

IMPLEMENTASI *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DALAM KLASIFIKASI JENIS KOPI TEMANGGUNG

Putri Adella Maharani, Mutaqin Akbar

Informatika, Universitas Mercu Buana Yogyakarta
Jl. Jembatan Merah No.84C, Soropadan, Condongcatur, Kec. Depok,
Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283, Indonesia
putri.adella.maharanii@gmail.com

ABSTRAK

Biji kopi memiliki karakteristik yang berbeda setiap jenisnya. Oleh karena itu pengetahuan mengenai jenis kopi tentunya sangat diperlukan. Namun tidak semua petani ataupun pemilik kedai kopi mempunyai kemampuan untuk mengenali hanya dengan melihat secara kasat mata. Selain itu jika identifikasi 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, salah satunya dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui hasil serta akurasi yang diperoleh dalam klasifikasi citra tiga jenis biji kopi Temanggung dengan menggunakan *Convolutional Neural Network*. Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari akuisisi, *pre-processing*, dataset citra kopi, dan tahap klasifikasi menggunakan CNN. Akurasi pelatihan tertinggi yang diperoleh dalam implementasi CNN ini adalah 99.26% dengan citra input berukuran 50x50x3. Pada penelitian ini juga ditemukan bahwa peningkatan ukuran citra input tidak berdampak terhadap peningkatan akurasi pelatihan dalam mengklasifikasikan jenis biji kopi Temanggung menggunakan CNN.

Kata kunci : Klasifikasi, CNN, Kopi Temanggung

1. PENDAHULUAN

Kopi berasal dari pohon yang termasuk dalam kelompok tanaman kopi yang memiliki ciri-ciri layaknya pohon cemara namun batang dengan daun berukuran kecil serta ditanam KHUSUS agar menghasilkan biji kopi [1]. Kopi bermula dari kata “*qahwah*” dalam Bahasa Arab yang mempunyai arti kekuatan karena pada mulanya kopi digunakan sebagai makanan yang memiliki energi tinggi. Kemudian kata *qahwah* mengalami berubah menjadi “*kahve*” dalam Bahasa Turki, lalu berubah menjadi “*koffie*” dalam Bahasa Belanda yang selanjutnya diserap kedalam Bahasa Indonesia dengan sebutan “kopi” yang kita kenal [2]. Kopi memiliki nama ilmiah *Coffea sp* yang memiliki empat bagian yaitu *exocarp* (bagian kulit luar), *mesocarp* (daging buah), *parchment* (kulit tanduk), dan *endosperm* (biji) [3].

Biji kopi dapat dikelompokkan menurut jenisnya berdasarkan karakteristik yang dimiliki biji kopi tersebut, penggolongan jenis kopi sangatlah mempengaruhi cita rasa serta aroma kopi saat akan diproses lebih lanjut[4]. Pengetahuan mengenai jenis biji kopi tentunya sangat diperlukan. Namun tidak semua petani ataupun pemilik kedai kopi mempunyai kemampuan untuk mengenali hanya dengan melihat secara kasat mata.

Hal ini dibuktikan dalam penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dan Sebatubun dengan judul “Klasifikasi Varietas Kopi Berdasarkan *Green Bean Coffee* Menggunakan Metode *Machine Learning*” menguraikan bahwa setiap jenis kopi mempunyai harga bervariasi tergantung varietasnya. Namun tidak sedikit petani dan pemilik *coffeshop* tidak dapat mengenali varietas kopi hanya dengan melihat biji

kopi hijau sehingga menyebabkan kesalahan dalam mengidentifikasi jenis kopi [5]. Menurut Hafifah et al, dalam penelitian berjudul “Perbandingan Kinerja *Deep Learning* Dalam Pendeteksian Kerusakan Biji Kopi” menjelaskan jika seleksi biji kopi dilakukan hanya melalui visual dapat mengakibatkan kesalahan dengan beberapa alasan, diantaranya seperti kurangnya pencahayaan serta kondisi kesehatan mata yang dimiliki setiap orang itu berbeda[6]. Oleh karena itu diperlukan sistem yang mampu menganalisis jenis biji dengan akurat.

Pada masa kini sistem pengolahan citra memiliki manfaat yang sangat besar. Banyak teknik yang dapat dikembangkan, salah satunya ialah klasifikasi citra. Klasifikasi citra ini terus dikembangkan dengan tujuan agar mesin atau komputer mampu meniru kemampuan manusia dalam mengelompokkan atau membedakan sesuatu melalui citra digital berdasarkan informasi yang terdapat pada citra tersebut [7]. Penggunaan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk melakukan klasifikasi citra pernah dilakukan dengan membuat fitur dari suatu citra kemudian memasukkan fitur tersebut kedalamnya [8]. Kelebihan yang dimiliki oleh SVM adalah dapat meminimalkan resiko *overfitting* serta cocok untuk dataset yang mempunyai *size* relatif kecil [9]. Namun karena algoritma SVM ini bekerja dengan menemukan *hyperlane* terbaik serta membaginya kedalam dua kelas, algoritma ini dianggap kurang efisien dalam menangani kasus kelas yang kompleks [10]. Penerapan algoritma lainnya yaitu KNN juga dapat dilakukan terhadap citra, dalam penelitian yang berjudul “Penggunaan *K-Nearest Neighbor* (KNN) Untuk Mengklasifikasi Citra Belimbing Berdasarkan Fitur warna” oleh Muhammad

et al, menjelaskan bahwa KNN adalah metode klasifikasi yang berbasis pada nilai (K) tetangga terdekatnya [11]. Kelebihan algoritma KNN adalah mampu menangani data latih yang *noise* serta efektif jika data latihnya besar [12]. Namun perlunya menentukan berbagai jenis parameter pada KNN menjadi sebuah kelemahan pada algoritma tersebut, karena dapat menjadi rumit serta membingungkan dalam mencari parameter yang tepat untuk sistem [13]. Bagian dari sebuah *machine learning* yang paling handal saat ini adalah *deep learning* yang berbasis data [14].

Deep learning sudah banyak digunakan untuk menganalisis suatu data khususnya dalam kasus yang jumlahnya besar serta berhasil dalam memproses gambar, mendeteksi objek, mengenali ucapan, dan lainnya [15]. Saat ini terdapat banyak sistem yang dapat membantu untuk mengenali jenis kopi, salah satunya dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). *ConvNet* atau CNN merupakan jenis *deep neural network* yang secara khusus digunakan untuk pengenalan citra. Keunggulan serta fitur utamanya berada pada proses ekstraksi ciri data secara otomatis. Dengan kata lain, CNN sudah menyertakan ekstraktor ciri kedalam proses pelatihannya, sehingga desain ekstraktor secara manual sudah tidak diperlukan kembali [16].

Dalam penelitian yang berjudul “Identifikasi Mutu Biji Kopi Arabika Berdasarkan Cacat Dengan Teknik *Convolutional Neural Network*” oleh Saputra et al, menggunakan total data 850 gambar kopi yang memenuhi syarat ekspor dan tidak memenuhi. Kemudian disimpulkan bahwa CNN mampu memberikan akurasi sebesar 82,46% pada model klasifikasi dua kelas dan 67,05% pada klasifikasi empat kelas. Serta dengan penambahan lapisan konvolusi pada model empat kelas dengan akurasi yang diperoleh 70,73% [17].

Ungkawa dan Hakim melakukan penelitian berjudul “Klasifikasi Warna Pada Kematangan Buah Kopi Kuning Menggunakan Metode CNN *Inception V3*”. Dalam penelitian tersebut dilakukan penerapan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur *Inception V3* pada citra kopi kuning. Metode tersebut memberikan akurasi sebesar 92.00% dengan menggunakan tiga kelas [18].

Berikutnya Suprihanto et al, dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Kinerja *ResNet-50* Dalam Klasifikasi Penyakit Pada Daun Kopi Robusta” menerapkan CNN dengan arsitektur *ResNet-50* yang berfokus terhadap nilai *accuracy* dan *F1-Score* pada dua kasus yaitu *binary class classification* dan *multiclass classification* menggunakan citra daun kopi robusta yang sehat dan tidak sehat. Dengan hasil performa terbaik adalah pada kasus *binary class* yang memiliki akurasi 92,68% dan *F1-Score* 92,88%. Sedangkan pada *multi-class* performa terbaik memiliki akurasi 88,98% dan *F1-Score* 88,44% [19].

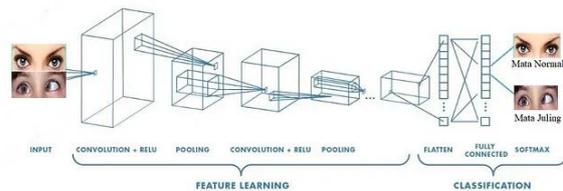
Penelitian berjudul “Rancang Bangun Aplikasi Klasifikasi Tingkat Kematangan Sangrai Kopi Melalui

Citra Digital Menggunakan CNN (*Convolutional Neural Network*) Berbasis Android” oleh Michael et al, menggunakan kombinasi arsitektur CNN *Alexnet*, *LeNet5*, *MiniVGGNet* dengan optimasi fungsi *SGD*, *ADAM*, dan *NADAM* terhadap citra tingkat kematangan sangrai kopi diperoleh akurasi terbaik sebesar 98% dengan menggunakan arsitektur *LeNet5* dan optimasi *ADAM* [20].

Alfiantama et al, dalam penelitian yang berjudul “Klasifikasi Tingkat *Roasting* Biji Kopi Dengan Metode CNN” merancang sebuah sistem untuk mengklasifikasi citra biji kopi berdasarkan tingkat *roasting* menggunakan CNN. Menyimpulkan bahwa CNN mampu menghasilkan hasil yang sangat baik dengan akurasi sebesar 98% terhadap klasifikasi tingkat *roasting* biji kopi [21].

Berdasarkan permasalahan dan latar belakang yang telah diuraikan, maka akan dilakukan penelitian klasifikasi terhadap tiga jenis biji kopi Temanggung yaitu kopi jenis arabika, excelsa dan robusta menggunakan *Convolutional Neural Network*. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui hasil serta akurasi yang diperoleh dalam klasifikasi citra tiga jenis biji kopi Temanggung dengan menggunakan *Convolutional Neural Network*.

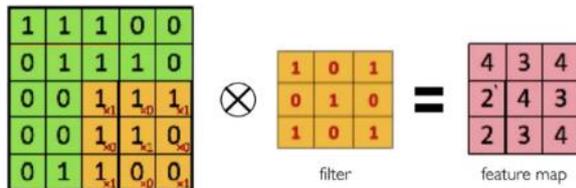
2. TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 1. Contoh arsitektur CNN

CNN pertama kali dicetuskan oleh Yann Lecun pada tahun 1989 dan merupakan algoritma pelatihan terbaik untuk mengenali muatan sebuah citra [22]. CNN merupakan jenis jaringan saraf tiruan yang terdiri atas bermacam bobot dan lapisan seperti lapisan konvolusi, fungsi aktivasi, lapisan *pooling*, lapisan *flatten*, dan lapisan *fully connected* tersembunyi yang dirangkai menjadi arsitektur [23]. Contoh arsitektur beserta lapisan yang ada pada CNN ditunjukkan oleh Gambar 1.

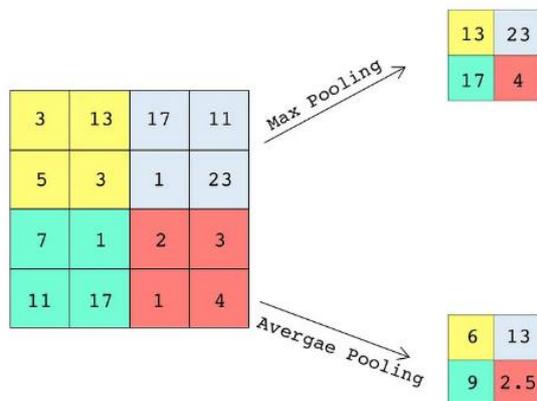
Lapisan konvolusi atau *convolution layer* memiliki peranan penting dalam CNN, karena lapisan tersebut berfungsi sebagai lapisan awal yang memproses citra input pada sistem [24]. Citra tersebut melalui proses konvolusi serta *filtering* untuk menghasilkan fitur ekstraksi dari citra input yang disebut *feature map*. *Filtering* pada lapisan konvolusi biasanya disebut dengan kernel atau filter, yang memiliki ukuran bermacam-macam. Berikut contoh proses konvolusi ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Proses Konvolusi

Nilai akhir dari hasil citra konvolusi ditentukan menggunakan salah satu jenis fungsi aktivasi yaitu ReLU (*Rectified Linear Unit*). Fungsi aktivasi ReLU akan menghasilkan keluaran menjadi nol jika nilai masukannya negatif atau nol, dan jika masukan bernilai positif maka keluarannya pun akan bernilai sama dengan masukannya. Dengan demikian, nilai akhir dari citra baru hasil konvolusi dengan fungsi aktivasi ReLU sama dengan hasil konvolusinya.

Setelah melalui proses konvolusi selanjutnya citra melalui proses *pooling*. *Pooling* digunakan untuk meringankan beban komputasi dengan mengurangi parameter yang perlu diperbaharui serta mencegah terjadinya *overfitting*. *Pooling* memiliki dua jenis yaitu *average pooling* dan *max pooling*. Sebagai contoh, penerapan *max pooling* dengan ukuran filter 2x2 dan *stride* 2, maka nilai maksimum pada setiap area 2x2 piksel yang akan dipilih pada setiap pergeseran filter. Sedangkan *average pooling* nilai yang dipilih adalah nilai rata-rata. Perbedaan proses *max pooling* dan *average pooling* ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Perbedaan proses *max pooling* dan *average pooling*

Berikutnya hasil matriks dari lapisan *pooling* harus diubah menjadi bentuk vektor sebelum dimasukkan kedalam lapisan *fully connected*. Proses ini dikenal dengan proses perataan atau *flatten*.

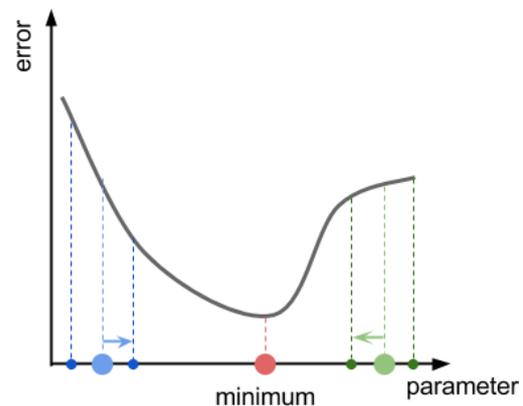
Vektor yang dihasilkan dari proses *flatten* selanjutnya diteruskan ke lapisan *fully connected* untuk dilakukan klasifikasi. *Fully connected* merupakan jenis jaringan dalam *neural network* dimana citra yang sudah diubah menjadi satu dimensi

digunakan sebagai nilai input untuk lapisan input agar dapat melakukan prediksi [25]. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah *softmax*.

Softmax merupakan sebuah fungsi yang digunakan untuk menghitung probabilitas dari setiap kelas pada target untuk semua kelas target yang mungkin terjadi, serta untuk menentukan kelas target dari input yang diberikan. Salah satu keunggulan dari *softmax* adalah mampu untuk menghasilkan output probabilitas yang berada dalam rentang nilai antara 0 hingga 1.

Setelah hasil probabilitas diraih, langkah berikutnya adalah mencari kesalahan (galat) dari prediksi tersebut berdasarkan pada target yang ingin dicapai dengan menggunakan fungsi kesalahan (galat) *cross-entropy*. Semakin kecil nilai galat menunjukkan bahwa prediksi yang dihasilkan semakin meyakinkan (baik)[26].

Dalam pelatihan CNN fungsi galat diminimalisir dengan melakukan pengaturan terhadap parameter. Penyesuaian bobot tergantung pada pengaturan bobot dengan fungsi galat paling minim (penurunan gradien) dan arah perubahan kemiringan selama penurunan gradien. Berikut ilustrasi penurunan garoden ditunjukkan Gambar 4.

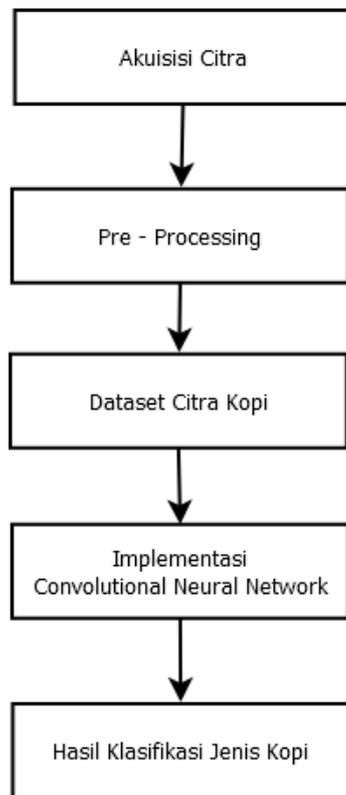


Gambar 4. Penurunan gradien

Pada penelitian ini akan digunakan SGDM (*Gradient Descent with Momentum*). SGDM menggunakan nilai laju pelatihan untuk menentukan seberapa besar pengaruh langkah gradien sebelumnya terhadap iterasi saat ini. SGDM selalu melakukan *update* (pembaharuan) terhadap data yang sedang dilatih[27].

3. METODE PENELITIAN

Klasifikasi yang dilakukan terhadap tiga jenis biji kopi Temanggung menggunakan *Convolutional Neural Network* terdiri dari beberapa tahapan. Berikut merupakan blok diagram alur penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 5 dibawah ini.

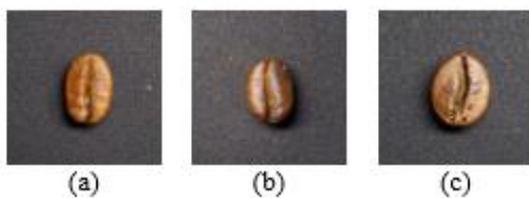


Gambar 5. Blok diagram alur penelitian

3.1. Akuisisi

Pada tahap pertama dilakukan akuisisi terhadap kopi dengan mengambil citra pada tiga jenis biji kopi Temanggung yang memiliki tingkat *roast* natural. Proses pengambilan citra menggunakan warna latar belakang hitam karena memungkinkan objek citra menjadi fokus serta membuat warna dan tekstur objek lebih menonjol.

Pengambilan citra dilakukan menggunakan kamera *smartphone* Samsung A12. Hasil pada proses ini adalah citra dengan ukuran piksel 2992x2992 dan memiliki ukuran berkas 2.5 MB per citra. Contoh citra jenis kopi Temanggung dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Jenis biji kopi (a) arabica (b) excelsa (c) robusta

3.2. Pre-processing

Pre-Processing dilakukan ketika data citra telah terkumpul. Ukuran awal satu citra kopi adalah 2992x2992 piksel dengan ukuran berkas sebesar 2.5 MB maka dilakukan proses berupa *resize* terhadap citra agar proses pelatihan citra tidak memakan waktu yang lama. *Resize* dilakukan menggunakan Adobe Photoshop CS4 dengan hasil *resize* menjadi 500x500

piksel dengan ukuran berkas sebesar 250 KB untuk satu citra.

3.3. Dataset Citra Kopi

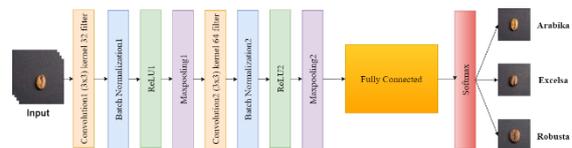
Dataset citra kopi Temanggung terdiri dari tiga jenis biji kopi yaitu arabika, excelsa dan robusta. Total citra yang diperoleh berjumlah 1.350 citra dengan jumlah 450 untuk setiap jenisnya.

Setelah dilakukan *resize*, data kemudian dibagi menjadi dua bagian. Yaitu data latih dan data uji. Data dibagi kedalam rasio 80:20 yaitu 80% data latih dan 20% data uji.

3.4. Arsitektur CNN

Proses implementasi *Convolutional Neural Network* (CNN) terhadap klasifikasi tiga jenis kopi Temanggung dilakukan dengan menggunakan sebanyak 80% dari keseluruhan dataset citra digunakan untuk proses pembelajaran *Convolutional Neural Network* sehingga menghasilkan model yang terlatih. Kemudian model yang telah terlatih digunakan untuk menguji 20% citra dari tiga jenis biji kopi Temanggung.

Pengujian pada penelitian ini menggunakan arsitektur berjumlah 12 layer dan dilakukan terhadap tiga ukuran citra input yang berbeda yaitu 50x50x3, 100x100x3, dan 150x150x3. Arsitektur *Convolutional*



Gambar 7. Arsitektur convolutional neural network

Neural Network ditunjukkan pada Gambar 7.

Arsitektur yang digunakan terdiri dari *input layer*, *convolution 2D layer* dengan ukuran kernel (3x3) serta 32 *filter*, *batch normalization layer*, *activation ReLU layer*, *max pooling layer* dengan ukuran (2x2), *convolution 2D layer* dengan ukuran kernel (3x3) serta 64 *filter*, *batch normalization layer*, *activation ReLU layer*, *max pooling layer* dengan ukuran (2x2), *Fully Connected layer*, *softmax layer*, dan *classification layer*.

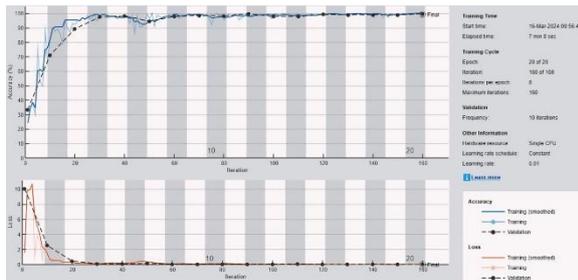
True Class	TP	FP
	FN	TN
	Predicted Class	

Gambar 8. Confusion matrix

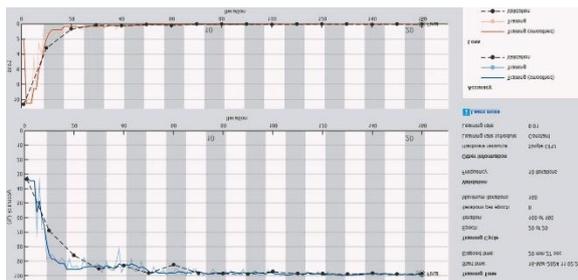
Pada *Convolutional Neural Network* nilai akurasi dari pengujian dapat diukur menggunakan *confusion matrix*. Berikut ditunjukkan pada Gambar 8.

Confusion matrix memiliki fungsi untuk menampilkan hasil evaluasi performa dalam memprediksi kategori atau kelas pada data. Matrix ini terdiri dari empat bagian utama yaitu *True Positive (TP)*, *True Negative (TN)*, *False Positive (FP)*, dan *False Negative (FN)*. Berdasarkan evaluasi performa *confusion matrix*, akurasi dari klasifikasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

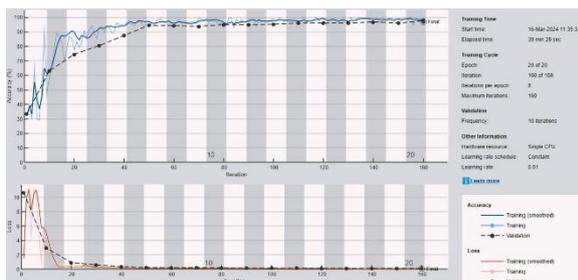
$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$



Gambar 9. Hasil pelatihan dengan citra input 50x50x3, 20 epoch, laju pelatihan 0.01



Gambar 10. Hasil pelatihan dengan citra input 100x100x3, 20 epoch, laju pelatihan 0.01



Gambar 11. Hasil pelatihan dengan citra input 150x150x3, 20 epoch, laju pelatihan 0.01

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai implementasi *Convolutional Neural Network (CNN)* dalam klasifikasi jenis kopi Temanggung ini dilakukan dengan menggunakan *optimizer SGDM*, jumlah *epoch* 20, laju pelatihan 0.01, dan tiga ukuran input citra yang berbeda yaitu 50x50x3, 100x100x3, dan 150x150x3.

Menguji dengan menggunakan tiga ukuran citra input yang berbeda dilakukan untuk menentukan dan mengetahui ukuran resolusi mana yang paling optimal

dalam penelitian ini. Hasil dari proses pelatihan dan pengujian citra jenis kopi Temanggung diperoleh nilai *accuracy* dan *loss* sebagai berikut.

4.1. Hasil Klasifikasi Jenis Kopi Temanggung Menggunakan Citra Input 50x50x3

Klasifikasi dilakukan dengan citra input berukuran 50x50x3 menggunakan model CNN yang diusulkan memperoleh akurasi pelatihan sebesar 99.26% dengan lama waktu yang diperlukan untuk proses klasifikasi adalah 7 menit 8 detik. Akurasi yang diperoleh dari proses klasifikasi ditunjukkan oleh Gambar 9.

Berdasarkan grafik pada Gambar 9 tersebut, akurasi pelatihan diperoleh dari proses pelatihan dan evaluasi model. Dimana proses pelatihan peneliti menggunakan parameter yaitu *optimizer SGDM*, *epoch* 20, laju pelatihan 0.01, kemudian penggunaan aktivasi ReLu serta iterasi yang berjumlah 160 yang diterapkan untuk klasifikasi citra jenis kopi yang berukuran 50x50x3 sehingga menghasilkan akurasi pelatihan sebesar 99.26%. Adapun untuk memahami seberapa baik model yang diusulkan dalam memprediksi kategori atau kelas pada data dapat dilihat dari evaluasi model yaitu pada tabel *confusion matrix* yang ditunjukkan oleh Gambar 12.

True Class	Arabika	89	1	
	Excelsa	1	89	
	Robusta			90
		Arabika	Excelsa	Robusta
		Predicted Class		

Gambar 12. *Confusion matrix* dengan citra input 50x50x3, 20 epoch, laju pelatihan 0.01

Pada Gambar 12, proses klasifikasi data uji yang terbaik ditunjukkan oleh data citra kopi robusta dengan keseluruhan data terklasifikasi tanpa adanya kesalahan. Sedangkan pada citra kopi arabika dan excelsa terdapat masing-masing 1 kesalahan dalam klasifikasi. Yaitu 1 citra kopi excelsa terklasifikasi sebagai citra kopi arabika. Kemudian 1 citra kopi arabika terklasifikasi sebagai citra kopi robusta.

4.2. Hasil Klasifikasi Jenis Kopi Temanggung Menggunakan Citra Input 100x100x3

Klasifikasi dilakukan dengan citra input berukuran 100x100x3 menggunakan model CNN yang diusulkan memperoleh akurasi pelatihan sebesar 98.52% dengan lama waktu yang diperlukan untuk proses klasifikasi adalah 20 menit 27 detik. Akurasi

yang diperoleh dari proses klasifikasi ditunjukkan oleh Gambar 10.

Berdasarkan grafik pada Gambar 10 tersebut, akurasi pelatihan diperoleh dari proses pelatihan dan evaluasi model. Dimana proses pelatihan peneliti menggunakan parameter yaitu *optimizer* SGDM, *epoch* 20, laju pelatihan 0.01, kemudian penggunaan aktivasi ReLu serta iterasi yang berjumlah 160 yang diterapkan untuk klasifikasi citra jenis kopi yang berukuran 100x100x3 sehingga menghasilkan akurasi pelatihan sebesar 98.52%. Adapun untuk memahami seberapa baik model yang diusulkan dalam memprediksi kategori atau kelas pada data dapat dilihat dari evaluasi model yaitu pada tabel *confusion matrix* yang ditunjukkan oleh Gambar 13.

True Class	Arabika	86	3	1
	Excelsa		90	
	Robusta			90
		Arabika	Excelsa	Robusta

Gambar 13. *Confusion matrix* dengan citra input 100x100, 20 *epoch*, laju pelatihan 0.01

Pada Gambar 13, proses klasifikasi data uji yang terbaik ditunjukkan oleh data citra kopi excelsa dan robusta dengan keseluruhan data terklasifikasi tanpa adanya kesalahan. Sedangkan pada citra kopi arabika terdapat 4 kesalahan dalam klasifikasi. Yaitu 3 citra kopi arabika terklasifikasi sebagai citra kopi excelsa dan 1 terklasifikasi sebagai citra kopi robusta.

4.3. Hasil Klasifikasi Jenis Kopi Temanggung Menggunakan Citra Input 150x150x3

Klasifikasi dilakukan dengan citra input berukuran 150x150x3 menggunakan model CNN yang diusulkan memperoleh akurasi sebesar 97.04% dengan lama waktu yang diperlukan untuk proses klasifikasi adalah 39 menit 29 detik. Akurasi yang diperoleh dari proses klasifikasi ditunjukkan oleh Gambar 11.

Berdasarkan grafik pada Gambar 13 tersebut, akurasi pelatihan diperoleh dari proses pelatihan dan evaluasi model. Dimana proses pelatihan peneliti menggunakan parameter yaitu *optimizer* SGDM, *epoch* 20, laju pelatihan 0.01, kemudian penggunaan aktivasi ReLu serta iterasi yang berjumlah 160 yang diterapkan untuk klasifikasi citra jenis kopi yang berukuran 150x150x3 sehingga menghasilkan akurasi pelatihan sebesar 97.04%. Adapun untuk memahami seberapa baik model yang diusulkan dalam

memprediksi kategori atau kelas pada data dapat dilihat dari evaluasi model yaitu pada tabel *confusion matrix* yang ditunjukkan oleh Gambar 14.

True Class	Arabika	88	1	1
	Excelsa	4	85	1
	Robusta		1	89
		Arabika	Excelsa	Robusta

Gambar 14. *Confusion matrix* dengan citra input 150x150x3,20 *epoch*, laju pelatihan 0.01

Pada Gambar 14, proses klasifikasi data uji yang terbaik ditunjukkan oleh data citra kopi robusta dengan total klasifikasi sesuai berjumlah 89 dan 1 yang terklasifikasi salah sebagai citra kopi excelsa. Sedangkan pada citra kopi arabika total klasifikasi sesuai berjumlah 88 dan terdapat 2 kesalahan dalam klasifikasi yaitu 1 terklasifikasi sebagai citra kopi excelsa dan 1 lagi terklasifikasi sebagai citra kopi robusta. Lalu pada citra kopi excelsa total klasifikasi sesuai berjumlah 85 dan terdapat 5 kesalahan dalam klasifikasi yaitu 4 terklasifikasi sebagai kopi arabika dan 1 terklasifikasi sebagai citra kopi robusta.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap implementasi *Convolutional Neural Network* dalam klasifikasi jenis kopi Temanggung, ditemukan bahwa akurasi pelatihan tertinggi yang dicapai adalah 99.26% saat menggunakan citra input berukuran 50x50x3 dengan arsitektur CNN 12 layers, *epoch* 20, laju pelatihan 0.01, dan *optimizer* SGDM. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tiga ukuran citra input yang berbeda yaitu 50x50x3, 100x100x3, 150x150x3 untuk menentukan dan mengetahui ukuran resolusi mana yang paling optimal dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran citra input yang paling optimal digunakan dalam penelitian ini adalah 50x50x3 karena ukuran tersebut memperoleh akurasi paling tinggi dibanding dua ukuran citra input lainnya. Selain itu, peningkatan ukuran citra input yang digunakan pada penelitian ini tidak berdampak terhadap peningkatan akurasi dalam klasifikasi jenis kopi Temanggung menggunakan CNN.

DAFTAR PUSTAKA

[1] 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 Riset Sains dan Teknologi)*, vol. 7, no. 2, p. 183, 2023, doi: 10.30595/jrst.v7i2.16788.
- [2] E. C. Tinambunan, A. F. Syahra, and N. Hasibuan, “Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Minat Milenial Terhadap Boba vs Kopi di Kota Medan,” *Journal of Business and Economics Research (JBE)*, vol. 1, no. 2, pp. 80–86, 2020, doi: 10.47065/jbe.v1i2.191.
- [3] G. A. Arumsari, R. Surya, S. Irmasuryani, and W. Sapitri, “Analisis Proses Roasting pada Kopi,” *Jurnal Beta Kimia*, vol. 1, no. 2, pp. 98–101, 2021, [Online]. Available: <http://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jbkHalaman%7C98>
- [4] H. S. Maharani, I. K. D. Nuryana, and A. L. Belakang, “Role Of Gray Level Co-Occurrence Matrix for Convolution Neural Network Transfer Learning in Coffee Bean Classification,” vol. 05, pp. 1–6, 2023.
- [5] M. A. Nugroho and M. M. Sebatubun, “Klasifikasi Varietas Kopi Berdasarkan Green Bean Coffee Menggunakan Metode Machine Learning,” *Journal of Information System Management (JOISM)*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2020, doi: 10.24076/joism.2020v1i2.24.
- [6] Y. Hafifah, K. Muchtar, A. Ahmadiar, and S. Esabella, “Perbandingan Kinerja Deep Learning Dalam Pendeteksian Kerusakan Biji Kopi,” *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 9, no. 6, p. 1928, 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i6.5151.
- [7] L. Hakim, H. R. Rahmanto, S. P. Kristanto, and D. Yusuf, “Klasifikasi Citra Motif Batik Banyuwangi Menggunakan Convolutional Neural Network,” *Jurnal Teknoinfo*, vol. 17, no. 1, p. 203, 2023, doi: 10.33365/jti.v17i1.2342.
- [8] A. Peryanto, A. Yudhana, and R. U. Umar, “Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network dan K Fold Cross Validation,” *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 4, no. 1, pp. 45–51, 2020, doi: 10.30871/jaic.v4i1.2017.
- [9] A. Dwi Putro and H. Tantyoko, “Hybrid Algoritma Vgg16-Net Dengan Support Vector Machine Untuk Klasifikasi Jenis Buah dan sayuran,” *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 5, no. 2, pp. 56–65, 2023, doi: 10.35746/jtim.v5i2.335.
- [10] R. I. Borman, I. Ahmad, and Y. Rahmanto, “Klasifikasi Citra Tanaman Perdu Liar Berkhasiat Obat Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function,” *Bulletin of Informatics and Data Science*, vol. 1, no. 1, p. 6, 2022, doi: 10.61944/bids.v1i1.3.
- [11] D. I. Muhammad, E. Ermatita, and N. Falih, “Penggunaan K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Mengklasifikasi Citra Belimbing Berdasarkan Fitur Warna,” *Informatik : Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 17, no. 1, p. 9, 2021, doi: 10.52958/iftk.v17i1.2132.
- [12] R. E. Pawening, W. J. Shudiq, and W. Wahyuni, “KLASIFIKASI KUALITAS JERUK LOKAL BERDASARKAN TEKSTUR DAN BENTUK MENGGUNAKAN METODE k-NEAREST NEIGHBOR (k-NN),” *COREAI: Jurnal Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 10–17, 2020, doi: 10.33650/coreai.v1i1.1640.
- [13] S. A. Suryaman, R. Magdalena, and S. Sa'idah, “Klasifikasi Cuaca Menggunakan Metode VGG-16, Principal Component Analysis Dan K-Nearest Neighbor,” *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.54082/jiki.1.
- [14] J. Christian and S. I. Al Idrus, “Introduction to Citrus Fruit Ripens Using the Deep Learning Convolutional Neural Network (CNN) Learning Method,” *Asian Journal of Applied Education (AJAE)*, vol. 2, no. 3, pp. 459–470, 2023, doi: 10.55927/ajae.v2i3.5003.
- [15] A. Fatchurrachman and D. Udjulawa, “Identifikasi Penyakit Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode Convolution Neural Network,” *Jurnal Algoritme*, vol. 3, no. 2, pp. 151–159, 2023, doi: 10.35957/algoritme.v3i2.3384.
- [16] I. Susilawati, S. Supatman, and A. Witanti, “Klasifikasi Citra Virus SARS-COV Menggunakan Deep Learning,” *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, vol. 8, no. 2, pp. 65–70, 2023, doi: 10.30591/jpit.v8i2.4587.
- [17] M. Saputra, K. Kusriani, and M. P. Kurniawan, “Identifikasi Mutu Biji Kopi Arabika Berdasarkan Cacat dengan Teknik Convolutional Neural Network,” *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 10, no. 1, p. 27, 2020, doi: 10.35585/inspir.v10i1.2533.
- [18] U. UNGKAWA and G. AL HAKIM, “Klasifikasi Warna pada Kematangan Buah Kopi Kuning menggunakan Metode CNN Inception V3,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 11, no. 3, p. 731, 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11i3.731.
- [19] S. Suprihanto, I. Awaludin, M. Fadhil, and M. A. Z. Zulfikor, “Analisis Kinerja ResNet-50 dalam Klasifikasi Penyakit pada Daun Kopi Robusta,” *Jurnal Informatika*, vol. 9, no. 2, pp. 116–122, 2022, doi: 10.31294/inf.v9i1.13049.
- [20] E. H. Michael, K. R. Prilianti, and M. Subianto, “Michael, E. H., Prilianti, K. R., & Subianto, M. (2020). Kematangan Sangrai Kopi Melalui Citra Digital Menggunakan CNN (CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK) Berbasis Android,” *Jurnal Ilmiah SAINSBERTEK*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2020, [Online]. Available:

- <http://sainsbertek.machung.ac.id/index.php/sbtek/article/download/79/47>
- [21] I. Alfiantama *et al.*, “Klasifikasi Tingkat Roasting Biji Kopi Dengan Metode CNN,” vol. 3, pp. 285–290, 2024.
- [22] E. Rasywir, R. Sinaga, and Y. Pratama, “Analisis dan Implementasi Diagnosis Penyakit Sawit dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN),” *Paradigma - Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 22, no. 2, pp. 117–123, 2020, doi: 10.31294/p.v22i2.8907.
- [23] S. Frangky Handono, F. Tri Anggraeny, and B. Rahmat, “Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Deteksi Retinopati Diabetik,” *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 669–678, 2020.
- [24] M. A. Hanin, R. Patmasari, R. Y. N. Fuâ, and others, “Sistem Klasifikasi Penyakit Kulit Menggunakan Convolutional Neural Network (cnn),” *eProceedings of Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 273–281, 2021