Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) dalam Klasifikasi Tingkat Roasting Biji Kopi

Maria Yohana Vianey Wae [1,*] dan Muhammad Athoillah [2]
[1] Program Studi Statistika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Indonesia
[*] Email: yovinwae@gmail.com

Abstrak

Penentuan tingkat roasting biji kopi masih sering dilakukan melalui pengamatan visual. Pendekatan tersebut berpotensi menghasilkan penilaian yang subjektif karena bergantung pada pengalaman pengamat. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengklasifikasikan tingkat roasting biji kopi berdasarkan citra digital. Dataset yang digunakan adalah Coffee Bean Dataset yang terdiri atas 1.600 citra dalam empat kategori, yaitu Green, Light, Medium, dan Dark. Dataset dibagi menjadi 960 citra pelatihan (60%), 240 citra validasi (15%) dan 400 citra pengujian (25%). Model CNN menggunakan tiga lapisan konvolusi, tiga lapisan max pooling, flatten layer, dense layer, dan fungsi aktivasi Softmax pada lapisan keluaran. Model dilatih selama 20 epoch dengan optimizer Adam. Hasil pelatihan menunjukkan akurasi training sebesar 100% dan akurasi validasi akhir sebesar 97,08%. Pada data pengujian, model memperoleh akurasi 99,25% atau 397 prediksi benar dari 400 citra. Confusion matrix menunjukkan tiga kesalahan klasifikasi. Hasil ini menunjukkan bahwa CNN berpotensi digunakan untuk membantu klasifikasi tingkat roasting berdasarkan citra, meskipun pengujian pada dataset yang lebih beragam masih diperlukan sebelum penerapan pada kondisi industri.

Kata kunci*: Convolutional Neural Network, Deep Learning, Klasifikasi Citra, Tingkat Roasting, Kopi*

Abstract

Determining the roasting level of coffee beans is often based on visual inspection, which may produce subjective assessments because it depends on the evaluator's experience. This study implements a Convolutional Neural Network (CNN) to classify coffee bean roasting levels from digital images. The Coffee Bean Dataset contains 1,600 images in four categories: Green, Light, Medium, and Dark. The dataset was divided into 960 training images (60%), 240 validation images (15%) and 400 testing images (25%). The CNN architecture consisted of three convolutional layers, three max-pooling layers, a flatten layer, a dense layer, and a Softmax output layer. The model was trained for 20 epochs using the Adam optimizer. Training accuracy reached 100%, while the final validation accuracy was 97.08%. On the test set, the model achieved 99.25% accuracy, corresponding to 397 correct predictions out of 400 images. The confusion matrix showed three misclassifications. These results indicate that CNN has potential for image-based coffee roasting-level classification; however, evaluation using more diverse datasets is still required before industrial deployment.

Keywords: Convolutional Neural Network, Deep Learning, Image Classification, Coffee Beans, Roasting Level

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta karakteristik rasa dan aroma yang beragam. Salah satu tahapan penting dalam pengolahan kopi adalah roasting atau penyangraian. Proses ini memengaruhi warna, aroma, cita rasa, dan karakteristik kimia biji kopi. Perbedaan tingkat penyangraian umumnya ditunjukkan oleh perubahan warna dan karakteristik permukaan biji. Informasi visual tersebut dapat dimanfaatkan sebagai salah satu indikator dalam pengendalian kualitas kopi (Alfiantama et al., 2024).

Dalam praktiknya, penentuan tingkat roasting masih dapat dilakukan melalui pengamatan visual. Penilaian tersebut berpotensi berbeda antar-pengamat karena dipengaruhi pengalaman dan persepsi masing-masing. Kemiripan warna pada beberapa tingkat roasting juga dapat menyulitkan proses identifikasi. Oleh sebab itu, sistem klasifikasi berbasis citra digital dapat digunakan sebagai alat bantu untuk menghasilkan penilaian yang

Volume. 05 Nomor. 02 Oktober, 2026
p-ISSN: 2829-1026 e-ISSN: 2829-1018

lebih konsisten. Pendekatan machine vision dan deep learning juga berpotensi mendukung proses inspeksi dalam jumlah besar, meskipun kinerjanya tetap perlu diuji pada kondisi data yang merepresentasikan lingkungan penerapan (Ernesto & Rivas, 2025).

Salah satu metode deep learning yang banyak digunakan untuk klasifikasi citra adalah Convolutional Neural Network (CNN). CNN dapat mempelajari fitur visual secara otomatis melalui lapisan konvolusi dan pooling, kemudian menggunakan lapisan terhubung penuh untuk menghasilkan prediksi kelas. Penerapan CNN telah dilaporkan pada berbagai tugas pengenalan citra, antara lain pengenalan simbol matematika tulisan tangan (Athoillah et al., 2026) dan identifikasi jenis kendaraan bermotor (Athoillah et al., 2023).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pendekatan berbasis citra dapat digunakan untuk mengenali karakteristik objek pertanian, termasuk tanaman dan biji kopi. CNN telah diterapkan untuk klasifikasi tanaman berdasarkan citra (Nour, 2018; Latuan et al., 2026; Wijaya et al., 2020). Sementara itu, penelitian tentang biji kopi juga mencakup pengenalan jenis kopi (Nasution et al., 2022) dan klasifikasi mutu fisik menggunakan fitur citra (Cahyono et al., 2022; Putri et al., 2022). Kajian tersebut memperlihatkan bahwa informasi visual memiliki potensi untuk mendukung proses identifikasi dan klasifikasi kopi.

Secara lebih khusus, CNN telah digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat roasting biji kopi (Alfiantama et al., 2024; Pakaya et al., 2024). Penelitian lain juga memperlihatkan penerapan CNN pada klasifikasi ekspresi wajah dan objek visual lainnya (Nugroho et al., 2020; Alamsyah & Pratama, 2020; Azmi & Defit, 2023). Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, pengembangan model CNN dengan dataset dan konfigurasi tertentu masih relevan untuk dikaji, terutama dengan melaporkan proses pelatihan dan evaluasi secara transparan.

Selain warna, karakteristik tekstur dan mutu fisik biji kopi dapat dianalisis melalui citra digital (Putri et al., 2022). Penelitian tentang tingkat kematangan buah kopi juga menunjukkan pemanfaatan informasi warna dalam proses klasifikasi (Raysyah et al., 2021). Meskipun tingkat kematangan buah dan tingkat roasting merupakan dua objek klasifikasi yang berbeda, kedua kajian tersebut memperkuat relevansi informasi visual dalam analisis produk kopi.

Perubahan warna dan tekstur selama proses roasting menyediakan ciri visual yang dapat dipelajari oleh CNN. Namun, hasil klasifikasi berbasis citra perlu dipahami sesuai cakupan dataset yang digunakan. Model yang memperoleh akurasi tinggi pada dataset tertentu belum tentu langsung memiliki kinerja yang sama pada citra dari kamera, pencahayaan, varietas, atau kondisi penyangraian yang berbeda.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengimplementasikan CNN untuk mengklasifikasikan citra biji kopi ke dalam empat label dataset, yaitu Green, Light, Medium, dan Dark. Tujuan penelitian ini adalah membangun model CNN dan mengevaluasi kinerjanya menggunakan data pengujian melalui accuracy, precision, recall, F1-score, serta confusion matrix. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem bantu klasifikasi visual, bukan sebagai pengganti pengujian mutu kopi secara menyeluruh.

METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa citra digital biji kopi yang diperoleh dari Coffee Bean Dataset pada Kaggle (Gerry, 2022). Dataset terdiri atas empat label, yaitu Green, Light, Medium,

dan Dark. Label Green merepresentasikan biji kopi yang belum disangrai, sedangkan Light, Medium, dan Dark merepresentasikan kategori tingkat penyangraian sebagaimana ditetapkan dalam dataset. Karena penelitian menggunakan dataset sekunder, hasil klasifikasi dalam artikel ini mengacu pada label dataset dan karakteristik visual citra yang tersedia.

Dataset terdiri atas 1.600 citra dan dibagi menjadi data training, validation, dan testing. Proporsi pembagian data disajikan pada Tabel 1.

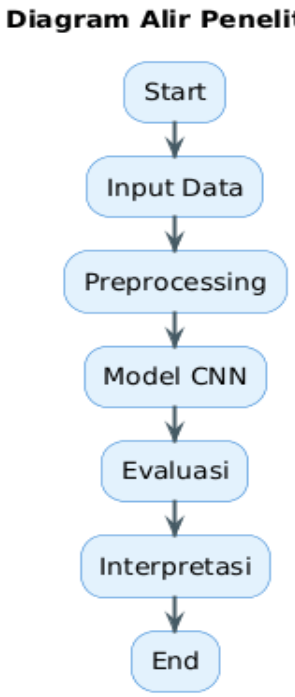
Tabel 1. Distribusi Dataset

Jenis data	Jumlah citra	Persentase
Training	960	60%
Validation	240	15%
Testing	400	25%
Total	1.600	100%

Berdasarkan Tabel 1, sebanyak 960 citra (60%) digunakan untuk melatih model, 240 citra (15%) digunakan untuk memantau kinerja selama pelatihan, dan 400 citra (25%) digunakan untuk evaluasi akhir. Data pengujian dipisahkan dari proses pelatihan dan validasi agar evaluasi dilakukan pada citra yang tidak digunakan untuk memperbarui bobot model.

B. Tahapan Penelitian

Proses penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian meliputi persiapan dan prapemrosesan data, perancangan serta pelatihan model CNN, evaluasi menggunakan data pengujian, dan interpretasi hasil. Uraian setiap tahap disajikan berikut ini.

1. Persiapan dan Prapemrosesan Data
   Dataset dibaca menggunakan TensorFlow untuk memperoleh citra dan label kelas. Citra diseragamkan menjadi ukuran 224 × 224 piksel dan nilai piksel dinormalisasi menggunakan rescaling. Data training dan validation digunakan pada proses pengembangan model, sedangkan data testing disimpan untuk evaluasi akhir. Sampel citra ditampilkan untuk memeriksa keterbacaan data dan label. Artikel sumber belum menjelaskan secara rinci nilai faktor rescaling, metode pembagian per kelas, maupun augmentasi citra; informasi tersebut perlu ditambahkan berdasarkan konfigurasi kode yang benar-benar digunakan.
2. Perancangan Model Convolutional Neural Network (CNN)

Volume. 05 Nomor. 02 Oktober, 2026
p-ISSN: 2829-1026 e-ISSN: 2829-1018

Model CNN dibangun menggunakan arsitektur Sequential. Arsitektur yang dilaporkan terdiri atas tiga lapisan Conv2D dan tiga lapisan MaxPooling2D untuk mengekstraksi fitur visual secara bertahap. Hasil ekstraksi fitur kemudian diubah menjadi vektor satu dimensi melalui Flatten dan diteruskan ke Dense layer berisi 128 neuron. Lapisan keluaran memiliki empat neuron dengan aktivasi Softmax untuk menghasilkan probabilitas pada empat label kelas. Jumlah parameter model yang dilaporkan adalah 11.169.476. Rincian dimensi keluaran dan parameter disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Arsitektur Model CNN

Layer	Output shape	Jumlah parameter
Conv2D (32 filter, 3×3)	(222, 222, 32)	896
MaxPooling2D (2×2)	(111, 111, 32)	0
Conv2D (64 filter, 3×3)	(109, 109, 64)	18.496
MaxPooling2D (3×3)	(54, 54, 64)	0
Conv2D (128 filter, 3×3)	(52, 52, 128)	73.856
MaxPooling2D (3×3)	(26, 26, 128)	0
Flatten	(86.528)	0
Dense (128 neuron)	(128)	11.075.712
Dense (output 4 kelas)	(4)	516
—	11.169.476	

Berdasarkan Tabel 2, tiga lapisan konvolusi berfungsi mempelajari pola visual, sedangkan lapisan max pooling mengurangi dimensi representasi fitur. Flatten mengubah feature map menjadi vektor satu dimensi, kemudian Dense layer memproses fitur tersebut untuk klasifikasi. Jumlah parameter yang besar terutama berasal dari Dense layer setelah Flatten. Oleh karena itu, pengujian lanjutan dengan arsitektur yang lebih ringan dapat dipertimbangkan apabila model akan diterapkan pada perangkat dengan sumber daya komputasi terbatas.

3. Evaluasi Model

Model yang telah dilatih dievaluasi menggunakan 400 citra pada data testing. Data ini digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam memprediksi label pada citra yang tidak digunakan selama pelatihan. Evaluasi dilakukan menggunakan confusion matrix serta metrik accuracy, precision, recall, dan F1-score.

Accuracy menunjukkan proporsi prediksi yang benar dari seluruh data pengujian. Precision mengukur proporsi prediksi suatu kelas yang benar, sedangkan recall mengukur proporsi data aktual suatu kelas yang berhasil dikenali. F1-score merupakan rata-rata harmonik precision dan recall. Perhitungan metrik dilakukan berdasarkan hasil prediksi pada data testing.

4. Interpretasi Hasil dan Penarikan Kesimpulan

Pada tahap akhir, hasil evaluasi diinterpretasikan dengan memperhatikan nilai metrik, kurva akurasi, kurva loss, dan confusion matrix. Interpretasi dibatasi pada data dan konfigurasi model yang digunakan dalam penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Visualisasi Citra Biji Kopi

Sebelum proses pelatihan model CNN dilakukan, terlebih dahulu ditampilkan contoh citra biji kopi dari setiap kategori tingkat roasting yang digunakan dalam penelitian. Visualisasi ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik visual pada masing-masing kelas.

Volume. 05 Nomor. 02 Oktober, 2026
p-ISSN: 2829-1026 e-ISSN: 2829-1018



Gambar 2. Citra Biji Kopi

Gambar 2 memperlihatkan contoh citra dari empat label dataset. Secara visual, Green tampak kehijauan, Light cenderung cokelat lebih terang, Medium tampak lebih cokelat, dan Dark memiliki warna paling gelap. Perbedaan visual tersebut menjadi informasi yang dapat dipelajari model. Namun, warna citra juga dapat dipengaruhi pencahayaan, kamera, latar belakang, dan proses pengambilan gambar.

B. Hasil Model CNN

Pelatihan model CNN dilakukan sebanyak 20 epoch untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mempelajari pola data pelatihan serta mengukur performa model pada data validasi.

Tabel 3. Hasil Pelatihan Model CNN

Epoch	Accuracy	Loss	Val. accuracy	Val. loss
1	0,5719	1,1508	0,875	0,2882
2	0,924	0,1941	0,9458	0,1632
3	0,9677	0,0881	0,9542	0,1214
4	0,9677	0,0787	0,95	0,1696
5	0,974	0,0877	0,975	0,065
6	0,9917	0,0283	0,9792	0,0487
7	0,9958	0,0141	0,9792	0,062
8	0,9917	0,016	0,9542	0,1207
9	0,9979	0,0139	0,9708	0,1021
10	1	0,0071	0,9792	0,0707
11	1	0,0038	0,975	0,0855
12	1	0,0011	0,9667	0,0796
13	1	0,0006	0,9708	0,0816
14	1	0,0004	0,9667	0,0822
15	1	0,0004	0,9708	0,0878
16	1	0,0003	0,9708	0,0915
17	1	0,0002	0,9708	0,0927
18	1	0,0002	0,9708	0,0972
19	1	0,0002	0,9708	0,0995
20	1	0,0002	0,9708	0,1021

Berdasarkan Tabel 3, akurasi training meningkat dari 57,19% pada epoch pertama menjadi 100% pada epoch ke-10 dan bertahan hingga epoch ke-20. Loss training turun dari 1,1508 menjadi 0,0002. Pada data validasi, akurasi tertinggi yang tercatat adalah 97,92% (epoch ke-6, ke-7, dan ke-10), sedangkan akurasi validasi pada epoch terakhir adalah 97,08%. Validation loss terendah sebesar 0,0487 tercatat pada epoch ke-6 dan meningkat menjadi 0,1021 pada epoch ke-20. Pola ini menunjukkan indikasi overfitting pada tahap akhir karena kinerja training terus membaik, sementara validation loss meningkat.

Dengan demikian, pemilihan model akhir perlu dijelaskan secara lebih rinci. Jika bobot model yang diuji pada data testing berasal dari epoch ke-20, hasil pengujian harus dikaitkan dengan konfigurasi tersebut. Jika model terbaik dipilih berdasarkan validation

Volume. 05 Nomor. 02 Oktober, 2026
p-ISSN: 2829-1026 e-ISSN: 2829-1018

loss atau validation accuracy, penulis perlu menyebutkan epoch terbaik dan memastikan bobot pada epoch tersebut yang digunakan untuk pengujian. Informasi ini harus disesuaikan dengan kode eksperimen.

Akurasi validasi akhir sebesar 97,08% menunjukkan bahwa sebagian besar citra validasi dapat diklasifikasikan dengan benar. Akan tetapi, nilai tersebut tidak boleh disamakan dengan akurasi pengujian karena kedua metrik berasal dari kelompok data yang berbeda.

C. Evaluasi Performa Model CNN

Evaluasi performa model CNN dilakukan menggunakan data pengujian untuk mengetahui kemampuan model dalam melakukan klasifikasi pada setiap kategori tingkat kematangan biji kopi.

Tabel 4. Hasil Evaluasi Model CNN pada Data Pengujian

Kelas	Precision	Recall	F1-score	Support
Dark	0,99	0,99	0,99	100
Green	1,00	1,00	1,00	100
Light	1,00	0,99	0,99	100
Medium	0,98	0,99	0,99	100
Accuracy	-	-	0,99	400
Macro average	0,99	0,99	0,99	400
Weighted Average	0,99	0,99	0,99	400

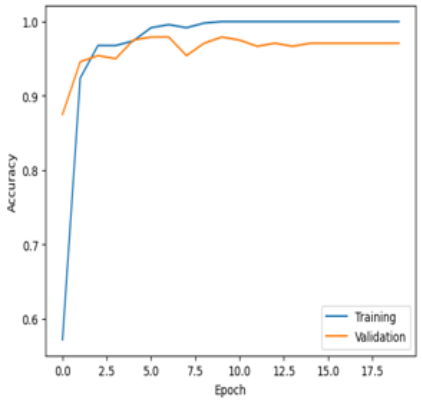
Berdasarkan Tabel 4, model memperoleh akurasi sebesar 99,25% pada 400 citra pengujian. Nilai tersebut setara dengan 397 prediksi benar dan tiga prediksi salah. Hasil ini menunjukkan kinerja yang tinggi pada dataset pengujian yang digunakan.

Pada tingkat kelas, Green memperoleh precision, recall, dan F1-score sebesar 1,00. Kelas Dark, Light, dan Medium memperoleh F1-score sekitar 0,99. Nilai-nilai pada Tabel 4 ditampilkan dengan pembulatan dua angka desimal sehingga tidak menggambarkan seluruh rincian jumlah prediksi pada setiap kelas.

Precision terendah tercatat pada kelas Medium sebesar 0,98, sedangkan recall-nya sebesar 0,99. Perbedaan precision dan recall menunjukkan bahwa kesalahan prediksi dapat melibatkan baik prediksi kelas yang keliru maupun citra kelas tersebut yang diprediksi sebagai kelas lain.

Nilai macro average dan weighted average yang masing-masing dibulatkan menjadi 0,99 menunjukkan bahwa kinerja antarkelas relatif tinggi. Meskipun demikian, pembulatan metrik dan ukuran dataset yang terbatas perlu dipertimbangkan ketika menafsirkan hasil.

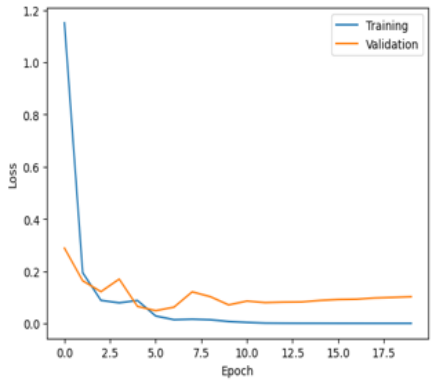
Untuk memberikan gambaran mengenai kinerja model CNN, disajikan visualisasi hasil evaluasi berupa grafik akurasi, grafik loss, dan confusion matrix yang menunjukkan performa model selama proses pelatihan dan pengujian.



Gambar 3. Grafik Akurasi

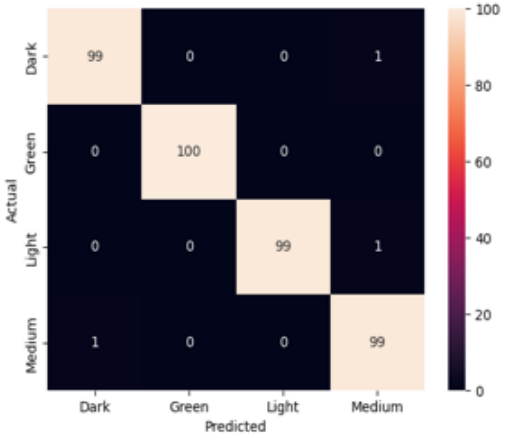
Gambar 3 menunjukkan bahwa akurasi training meningkat hingga 100%, sedangkan akurasi validasi berfluktuasi dan berada pada kisaran sekitar 95–98% setelah beberapa epoch awal. Perbedaan antara kurva training dan validasi pada epoch akhir sejalan dengan indikasi overfitting yang terlihat pada nilai validation loss.

Volume. 05 Nomor. 02 Oktober, 2026
p-ISSN: 2829-1026 e-ISSN: 2829-1018



Gambar 4. Grafik Loss

Gambar 4 menunjukkan penurunan training loss secara konsisten dari 1,1508 menjadi sekitar 0,0002. Validation loss mencapai nilai terendah 0,0487 pada epoch ke-6, kemudian meningkat menjadi 0,1021 pada epoch ke-20. Kenaikan ini memperkuat indikasi bahwa model semakin menyesuaikan diri terhadap data training dan tidak diikuti peningkatan kinerja validasi.



Gambar 5. Confusion Matrix

Berdasarkan Gambar 5, sebanyak 397 dari 400 citra pengujian diklasifikasikan dengan benar, sedangkan tiga citra salah diklasifikasikan. Kelas Green memiliki 100 prediksi benar. Kelas Dark, Light, dan Medium masing-masing memiliki 99 prediksi benar. Dengan demikian, akurasi keseluruhan adalah 397/400 × 100% = 99,25%. Confusion matrix memperlihatkan kesalahan pada tiga kelas tersebut, sehingga hasilnya konsisten dengan akurasi keseluruhan yang dilaporkan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa model Convolutional Neural Network (CNN) dapat digunakan untuk mengklasifikasikan citra biji kopi ke dalam empat label dataset, yaitu Green, Light, Medium, dan Dark. Model terdiri atas tiga convolutional layer, tiga max-pooling layer, Flatten, Dense dengan 128 neuron, dan lapisan keluaran Softmax dengan empat neuron. Selama 20 epoch, akurasi training mencapai 100%, sedangkan akurasi validasi pada epoch terakhir sebesar 97,08%. Peningkatan training accuracy yang disertai kenaikan validation loss pada epoch akhir mengindikasikan overfitting.

Pada data testing sebanyak 400 citra, model memperoleh akurasi 99,25% dengan 397 prediksi benar dan tiga kesalahan klasifikasi. Hasil ini memperlihatkan kinerja yang tinggi pada dataset yang digunakan. Namun, hasil tersebut belum cukup untuk menyimpulkan bahwa model siap diterapkan secara langsung pada lingkungan industri. Pengujian eksternal menggunakan citra dengan variasi kamera, pencahayaan, varietas, dan kondisi penyangraian diperlukan untuk menilai kemampuan generalisasi model.

DAFTAR PUSTAKA

Alamsyah, Derry, and Dicky Pratama. 2020. "Implementasi Convolutional Neural Networks (CNN) Untuk Klasifikasi Ekspresi Citra Wajah Pada FER-2013." 4(2): 350–55.

Alfiantama, Ilham, Michael Ilham Kresnawan, Andres Putra Handoko, Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara, and Pgri Kediri. 2024. "Klasifikasi Tingkat Roasting Biji Kopi Dengan Metode CNN." 3: 285–90.

Athoillah, Muhammad, Rani Kurnia Putri, Fenny Fitriani, and Article Info. 2026. "A Data-Informatics-Oriented CNN-Based Intelligent Model for Handwritten

Volume. 05 Nomor. 02 Oktober, 2026
p-ISSN: 2829-1026 e-ISSN: 2829-1018

Mathematical Symbol Recognition." 5(1): 37–49. doi:10.59461/ijdiic.v5i1.261.

Athoillah, Muhammad, Rani Kurnia Putri, Program Studi Statistika, Universitas Pgri, and Adi Buana. 2023. "Identifikasi Jenis Kendaraan Bermotor Dengan Algoritma Convolutional Neural Networks Identification of Motor Vehicle Types Using Convolutional Neural Networks Algorithm." 5: 109–16.

Azmi, Khairul, and Sarjon Defit. 2023. "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Batik Tanah Liat Sumatera Barat." 16(1): 2580–82.

Cahyono, Bowo Eko, Agung Tjahjo Nugroho, Icha Wulan Maulidina, Studi Fisika, Universitas Jember, and Jawa Timur. 2022. "Klasifikasi Jenis Biji Kopi Dengan Menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)." 16(3): 191–96. doi:10.24198/jt.vol16n3.9.

Ernesto, René, and García Rivas. 2025. "Automated Coffee Roast Level Classification Using Machine Learning and Deep Learning Models." : 1–11. doi:10.1111/1750-3841.70532.

Gerry. 2022. "Coffee Bean Dataset Resized." *Kaggle*. https://www.kaggle.com/datasets/gpiosenka/coffee-bean-dataset-resized-224-x-224?

Hanifah Nur Nasution, Rahmad Fauzi, Thofik Hidayat3). 2022. "Sistem Pengenalan Biji Kopi Arabika,Robusta, Liberika, dan Eksalsa Mengunakan Metode S Yuleq." 10(1): 415–18.

Latuan, Pricilia Mariaty, Franki Yusuf Bisilisin, and Hasibun Asikin. 2026. "Klasifikasi Tanaman Berbiji Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)." 10(3): 4457–61.

Nour, Erlyna. 2018. "Implementasi Metode Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Tanaman pada Citra Resolusi Tinggi (The Implementation of Convolutional Neural Network Method for Agricultural Plant Classification in High Resolution Imagery)." : 61–68.

Nugroho, Pulung Adi, Indah Fenriana, Rudy Arijanto, and M Kom. 2020. "Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Ekspresi Manusia." 1.

Pakaya, Isran Mohamad, Radi Radi, and Bambang Purwantana. 2024. "Classification of Roasting Level of Coffee Beans Using Convolutional Neural Network with MobileNet Architecture for Android Implementation." 13(3): 924–32.

Prastita, Dila Ayu, Andika Setiawan, and Ilham Firman Ashari. 2025. "Analisis Perbandingan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Deteksi Warna Pada Objek." 5(4): 821–30. doi:10.47065/bulletincsr.v5i4.617.

Pratama, Gede Ardi, Eva Yulia Puspaningrum, Hendra Maulana, Universitas Pembangunan, Nasional Veteran, Jawa Timur, and Gunung Anyar. 2024. "Convolutional Neural Network Dan Faster Region Convolutional Neural Network." 12(3): 2776–85.

Putri, Dwi Anindea, Agus Arip Munawar, and Indera Sakti Nasution. 2022. "Klasifikasi Mutu Fisik Biji Kopi Beras Robusta Menggunakan Pengolahan Citra Digital (Physical Quality Classification Of Robusta Rice Coffee Beans Using Digital Image Processing)." 7: 490–98.

Siti Raysyah, Veri Arinal, Dadang Iskandar Mulyana. 2021. "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi Berdasarkan Deteksi Warna Menggunakan Metode KNN dan PCA." 8(2): 88–95.

Wijaya, Jeffry, Stephen Putra Sutra, Pyter Wahyu Kosasih, Pahala Sirait, Stmik Mikroskil, and Jl Thamrin No. 2020. "Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Identifikasi Jenis Tanaman Melalui Daun." 21(1): 1–10.

Yuliany, Susi, and Andi Nur Rachman. 2022. "Implementasi Deep Learning Pada Sistem Klasifikasi Hama Tanaman Padi Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)." 13(April): 54–65.