutional Neural Network (CNN), Klasifikasi Citra, Jenis Cabai

Abstrak

Chili is one of the main agricultural commodities in Indonesia with significant economic value. Various types of chili, such as large chili, bird's eye chili, and green chili, are often difficult to distinguish manually due to their physical similarities. To support advancements in the agricultural sector, this study utilizes artificial intelligence technology, specifically the Convolutional Neural Network (CNN) with VGG-16 architecture, to automatically identify chili types through image analysis based on color and shape. This study aims to measure the accuracy, sensitivity, and specificity of the model in classifying chili types. The results show that the VGG-16 architecture achieved 100% accuracy in training data testing, indicating the model's ability to detect and classify chili types optimally. In the model evaluation (fold 5), the accuracy was 91.8%, sensitivity was 88%, and specificity was 93.8%. This study confirms that CNN with VGG-16 is effective for image classification, especially when test data shares similar characteristics with training data. This system offers significant potential for application in the agricultural sector, particularly in improving the efficiency and accuracy of identifying other agricultural commodities.

Keywords: Convolutional Neural Network (CNN), Image Classification, Chili Type

PENDAHULUAN

Cabai merupakan salah satu komoditas pertanian utama di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi strategis. Dengan permintaan yang tinggi, tiga jenis cabai yang paling banyak dipasarkan adalah cabai besar, cabai rawit, dan cabai hijau. Selain menjadi bahan utama dalam berbagai masakan, cabai juga memegang peran penting dalam sektor agribisnis. Namun, identifikasi jenis cabai seringkali dilakukan secara manual, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga rentan terhadap kesalahan. Kondisi ini menjadi tantangan tersendiri bagi petani dan pelaku usaha untuk memastikan kualitas dan jenis cabai yang sesuai dengan kebutuhan pasar (Anggraeni and Fadlil, 2013; Pebrianto and Haryono, 2023).

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) memberikan peluang besar untuk mengatasi kendala tersebut. Salah satu metode AI yang telah terbukti efektif dalam klasifikasi citra berbasis fitur visual adalah Convolutional Neural Network (CNN). CNN mampu mengenali pola-pola visual dalam data dengan akurasi tinggi, menjadikannya pilihan ideal untuk tugas klasifikasi otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis jenis cabai dengan memanfaatkan kombinasi fitur warna, bentuk, dan dimensi menggunakan CNN dengan arsitektur VGG16. Sistem ini diharapkan menjadi solusi yang lebih akurat dan efisien dibandingkan metode manual serta memberikan kontribusi signifikan dalam penerapan teknologi AI di sektor pertanian (Dwi Ayu Lestari, Setya Rintyarna and Dasuki, 2022; Fauzi, Dasuki and Muhamad, 2024; Sanusi Mashuri and Sunyoto, 2024; Setyadi *et al.*, 2024).

Pendekatan penelitian ini melibatkan penggabungan tiga pasangan fitur utama, yaitu warna-bentuk, warna-dimensi, dan bentuk-dimensi. Setiap pasangan menghasilkan 9 kombinasi klasifikasi, sehingga total terdapat 27 kemungkinan klasifikasi. Fitur warna dianalisis menggunakan histogram warna RGB, sedangkan fitur bentuk dan dimensi diproses melalui model CNN. Arsitektur VGG16 dipilih karena keunggulannya dalam mendekripsi pola visual secara detail menggunakan filter konvolusi kecil (3×3), yang memungkinkan kedalaman jaringan lebih besar tanpa mengorbankan efisiensi komputasi. Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa VGG16

memberikan hasil klasifikasi yang sangat baik dalam berbagai kasus (Hasan, Riyanto and Riana, 2021; Noprisson, 2022; Laksono, 2024).

Penelitian ini menawarkan kebaruan dalam pendekatan kombinasi fitur visual dengan CNN untuk klasifikasi jenis cabai. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi proses klasifikasi cabai, tetapi juga menjadi referensi untuk pengembangan sistem otomatisasi serupa pada komoditas pertanian lainnya, sehingga mendukung daya saing agribisnis Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi berbasis kecerdasan buatan, khususnya Convolutional Neural Network (CNN), telah digunakan secara luas dalam klasifikasi citra untuk berbagai aplikasi, termasuk sektor pertanian (Bismi, Novianti and Qomaruddin, no date; Chunjing *et al.*, 2017; Kamilaris and Prenafeta-Boldú, 2018; Yu *et al.*, 2023). Penelitian mengenai klasifikasi cabai menggunakan CNN mencakup identifikasi jenis cabai berdasarkan warna, bentuk, atau kombinasi fitur lainnya. Selain itu, penelitian terkait deteksi penyakit tanaman cabai juga telah memanfaatkan CNN untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi deteksi. Bagian ini akan membahas penelitian sebelumnya yang relevan dengan fokus pada penggunaan CNN dalam klasifikasi cabai dan deteksi penyakit tanaman, serta mengidentifikasi letak pembaruan dari penelitian ini.

Kajian Penelitian Terkait

1. Penggunaan CNN untuk Klasifikasi Cabai

Penelitian oleh Tosi *et al.* (2024) memanfaatkan CNN untuk mengklasifikasi tingkat kematangan cabai berdasarkan warna. Model yang digunakan menghasilkan akurasi 90% dalam pengujian, menunjukkan bahwa warna dapat menjadi fitur penting untuk klasifikasi cabai. Namun, penelitian ini tidak mempertimbangkan fitur bentuk cabai, sehingga hasilnya terbatas pada jenis cabai tertentu (Betris Tosi, Mbura and Kaesmetan, 2024).

Perlindungan dan Risnawati (2020) menggabungkan fitur warna dan bentuk untuk mengklasifikasi jenis cabai. Teknik ini melibatkan konversi warna ke ruang HSV dan ekstraksi fitur morfologi. Hasil akurasi sebesar

80% menunjukkan keterbatasan model dalam menangani kompleksitas dataset (Perlindungan, 2020; Dogan, Ozdemir and Kaya, 2024; Maulana *et al.*, 2024; Setia Budi *et al.*, 2024; Yulestiono *et al.*, 2024).

2. Deteksi Penyakit pada Tanaman Cabai

Setiono *et al.* (2024) menggunakan CNN untuk mendeteksi penyakit antraknosa pada cabai rawit. Dengan menggunakan optimizer Adam, penelitian ini berhasil mencapai akurasi hingga 93.25%, menekankan pentingnya kualitas dataset untuk meningkatkan akurasi klasifikasi (Setiono, 2024). Penelitian lain oleh Dzaky (2021) menggunakan arsitektur AlexNet untuk mendeteksi penyakit daun cabai, seperti virus kuning dan keriting mosaik. Dengan akurasi di atas 90%, penelitian ini menunjukkan efektivitas AlexNet dalam klasifikasi citra, tetapi hanya menggunakan fitur warna daun (Tsany and Dzaky, no date).

3. Perkembangan Arsitektur CNN dan Teknik Pendukung

Penelitian oleh Munir *et al.* (2024) menerapkan arsitektur MobileNet untuk klasifikasi penyakit daun cabai. Dengan akurasi 97.22%, MobileNet menawarkan solusi ringan untuk implementasi sistem di perangkat dengan sumber daya terbatas (Munir, Kasih and Sanjaya, 2024).

Ningrum *et al.* (2024) menyoroti pentingnya memperluas dan merepresentasikan dataset untuk meningkatkan generalisasi model CNN, terutama untuk aplikasi klasifikasi di bidang pertanian (Tri *et al.*, no date).

Kesenjangan Penelitian

Dari kajian pustaka, ditemukan beberapa kelemahan dalam penelitian sebelumnya:

1. Sebagian besar penelitian fokus pada satu fitur saja, seperti warna atau bentuk, tanpa mempertimbangkan integrasi keduanya untuk meningkatkan akurasi.
2. Arsitektur yang digunakan, seperti AlexNet dan MobileNet, lebih sederhana dan kurang optimal untuk menangkap pola kompleks pada data cabai dengan variasi tinggi.
3. Dataset yang digunakan sering kali terbatas dalam jumlah dan kurang merepresentasikan kondisi nyata di lapangan.

Kesimpulan dan Relevansi Penelitian

Penelitian ini menawarkan pembaruan dengan mengintegrasikan fitur warna dan bentuk untuk klasifikasi jenis cabai menggunakan CNN dengan arsitektur VGG-16. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan akurasi lebih tinggi dan generalisasi yang lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya, sekaligus menyediakan solusi yang lebih praktis untuk implementasi di sektor pertanian.

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan data

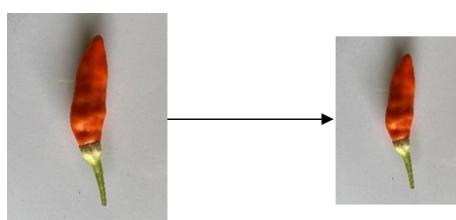
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra jenis cabai yang dikelompokkan berdasarkan tiga kelas utama, yaitu cabai rawit, cabai merah, dan cabai hijau. Setiap kelas terdiri dari 150 citra, sehingga total data berjumlah 450 citra dengan format JPEG dan resolusi awal 3024×3024 piksel. Data ini diambil pada 22 Maret 2023 dari pasar Grenden yang berlokasi di Jl. Raya Puger, Desa Grenden, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Pemilihan lokasi ini dilakukan karena pasar tersebut merupakan salah satu pusat distribusi utama cabai di wilayah tersebut.

3.2 Pengolahan Data Awal Pengambilan Citra

Proses pengambilan citra dilakukan dengan memotret cabai secara individual. Pencahayaan natural digunakan untuk memastikan warna citra tidak terdistorsi. Setiap jenis cabai difoto dengan sudut pandang yang konsisten untuk menjaga kualitas dataset.

Resize Citra

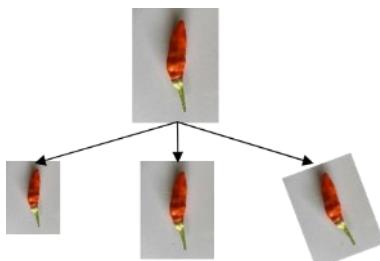
Resolusi citra yang diterima (3024×3024 piksel) diubah menjadi 224×224 piksel menggunakan Python dengan pustaka seperti OpenCV atau PIL. Perubahan ukuran ini dilakukan untuk menyesuaikan data dengan input standar arsitektur VGG16 dan mengurangi beban komputasi.



Gambar 1. Ilustrasi Resize Citra

Augmentasi Data

Untuk meningkatkan jumlah data, dilakukan augmentasi seperti rotasi, flipping, zooming, dan perubahan skala. Teknik ini memungkinkan model untuk mengenali pola visual dari berbagai sudut dan variasi tanpa kehilangan konteks visual. Augmentasi dilakukan dengan pustaka TensorFlow atau Keras.



Gambar 2. Ilustrasi Augmentasi

3.3 Eksperimen Dan Penggunaan Metode

Penelitian ini menggunakan arsitektur VGG16 yang terdiri dari 16 weight layer, dengan rincian:

- Input Layer: Ukuran citra 224×224 piksel dengan tiga channel (RGB).
- Convolutional Layer: Filter 3×3 dengan fungsi aktivasi ReLU untuk mendekripsi fitur visual.
- Max Pooling Layer: Mengurangi dimensi fitur untuk efisiensi komputasi.
- Fully Connected Layer: Menghasilkan vektor fitur yang digunakan untuk klasifikasi.
- Output Layer: Menggunakan fungsi Softmax untuk menentukan probabilitas kelas.

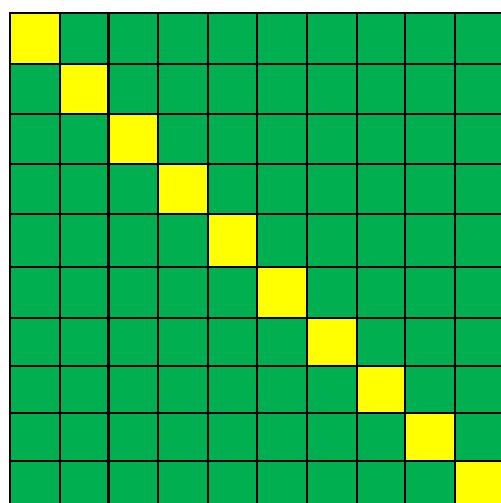
Hyperparameter yang digunakan meliputi:

- Learning Rate: 0.001
- Optimizer: Adam
- Jumlah Epochs: 50
- Ukuran Batch: 32

3.4 Evaluasi

K-Fold Cross Validation

Metode K-Fold Cross Validation digunakan untuk menguji kinerja model. Dataset dibagi dalam rasio 90:10, dengan 405 citra sebagai data latih dan 45 citra sebagai data uji. Nilai K dipilih 10 untuk memastikan setiap subset memiliki representasi data yang seimbang.



Gambar 3. K-Fold Cross Validation

Confusion Matrix

Confusion matrix digunakan untuk mengevaluasi performa model berdasarkan nilai:

- True Positive (TP): Prediksi benar untuk kelas cabai.
- True Negative (TN): Prediksi benar untuk bukan kelas cabai.
- False Positive (FP): Prediksi salah untuk kelas cabai.
- False Negative (FN): Prediksi salah untuk bukan kelas cabai.

Metode evaluasi meliputi perhitungan:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\%$$

$$\text{Sensitifitas} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{Spesifisitas} = \frac{TN}{TN + FP}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian K-Fold Cross Validation

Pada tahap pengujian ini, dilakukan K-Fold Cross Validation dengan membagi dataset menjadi data latih dan data validasi secara acak. Dataset terdiri dari 450 citra yang terbagi menjadi tiga kelas (cabai hijau, cabai merah, cabai rawit), masing-masing dengan 150 citra. Setelah pembagian, 409 citra digunakan sebagai data latih, dan 41 citra sebagai data validasi.

Tabel 1. Hasil Pengujian K-Fold Cross Validation

K-Fold Cross Validation	Akurasi Keseluruhan
Fold 1	78.0%
Fold 2	85.3%
Fold 3	87.8%
Fold 4	85.3%
Fold 5	87.8%
Fold 6	85.0%
Fold 7	80.0%
Fold 8	82.5%
Fold 9	80.0%
Fold 10	87.5%

Rata-rata akurasi keseluruhan dari 10 fold adalah 83.92%, dengan performa terbaik pada fold 3 dan fold 5 (87.8%) serta performa terendah pada fold 1 (78.0%). Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh distribusi data acak dalam tiap fold.

Merah

Cabai Rawit	87.80%	85.71%	88.89%
-------------	--------	--------	--------

Model menunjukkan performa yang sangat baik dengan akurasi tinggi pada semua kelas. Kelas cabai merah memiliki sensitivitas dan spesifisitas sempurna, sementara cabai hijau menunjukkan sensitivitas yang lebih rendah akibat kesalahan prediksi.

4.4 Uji Coba Efektivitas Model

Pada uji coba efektivitas model menggunakan data baru, hasil menunjukkan kemampuan model dalam melakukan prediksi yang tetap konsisten, meskipun terdapat penurunan kecil pada sensitivitas kelas cabai rawit.

Tabel 4. Accuracy, Sensitivitas, dan Spesifisitas

Kelas	Accuracy	Sensitivitas	Spesifitas
Cabai Hijau	90.74%	94.44%	88.88%
Cabai Merah	100%	100%	100%
Cabai Rawit	90.74%	77.77%	97.22%

4.2 Hasil Analisis Confusion Matrix

Tabel 2. Hasil Analisis Confusion Matrix

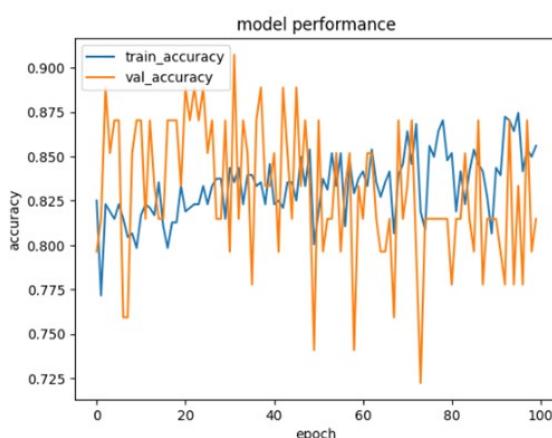
		Predict		
		Cabai Hijau	Cabai Merah	Cabai Rawit
Actual	Cabai Hijau	11	3	
	Cabai Merah		13	
	Cabai Rawit	2	12	

Hasil dari Confusion Matrix menunjukkan bahwa model berhasil memprediksi sebagian besar citra dengan benar, namun terdapat kesalahan pada kelas cabai hijau yang salah diklasifikasikan sebagai cabai merah.

4.3 Evaluasi Metrik

Tabel 3. Accuracy, Sensitivitas, dan Spesifisitas

Kelas	Accuracy	Sensitivitas	Spesifitas
Cabai Hijau	87.80%	78.57%	92.59%
Cabai	100%	100%	100%



Gambar 4. Grafik Model Permormance

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model klasifikasi jenis cabai menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur VGG16. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu mencapai akurasi 100% pada data latih, menunjukkan bahwa arsitektur ini sangat efektif dalam mendekripsi dan mengklasifikasi jenis cabai.

Pada uji coba keefektifan model menggunakan data validasi pada fold 5, model memperoleh hasil yang sangat baik dengan nilai akurasi sebesar 91.8%, sensitivitas 88%, dan spesifisitas 93.8%. Hal ini menunjukkan kemampuan model dalam menggeneralisasi data baru yang belum pernah digunakan sebelumnya.

Metode CNN menunjukkan performa yang optimal dalam klasifikasi citra, terutama jika objek gambar memiliki kemiripan yang tinggi dengan data latih. Namun, performa model dapat menurun pada citra yang berbeda secara signifikan dari dataset yang dilatih.

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode CNN dengan arsitektur VGG16 memiliki potensi yang besar dalam aplikasi klasifikasi citra di bidang pertanian, khususnya untuk klasifikasi jenis cabai. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi untuk pengembangan lebih lanjut, seperti penggunaan dataset yang lebih besar atau arsitektur yang lebih kompleks untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan generalisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, T.N. and Fadil, A. (2013) ‘SISTEM IDENTIFIKASI CITRA JENIS CABAI (*Capsicum Annum L.*) MENGGUNAKAN METODE KLASIFIKASI CITY BLOCK DISTANCE’, *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, 1(2), pp. 409–418.
- Betris Tosi, R., Mbura, H.D. and Kaesmetan, Y.R. (2024) ‘Implementasi CNN Dalam Mengidentifikasi Kematangan Cabai Berdasarkan Warna’, *INDOTECH Indonesian Journal of Education And Computer Science*, 2(1).
- Bismi, W., Novianti, D. and Qomaruddin, M. (no date) ‘Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak Analisis Perbandingan Klasifikasi Citra Genus *Panthera* dengan Pendekatan Deep learning Model MobileNet’.
- Chunjing, Y. et al. (2017) ‘Application of convolutional neural network in classification of high resolution agricultural remote sensing images’, in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, pp. 989–992. Available at: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-989-2017>.
- Dogan, Y., Ozdemir, C. and Kaya, Y. (2024) ‘Enhancing CNN model classification performance through RGB angle rotation method’, *Neural Computing and Applications* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00521-024-10232-z>.
- Dwi Ayu Lestari, R., Setya Rintyarna, B. and Dasuki, M. (2022) *Application Of N-Gram On K-Nearest Neighbor Algorithm To Sentiment Analysis Of TikTok Shop Shopping Features*, *Jurnal Mantik*. Online.
- Fauzi, L., Dasuki, Moh. and Muharom, L.A. (2024) ‘Penerapan Algoritma Support Vector Machine untuk Klasifikasi Sentimen Vaksin Booster pada Twitter’, *JUSTIFY: Jurnal Sistem Informasi Ibrahimy*, 2(2), pp. 135–143. Available at: <https://doi.org/10.35316/justify.v2i2.4005>.
- Hasan, Moh.A., Riyanto, Y. and Riana, D. (2021) ‘Grape leaf image disease classification using CNN-VGG16 model’, *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 9(4), pp. 218–223. Available at: <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2021.14013>.
- Kamilaris, A. and Prenafeta-Boldú, F.X. (2018) ‘A review of the use of convolutional neural networks in agriculture’, *Journal of Agricultural Science*. Cambridge University Press, pp. 312–322. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000436>.

- Laksono, F.B. (2024) ‘Deteksi penyakit tanaman dengan convolution neural network: Kombinasi arsitektur VGG16 dan ResNet34 untuk klasifikasi daun’, *JURNAL KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.26714/jkti.v2i2.13932>.
- Maulana, R. et al. (2024) *IDENTIFIKASI JENIS REMPAH-REMPAH INDONESIA DENGAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) MENGGUNAKAN ARSITEKTUR VGG16*, *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*.
- Munir, M.M., Kasih, P. and Sanjaya, A. (2024) *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi) 1626, Agustus*. Online.
- Noprisson, H. (2022) ‘Fine-Tuning Model Transfer Learning VGG16 Untuk Klasifikasi Citra Penyakit Tanaman Padi’, *JSAI: Journal Scientific and Applied Informatics*, 5(3). Available at: <https://doi.org/10.36085>.
- Pebrianto, R. and Haryono, T. (2023) ‘Optimasi Sistem Klasifikasi Biji Tanaman Cabai Menggunakan CNN: Pendekatan Inovatif dalam Agribisnis’, *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 8(2), pp. 121–129.
- Perlindungan, I. (2020) *PENGENALAN TANAMAN CABAI DENGAN TEKNIK KLASIFIKASI MENGGUNAKAN METODE CNN*.
- Sanusi Mashuri, A. and Sunyoto, A. (2024) ‘Klasifikasi Penyakit Pada Daun Cabai Menggunakan Arsitektur VGG16’, *Journal homepage: Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, 6(2). Available at: <https://doi.org/10.33650/jecom.v4i2>.
- Setia Budi, E. et al. (2024) ‘RESOLUSI: Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi Optimasi Model Machine Learning untuk Klasifikasi dan Prediksi Citra Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network’, *Media Online*, 4(5), p. 509. Available at: <https://djournals.com/resolusi>.
- Setiono, M. (2024) ‘Klasifikasi Penyakit Antraknosa Citra Cabai Rawit Dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN)’, *Hal; Jl. Jembatan Merah No.84 C Gejayan Yogyakarta*, 11(2).
- Setyadi, R.A. et al. (2024) ‘IMPLEMENTASI TRANSFER LEARNING UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT PADA DAUN CABAI MENGGUNAKAN CNN’, *Jurnal Teknologi Informasi*, 5(2). Available at: <https://doi.org/10.46576/djtechno>.
- Tri, B.N. et al. (no date) *Program Studi Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri*.
- Tsany, A. and Dzaky, R. (no date) *Deteksi Penyakit Tanaman Cabai Menggunakan Metode Convolutional Neural Network*.
- Yu, F. et al. (2023) ‘Progress in the Application of CNN-Based Image Classification and Recognition in Whole Crop Growth Cycles’, *Remote Sensing*. MDPI. Available at: <https://doi.org/10.3390/rs15122988>.
- Yulestiono, A.Y. et al. (2024) *Perbandingan Kinerja Metode Convolutional Neural Network (CNN) dan VGG-16 dalam Klasifikasi Rambu Lalu Lintas, JAMASTIKA*.