



Identifikasi Varietas Kopi Berdasarkan Analisis Warna dan Tekstur Menggunakan Metode Convolutional Neural Network

Kharisma Utama Putra^{1,*}, Agung Ramadhanu¹, Syafri Arlis²

¹ Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Magister Teknik Informatika, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, Padang, Indonesia

² Fakultas Ilmu Komputer, Doctor Teknologi Informasi, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, Padang, Indonesia

Email: ^{1,*}kharismautamaputra@gmail.com, ²agung_ramadhanu@upiypk.ac.id, ³syafri_arlis@upiypk.ac.id

Email Penulis Korespondensi: kharismautamaputra@email.com

Abstrak—Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi, di Indonesia, dengan berbagai varietas seperti Arabika, Robusta, dan Liberika. Perbedaan varietas kopi umumnya dapat diidentifikasi melalui karakteristik fisik biji, terutama warna dan tekstur. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem identifikasi varietas kopi berbasis citra digital menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan analisis warna dan tekstur sebagai fitur utama. Tahapan penelitian meliputi akuisisi citra biji kopi, pra-pemrosesan yang mencakup segmentasi warna dan konversi citra ke grayscale, serta ekstraksi fitur warna dan tekstur. Dataset penelitian ini berasal dari citra biji kopi yang belum di *roasting* atau biasa disebut *green beans* yang diambil menggunakan kamera smartphone dengan resolusi tinggi dan juga menggunakan data sekunder yang diambil dari situs kaggle. Kedua jenis dataset ini memiliki karakteristik dan resolusi yang sama untuk menjaga konsistensi data. Dataset citra dibagi menjadi data latih dan data uji, kemudian digunakan untuk melatih dan menguji model Convolutional Neural Network (CNN). Berdasarkan penelitian ini, metode Convolutional Neural Network (CNN) dapat melakukan identifikasi varietas kopi berdasarkan analisis warna dan tekstur. Dengan menggunakan data latih sebanyak 210 citra dan data uji sebanyak 90 citra biji kopi metode CNN dapat menghasilkan tingkat akurasi sebesar 94,44%. Kontribusi penelitian ini berpotensi menjadi solusi pendukung dalam proses identifikasi varietas kopi secara cepat, akurat, dan konsisten, sehingga dapat membantu industri kopi dalam proses penyortiran dan pengendalian mutu.

Kata Kunci: Kopi; Citra Digital; Analisis Warna; Analisis Tekstur; Convolutional Neural Network

Abstract—Coffee is a plantation commodity with high economic value in Indonesia, with various varieties such as Arabica, Robusta, and Liberica. Differences in coffee varieties can generally be identified through the physical characteristics of the beans, especially color and texture. Based on this, this study aims to develop a digital image-based coffee variety identification system using the Convolutional Neural Network (CNN) method with color and texture analysis as the main features. The research stages include coffee bean image acquisition, pre-processing including color segmentation and image conversion to grayscale, and color and texture feature extraction. This research dataset comes from images of unroasted coffee beans, commonly called green beans, taken using a high-resolution smartphone camera and also using secondary data taken from the Kaggle site. Both types of datasets have the same characteristics and resolution to maintain data consistency. The image dataset is divided into training data and test data, then used to train and test the Convolutional Neural Network (CNN) model. Based on this study, the Convolutional Neural Network (CNN) method can identify coffee varieties based on color and texture analysis. By using 210 training data and 90 test data of coffee bean images, the CNN method can produce an accuracy rate of 94.44%. This research contribution has the potential to be a supporting solution in the process of identifying coffee varieties quickly, accurately, and consistently, so that it can help the coffee industry in the sorting and quality control process.

Keywords: Coffee; Digital Image; Color Analysis; Texture Analysis; Convolutional Neural Network

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan yang banyak diminati di kalangan masyarakat di berbagai negara termasuk Indonesia. Tingginya minat masyarakat terhadap kopi memunculkan banyaknya usaha yang menyediakan produk olahan kopi[1]. Menurut pandangan medis mengkonsumsi kopi terbukti dapat mencegah dan mengurangi risiko beberapa penyakit kronis, antara lain hipertensi, penyakit jantung, aritmia, kanker hati, obesitas, dan diabetes tipe. Kopi mengandung lebih dari 1000 fitokimia, termasuk kafein, asam klorogenat (CGA), alkaloid, fenolik, lakton, diterpen, kafestol, kahweol, niasin, karbohidrat, lemak, vitamin B3, magnesium, dan kalium. Kafein mempunyai manfaat dalam menetralkan efek adenosin, dan meningkatkan kewaspadaan, serta mengurangi kelelahan[2]. Setiap varietas kopi, seperti Arabika, Robusta, dan Liberika, memiliki karakteristik khas baik dari segi rasa, aroma, dan juga kualitas rasanya[3]. Kandungan gas amonia, hidrogen sulfida, dan karbon monoksida pada kopi arabika lebih tinggi dibandingkan kopi robusta[4]. Identifikasi varietas kopi menjadi penting, terutama dalam industri kopi, karena varietas yang berbeda mempengaruhi kualitas dan harga jual kopi. Selain itu, konsumen dan produsen juga semakin tertarik pada kualitas kopi yang spesifik, yang membuat identifikasi varietas menjadi sangat relevan[5].

Metode identifikasi varietas kopi saat ini sebagian besar masih bergantung pada inspeksi manual oleh ahli, yang rentan terhadap subjektivitas, kelelahan, dan inkonsistensi antarpemeriksa[18]. Dalam banyak kasus, akurasi penilaian dapat menurun karena beban kerja. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis yang cepat, akurat, dan lebih objektif dalam mengklasifikasikan varietas kopi berdasarkan karakteristik visual seperti warna dan tekstur[13]. Implementasi dari konsep *Neural Network* atau jaringan saraf yang merupakan turunan dari konsep *deep learning* dapat menyelesaikan kesalahan dalam proses identifikasi varietas biji kopi yang dilakukan secara tradisional[8]. Metode ini mampu mempelajari pola kompleks pada citra biji kopi, seperti variasi warna dan tekstur, yang sulit dikenali secara konsisten oleh pengamatan manusia[15]. Dengan demikian, sistem yang dibangun dapat memberikan hasil identifikasi yang lebih



cepat, akurat, dan objektif dibandingkan metode konvensional[19]. Pada penelitian ini metode yang digunakan dalam pengolahan citra adalah Convolutional Neural Network (CNN) yang sangat populer di kalangan Deep Learning. Convolutional Neural Network (CNN) dapat mengekstrak fitur dari input yang berupa gambar lalu mengubah dimensi gambar tersebut menjadi lebih kecil tanpa merubah karakteristik gambar tersebut[14]. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh yang menjelaskan jika identifikasi biji kopi hanya dilakukan manual mengandalkan visual tentu dapat berakibat kesalahan dalam proses mengidentifikasi jenis biji kopi. Saat ini terdapat banyak sistem yang dapat membantu untuk mengenali jenis kopi[16]. Studi yang juga melakukan klasifikasi varietas biji kopi dengan memanfaatkan citra digital[6]. Penelitian lainnya yang melakukan analisis warna dan tekstur untuk melakukan klasifikasi varietas biji kopi arabika, robusta dan liberika[17].

Berbagai penelitian telah memanfaatkan Convolutional Neural Network (CNN) untuk klasifikasi biji kopi maupun produk pertanian serupa. Riwayat penelitian terdahulu, klasifikasi citra untuk menentukan roasting biji kopi menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan model arsitektur VGG-16 menghasilkan akurasi yang cukup tinggi. Pembuktian dengan menunjukkan hasil akurasi rata-rata sebesar 70.3%[11]. Pada penelitian lainnya, Metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan model Inception V3 berhasil melakukan identifikasi citra buah kopi kuning dengan tiga kelas yaitu mentah, setengah matang dan matang. Hasil dari kinerja Convolutional Neural Network (CNN) dengan model Inception V3 dilakukan pengujian dengan citra uji sebanyak 147 citra buah kopi kuning dan menghasilkan akurasi sebesar 92.00% pada metode CNN Inception V3[9]. Metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan model VGG16 dan MobileNetV2 juga dapat melakukan klasifikasi citra biji kopi dengan menggunakan transfer learning dengan tingkat akurasi sebesar 96%. Tingkat akurasi yang meningkat jika dibandingkan dengan model CNN biasa mengindikasikan bahwa penggunaan transfer learning memberikan efek yang baik pada tingkat akurasi yang didapatkan[7][20]. Pada penelitian lain metode Convolutional Neural Network (CNN) diimplementasikan untuk klasifikasi citra batik tanah liat Sumatera Barat menggunakan library keras dan tensorflow dengan bahasa pemrograman python. Pada hasil pelatihan data train didapat akurasi sebesar 98.75%[10]. Pada studi yang lain, metode Convolutional Neural Network (CNN) dapat melakukan deteksi hama pada daun apel. Penelitian ini menyebutkan bahwa pengaruh akurasi pada model convolutional neural network yang dibangun dapat di pengaruhi oleh proses augmentasi data, jumlah epochs, serta ukuran citra. Kombinasi parameter yang tepat dapat menghasilkan nilai akurasi yang tinggi pada model yang di bangun, akurasi tertinggi pada penelitian ini adalah 99.66% dengan parameter epoch 60, ukuran citra 256x256 serta penerapan teknik augmentasi data horizontal flip, vertical flip & random rotation. Dengan demikian model mampu ini dapat mendeteksi hama pada daun apel dengan cepat dan akurat[12].

Berdasarkan tinjauan pustaka, dapat disimpulkan bahwa meskipun CNN telah banyak digunakan untuk klasifikasi biji kopi, mayoritas studi hanya menekankan pada aspek bentuk atau cacat biji. Integrasi fitur warna dan tekstur untuk identifikasi varietas secara spesifik masih jarang dilakukan, padahal kedua karakteristik tersebut sangat berpengaruh terhadap diferensiasi varietas kopi. Selain itu, sebagian besar penelitian menggunakan dataset terbatas dan belum mengoptimalkan metode augmentasi data untuk meningkatkan generalisasi model. Dengan demikian, terdapat peluang untuk mengembangkan pendekatan baru yang menggabungkan analisis warna dan tekstur dengan CNN dalam klasifikasi varietas kopi untuk menghasilkan model yang lebih akurat.

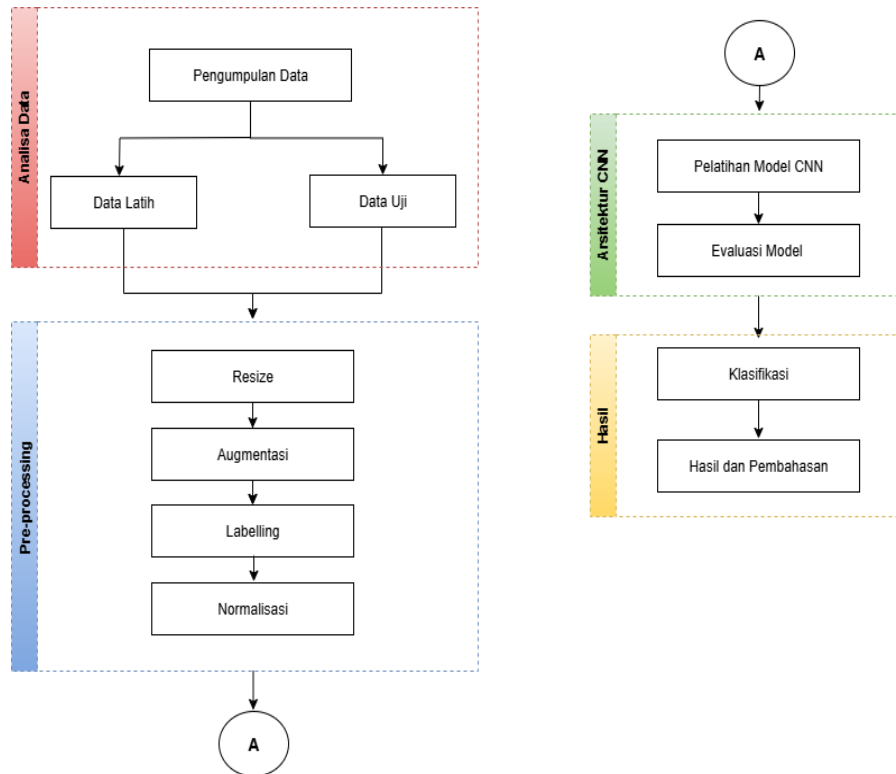
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem identifikasi varietas kopi berbasis Convolutional Neural Network (CNN) dengan memanfaatkan fitur warna dan tekstur dari citra biji kopi. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan akurasi tinggi dalam klasifikasi, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap metode manual. Kontribusi utama penelitian ini agar dapat merancang model Convolutional Neural Network (CNN) yang teroptimasi untuk mengenali ciri khas warna dan tekstur varietas kopi dengan menyediakan dataset terstruktur untuk pengujian model, dan memberikan solusi yang praktis serta dapat diintegrasikan pada industri kopi untuk mendukung proses grading dan standarisasi mutu.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat kuantitatif menggunakan pendekatan eksperimen, yang bertujuan untuk mengidentifikasi varietas kopi berdasarkan karakteristik visual (warna dan tekstur) menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Penelitian ini melibatkan pengumpulan citra biji kopi dari berbagai varietas, pengolahan citra, ekstraksi fitur, pelatihan model CNN, dan evaluasi performa model.

Kerangka penelitian merupakan susunan terstruktur yang merinci urutan alur kerja secara menyeluruh dan konsisten dalam penelitian ini, untuk memastikan setiap tahap terlaksana secara sistematis. Alur kerja penelitian mencakup serangkaian langkah-langkah yang diatur secara metodologis dan berfungsi untuk menggambarkan serta mengarahkan seluruh proses penting yang dapat mempengaruhi hasil penelitian. Dengan mengikuti alur kerja yang tertata, penelitian diharapkan mencapai kejelasan dalam proses dan ketelitian pada hasil akhir, memberikan pemahaman mendalam tentang tahapan yang dijalankan. Kerangka kerja yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

2.2 Data dan Sumber

Dataset yang digunakan dalam bentuk citra biji kopi yang belum melalui tahapan roasting atau yang biasa disebut green beans. Dataset terdiri dari data primer yang diambil menggunakan kamera smartphone dengan resolusi kamera 13MP dan data sekunder yang didapat dari situs kaggle. Kedua jenis data diambil dengan pencahayaan yang mirip kemudian dikonversi menjadi ukuran 224x224 piksel untuk menjaga kesamaan karakteristik dan konsistensi data. Citra biji kopi yang digunakan berasal dari 3 varietas (arabika, robusta, liberika) yang dibagi menjadi data latih dan data uji. Tujuan dari pembagian dataset, agar proses pelatihan model Convolutional Neural Network (CNN) bisa dilakukan secara objektif dan generalisasi model dapat diuji. Setiap varietas diambil minimal 100 citra untuk kebutuhan pelatihan dan pengujian yang dibagi menjadi 70% sebagai data latih atau sebanyak 210 citra biji kopi dan 30% sebagai data uji atau sebanyak 90 citra biji kopi. Contoh dataset terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dataset

Arabika	Robusta	Liberika
		

2.3 Pra-proses

Citra biji kopi sebagai dataset yang telah diambil harus melalui tahapan pra-proses sebelum digunakan sebagai data latih dan data uji. Proses pra-pemrosesan ini penting agar model Convolutional Neural Network dapat mengenali fitur-fitur penting secara optimal dan meminimalkan gangguan dari informasi yang tidak relevan.

Pada tahap pra-proses, citra biji kopi disesuaikan dari piksel awal menjadi ukuran 224x224 piksel. Penyesuaian ukuran ini bertujuan untuk menyeragamkan dimensi seluruh citra sehingga sesuai dengan kebutuhan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN). Dengan ukuran yang konsisten, proses ekstraksi fitur menjadi lebih efisien dan risiko kehilangan informasi penting dapat diminimalkan.

Proses augmentasi data digunakan untuk memperbanyak variasi data pelatihan dengan cara memodifikasi citra asli tanpa mengubah informasi penting yang dibutuhkan untuk klasifikasi. Proses augmentasi dilakukan dalam bentuk rotasi, flipping, dan zooming. Pada penelitian ini proses augmentasi berperan penting untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model Convolutional Neural Network (CNN) serta mencegah overfitting. Augmentasi menggunakan `imageDataAugmenter` untuk menentukan jenis augmentasi yang diinginkan. Memberikan rotasi acak pada gambar antara

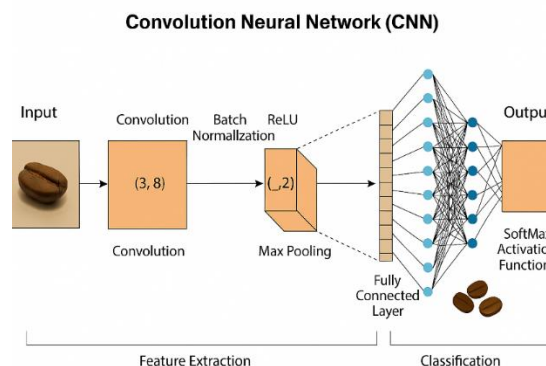
-10° sampai +10° setiap kali gambar diambil dan menggeser gambar secara acak ke arah horizontal (sumbu X dan Y) sejauh -5 piksel sampai +5 piksel serta mengaktifkan pembalikan horizontal (flip) secara acak.

Proses Labelling merupakan tahap pemberian label atau penandaan kelas pada setiap citra biji kopi yang digunakan dalam dataset. Pada penelitian ini, label berfungsi sebagai target atau keluaran yang ingin dipelajari oleh model Convolutional Neural Network (CNN) selama proses pelatihan. Setiap citra biji kopi terlebih dahulu diidentifikasi varietasnya berdasarkan sumber data atau hasil verifikasi manual. Kelas yang digunakan meliputi 3 varietas yaitu: Arabika, Robusta dan Liberika. Pada proses labelling terdapat perintah yang berfungsi untuk membuat sebuah ImageDatastore bernama imds yang memuat semua gambar dari path folder, mencari gambar juga di dalam subfolder-subfolder lalu memberi label gambar otomatis diambil dari nama-nama folder tempat gambar berada. Model hanya memuat file dengan ekstensi .jpg atau .png.

Normalisasi merupakan tahap penyesuaian nilai piksel citra agar berada pada rentang tertentu, umumnya 0 sampai 1, sebelum digunakan sebagai masukan (input) pada model Convolutional Neural Network (CNN). Tujuan normalisasi adalah untuk menstandarkan skala data sehingga proses pelatihan menjadi lebih stabil, mempercepat konvergensi, dan meningkatkan akurasi model. Citra biji kopi yang diperoleh dari kamera atau sumber digital biasanya memiliki nilai piksel dalam rentang 0–255 untuk setiap kanal warna RGB. Normalisasi dilakukan dengan membagi setiap nilai piksel dengan 255, sehingga nilai piksel yang awalnya berada pada rentang 0–255 akan menjadi 0–1.

2.4 Arsitektur Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan metode dengan algoritma pengenalan yang efisien dan banyak digunakan untuk pengenalan pola dan pengolahan citra. Struktur jaringannya lebih mirip dengan jaringan saraf biologis. Ini dapat mengurangi kompleksitas model jaringan dan jumlah bobot. Input dan output dari setiap tahap biasanya terdiri dari beberapa array yang disebut feature map. Setiap tahap terdiri dari tiga layer yaitu konvolusi, fungsi aktivasi layer dan pooling layer. Gambar 2 merupakan jaringan arsitektur Convolutional Neural Network yang digunakan.



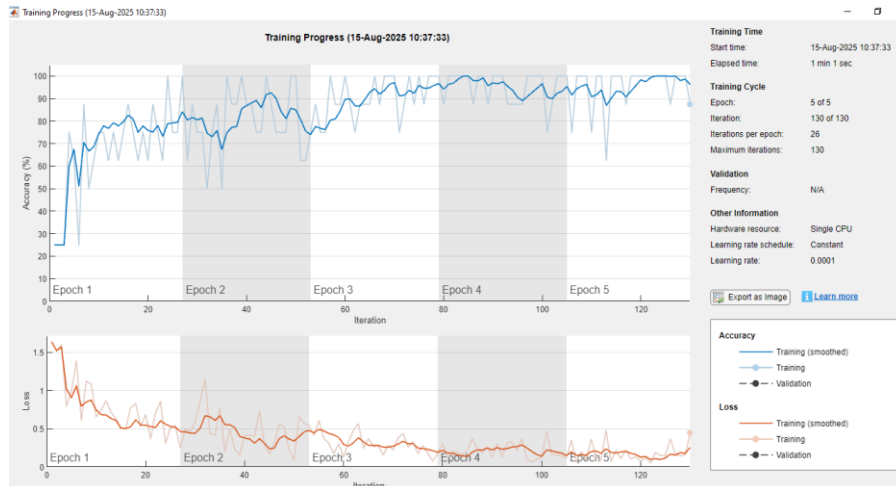
Gambar 2. Arsitektur Convolutional Neural Network

Gambar 2 merupakan arsitektur dari Convolutional Neural Network (CNN) untuk klasifikasi biji kopi. CNN terbagi menjadi dua tahap besar: Feature Extraction (ekstraksi ciri) dan Classification (klasifikasi).

- Input Layer, citra masukan masukan berupa gambar biji kopi berukuran $224 \times 224 \times 3$
- Convolution Layer, menggunakan kernel/filter dengan ukuran (3,8).
- Batch Normalization, menormalisasi data keluaran dari convolution agar stabil, mencegah nilai terlalu besar/kecil.
- ReLU, merupakan fungsi aktivasi non-linear untuk menambahkan kemampuan representasi jaringan
- Max Pooling, Fungsinya mengecilkan dimensi (downsampling), mengurangi beban komputasi
- Fully Connected Layer, layer ini meratakan (flatten) hasil feature map lalu menghubungkannya dengan neuron-neuron dense layer.
- Softmax Activation Function, digunakan pada output layer untuk klasifikasi multi-kelas. Softmax mengubah output menjadi probabilitas dari tiap kelas.
- Output, hasil akhir berupa prediksi kelas citra biji kopi berdasarkan probabilitas tertinggi yang diberikan oleh Softmax.

2.5 Pelatihan dan Evaluasi Model

Pelatihan model merupakan tahap penting dalam sistem klasifikasi citra berbasis Convolutional Neural Network (CNN), dimana model mempelajari pola dan fitur dari data yang telah diproses. Proses pelatihan model Convolutional Neural Network (CNN) menggunakan data latih yang sudah disiapkan sebelumnya. Pelatihan dilakukan dengan metode transfer learning menggunakan bobot awal (pre-trained weights) pada arsitektur CNN yang dipilih. Proses pelatihan melibatkan optimasi parameter seperti learning rate, jumlah epoch, dan batch size agar model mampu mempelajari representasi fitur warna dan tekstur secara efektif. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah Rectified Linear Unit (ReLU) pada lapisan konvolusi dan Softmax pada lapisan keluaran untuk menghasilkan probabilitas kelas. Optimizer yang digunakan adalah Adam karena kemampuannya dalam mempercepat konvergensi, sedangkan fungsi loss yang digunakan adalah categorical cross-entropy, sesuai untuk kasus klasifikasi multikelas. Proses pelatihan model dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Pelatihan Model Convolutional Neural Network

Pada Gambar 3 dapat dilihat proses pelatihan model Convolutional Neural Network (CNN) dilakukan selama 5 epoch dengan total 130 iterasi, di mana setiap epoch terdiri dari 26 iterasi. Berdasarkan grafik Training Progress pada Gambar X, terlihat bahwa akurasi pelatihan mengalami peningkatan signifikan sejak iterasi awal. Nilai loss pelatihan pada awalnya berada di sekitar 1,5 yang mengindikasikan tingkat kesalahan prediksi yang tinggi. Namun, seiring bertambahnya iterasi, nilai loss mengalami penurunan konsisten hingga mencapai kisaran 0,1–0,2 pada akhir pelatihan. Untuk mengukur kinerja model, digunakan beberapa metrik evaluasi sebagai berikut:

- Akurasi, untuk mengukur persentase prediksi yang benar terhadap total dengan rumus seperti berikut:

$$\text{Akurasi} = (\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TP} + \text{FP} + \text{FN} + \text{TN})$$
- Presisi, untuk menunjukkan tingkat ketepatan prediksi positif dan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Presisi} = (\text{TP}) / (\text{TP} + \text{FP})$$
- Recall, untuk mengukur kemampuan model mendeteksi semua sampel positif dengan rumus berikut:

$$\text{Recall} = (\text{TP}) / (\text{TP} + \text{FN})$$
- F1-Score, merupakan rata-rata harmonis antara presisi dan recall dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{F1 Score} = 2 * ((\text{Recall} * \text{Precision}) / (\text{Recall} + \text{Precision}))$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian model Convolutional Neural Network (CNN) yang dikembangkan untuk mengidentifikasi varietas kopi berdasarkan analisis warna dan tekstur. Evaluasi kinerja dilakukan menggunakan dataset uji yang telah disiapkan sebelumnya dengan proporsi 10% dari keseluruhan data. Hasil pengujian mencakup metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, recall, F1-score, serta visualisasi confusion matrix. Selanjutnya, dilakukan analisis mendalam terhadap hasil tersebut untuk mengidentifikasi kelebihan, kekurangan, dan keterkaitannya dengan tujuan penelitian.

3.1 Hasil Pengujian Model

Model Model CNN yang telah dilatih diuji menggunakan 90 citra uji yang mewakili tiga varietas kopi, yaitu Arabika, Robusta, dan Liberika. Setiap kelas memiliki jumlah data uji yang seimbang, yaitu 30 citra per varietas, sehingga proses evaluasi dilakukan secara adil terhadap seluruh kategori. Pengujian ini bertujuan untuk menilai performa model dalam mengenali karakteristik warna dan tekstur pada setiap varietas kopi. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian

No.	Dataset	Kelas Asli	Ekstrkasi Ciri	Hasil Klasifikasi																					
1		Arabika	<table><tr><th></th><th>Fitur</th><th>Nilai</th></tr><tr><td>1</td><td>Metric</td><td>0.8070</td></tr><tr><td>2</td><td>Eccentricity</td><td>0.7582</td></tr><tr><td>3</td><td>Contrast</td><td>0.1682</td></tr><tr><td>4</td><td>Correlation</td><td>0.9244</td></tr><tr><td>5</td><td>Energy</td><td>0.6745</td></tr><tr><td>6</td><td>Homogeneity</td><td>0.9640</td></tr></table>		Fitur	Nilai	1	Metric	0.8070	2	Eccentricity	0.7582	3	Contrast	0.1682	4	Correlation	0.9244	5	Energy	0.6745	6	Homogeneity	0.9640	Nama File Citra sampel 01.png Kelas Keluaran Arabika
			Fitur	Nilai																					
1	Metric	0.8070																							
2	Eccentricity	0.7582																							
3	Contrast	0.1682																							
4	Correlation	0.9244																							
5	Energy	0.6745																							
6	Homogeneity	0.9640																							
2		Arabika	<table><tr><th></th><th>Fitur</th><th>Nilai</th></tr><tr><td>1</td><td>Metric</td><td>0.8336</td></tr><tr><td>2</td><td>Eccentricity</td><td>0.8062</td></tr><tr><td>3</td><td>Contrast</td><td>0.1794</td></tr><tr><td>4</td><td>Correlation</td><td>0.9547</td></tr><tr><td>5</td><td>Energy</td><td>0.6113</td></tr><tr><td>6</td><td>Homogeneity</td><td>0.9649</td></tr></table>		Fitur	Nilai	1	Metric	0.8336	2	Eccentricity	0.8062	3	Contrast	0.1794	4	Correlation	0.9547	5	Energy	0.6113	6	Homogeneity	0.9649	Nama File Citra sampel 21.png Kelas Keluaran Robusta
	Fitur	Nilai																							
1	Metric	0.8336																							
2	Eccentricity	0.8062																							
3	Contrast	0.1794																							
4	Correlation	0.9547																							
5	Energy	0.6113																							
6	Homogeneity	0.9649																							

No.	Dataset	Kelas Asli	Ekstraksi Ciri		Hasil Klasifikasi
3		Robusta		Fitur	Nilai
			1	Metric	0.8028
4		Liberika	2	Eccentricity	0.6344
			3	Contrast	0.1585
			4	Correlation	0.9631
			5	Energy	0.5769
			6	Homogeneity	0.9692
				Fitur	Nilai
			1	Metric	0.6552
			2	Eccentricity	0.6509
			3	Contrast	0.1846
			4	Correlation	0.8636
			5	Energy	0.6113
			6	Homogeneity	0.9685

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil klasifikasi biji kopi yang menampilkan hasil ekstraksi ciri menggunakan Convolutional Neural Network (CNN). Tabel berisi informasi dataset, kelas asli, hasil ekstraksi ciri, serta hasil klasifikasi sistem. Ini membuktikan Sistem berhasil mengekstraksi ciri morfologi (metric, eccentricity) dan tekstur (contrast, correlation, energy, homogeneity) dari citra biji kopi. Berdasarkan fitur tersebut, CNN dapat melakukan klasifikasi dengan akurasi tinggi. Contoh yang ditampilkan menunjukkan hasil klasifikasi sesuai dengan kelas asli (Arabika, Robusta, Liberika), sehingga metode ini terbukti efektif dalam mengidentifikasi varietas kopi. Hasil evaluasi kinerja model ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3. Metrik Evaluasi Model CNN

Kelas	Presisi (%)	Recall (%)	F1 Score (%)
Arabika	95.0	93.0	94.0
Robusta	94.0	95.0	94.5
Liberika	93.0	92.0	92.5
Rata-rata	94.0	93.3	93.7

Pada Tabel 3 menampilkan hasil evaluasi model Convolutional Neural Network (CNN) berdasarkan metrik presisi, recall, dan F1-score untuk setiap varietas kopi. Secara keseluruhan, nilai rata-rata presisi sebesar 94%, recall 93,3%, dan F1-score 93,7% menunjukkan bahwa model memiliki kinerja yang konsisten dan akurat. Meskipun nilai pada kelas Liberika sedikit lebih rendah dibandingkan Arabika dan Robusta, perbedaan tersebut tidak signifikan sehingga model tetap dianggap berhasil dalam mengklasifikasikan ketiga varietas.

3.2 Pembahasan Hasil

Berdasarkan hasil pengujian, model Convolutional Neural Network (CNN) yang dikembangkan mampu menunjukkan bahwa metode ini cukup efektif untuk mengidentifikasi varietas kopi berdasarkan warna dan tekstur. Untuk melihat distribusi prediksi terhadap kelas sebenarnya dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Prediksi Model CNN

Kelas	Pred. Arabika	Pred. Robusta	Pred. Liberika
Arabika	28	1	1
Robusta	1	29	0
Liberika	1	1	28

Dilihat dari hasil prediksi pada Tabel 4 model Convolutional Neural Network (CNN) mencapai akurasi keseluruhan sebesar 94.44%. Nilai presisi dan recall yang relatif tinggi pada semua kelas mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam membedakan varietas kopi, meskipun terdapat sedikit variasi kinerja antar kelas. Namun masih terdapat beberapa kesalahan klasifikasi yang disebabkan oleh kemiripan warna dan pola tekstur antar varietas, terutama pada kondisi pencahayaan tertentu. Secara umum, performa model dengan akurasi di atas 94% masih dapat dikategorikan baik dan memenuhi tujuan penelitian untuk menghasilkan sistem identifikasi otomatis yang akurat. Hasil ini mendukung hipotesis bahwa fitur warna dan tekstur merupakan parameter yang relevan dalam identifikasi varietas kopi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem identifikasi varietas kopi menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan ekstraksi ciri morfologi, tekstur, dan warna dapat disimpulkan bahwa Sistem mampu mengekstraksi ciri citra biji kopi dengan baik melalui fitur metric, eccentricity, contrast, correlation, energy, dan homogeneity yang merepresentasikan bentuk dan tekstur biji kopi. Proses klasifikasi menggunakan CNN menunjukkan kinerja yang cukup



baik. Dari 90 data uji, sistem berhasil mengklasifikasikan dengan benar sebanyak 85 data, sedangkan 5 data lainnya salah klasifikasi. Kesalahan prediksi umumnya terjadi disebabkan oleh kemiripan pola tekstur dan variasi warna biji kopi pada kondisi pencahayaan tertentu, sehingga mempengaruhi representasi fitur dalam proses pelatihan. Selain itu, jumlah data latih yang relatif terbatas untuk menangkap seluruh variasi visual juga menjadi faktor yang memengaruhi hasil prediksi. Tingkat akurasi keseluruhan yang diperoleh adalah 94,44%, yang menunjukkan bahwa metode ini efektif dan handal dalam membedakan varietas kopi Arabika, Robusta, dan Liberika. Keberhasilan ini membuktikan bahwa kombinasi ekstraksi ciri dan CNN dapat digunakan sebagai sistem bantu identifikasi varietas kopi secara otomatis. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan memperluas jumlah dan variasi data pelatihan, termasuk citra dari berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar. Penggunaan teknik augmentasi data yang lebih kompleks, integrasi arsitektur CNN yang lebih mendalam, serta eksplorasi metode hibrid dengan algoritma lain seperti Vision Transformer atau Attention Mechanism juga dapat meningkatkan performa sistem. Dengan pengembangan ini, sistem diharapkan mampu mencapai akurasi yang lebih tinggi dan dapat diimplementasikan secara luas dalam industri kopi maupun aplikasi berbasis teknologi pertanian

REFERENCES

- [1] S. Widiastutie, A. Pradhanawati, and M. Agung Sardjono, "Diplomasi Kopi Indonesia di Kancan Dunia Chusnu Syarifa Diah Kusuma Universitas Negeri Yogyakarta," *Indones. Perspect.*, vol. 7, no. 2, pp. 180–204, 2022.
- [2] A. M. Mindiroeseno, R. K. Astuti, and P. I. Husada, "HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE (HRQL) DARI KANDUNGAN SENYAWA KOPI: STUDI LITERATURE REVIEW This work is licensed under a Creative Commons Attribution-," vol. 2, no. 4, pp. 404–411, 2024.
- [3] D. Qisthina, Muhammad Fakhri Kurniawan, and Tiana Fitrilia, "Deskripsi Atribut Sensori Tiga Jenis Kopi (Arabika, Robusta, dan Liberika) Asal Indonesia dan Hasil Cupping Score," *Karimah Tauhid*, vol. 3, no. 8, pp. 9031–9042, 2024, doi: 10.30997/karimahtauhid.v3i8.14611.
- [4] P. A. Maharani *et al.*, "IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM," vol. 8, no. 3, pp. 3030–3037, 2024.
- [5] R. Zacharie and S. Denny, "Analisis Daya Saing Biji Kopi Indonesia di Pasar Internasional," *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 6, no. 4, pp. 690–696, 2024, doi: 10.37034/infekon.v6i4.907.
- [6] G. A. Pratama, E. Y. Puspaningrum, and H. Maulana, "Convolutional Neural Network Dan Faster Region Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Kualitas Biji Kopi Arabika," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 2776–2785, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4887.
- [7] M. Murinto, M. Rosyda, and M. Melany, "Klasifikasi Jenis Biji Kopi Menggunakan Convolutional Neural Network dan Transfer Learning pada Model VGG16 dan MobileNetV2," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, p. 183, 2023, doi: 10.30595/jrst.v7i2.16788.
- [8] M. T. Hidayat, P. E. P. Utomo, and B. F. Hutabarat, "Implementation of a CNN-trained model for coffee type detection in an Android app with photo input of beans, fruits, and leaves," *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 15, no. 1, pp. 42–52, 2024, doi: 10.31849/digitalzone.v15i1.19563.
- [9] U. UNGKAWA and G. AL HAKIM, "Klasifikasi Warna pada Kematangan Buah Kopi Kuning menggunakan Metode CNN Inception V3," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 11, no. 3, p. 731, 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11i3.731.
- [10] K. Azmi and S. Defit, "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Batik Tanah Liat Sumatera Barat," vol. 16, no. 1, pp. 2580–2582, 2023.
- [11] A. F. S. F., A. A. Kurniawan, and A. D. Hartanto, "Implementasi Metode CNN dan Deep Learning untuk Menentukan Tingkat Roasting Biji Kopi," vol. 4, no. 2, pp. 48–54, 2022.
- [12] D. Husen, K. Kusrini, and K. Kusnawi, "Deteksi Hama Pada Daun Apel Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 4, p. 2103, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i4.4667.
- [13] S. Dewi, F. Ramadhani, and S. Djasmayena, "Klasifikasi Jenis Jerawat Berdasarkan Gambar Menggunakan Algoritma CNN (Convolutional Neural Network)," vol. 3, no. 2, pp. 68–73, 2024.
- [14] H. M. Zangana, A. K. Mohammed, and F. M. Mustafa, "Advancements and Applications of Convolutional Neural Networks in Image Analysis: A Comprehensive Review," vol. 3, no. 1, pp. 16–29, 2024. <https://doi.org/10.58602/jics.v3i1.30>
- [15] D.A. Prastita, A. Setiawan, and I.F. Ashari, "Analisis Perbandingan Metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk Deteksi Warna pada Objek," vol. 5, no. 4, pp. 821–830, 2025.
- [16] ChiHsia, C.H., Lee, Y. H., and Lai, C. F., "An Explainable and Lightweight Deep Convolutional Neural Network for Quality Detection of Green Coffee Beans," vol. 12, no. 12, 2022.
- [17] P. Wang, H.Tseng, T.Chen et al., "Deep Convolutional Neural Network for Coffee Bean Inspection," vol. 33, no. 7, pp. 2299–2310, 2021, doi: 10.18494/SAM.2021.3277
- [18] C. Chan Enriquez, J. Marcelo, D. Rae Verula et al., "Leveraging deep learning for coffee bean grading: A comparative analysis of convolutional neural network models," vol. 11, no. 1, pp. 1–6, 2024.
- [19] B. Jayakumari, A. Mambilamthoda, S. Stephen et al., "Coffee bean graded based on deep net models," vol. 14, p. 3084–3093, 2024, doi: 10.11591/ijece.v14i3.pp3084-3093
- [20] I. Agus, K. Hidjah, and N. Sulistianingsih, "Implementasi Arsitektur Deep Convolutional Neural Network (CNN) dengan Transfer Learning untuk Klasifikasi Penyakit Kulit," *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 7, no. 3, pp. 461–477., 2025, doi: 10.35746/jtim.v7i3.734.