

KLASIFIKASI BIJI KOPI HASIL *ROASTING* MENGGUNAKAN CITRA DIGITAL BERDASARKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

Achmad Ghulam Falah

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung,

Ghulamfalah@student.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada saat ini banyak penikmat minuman kopi dan juga kedai kopi sehingga saat ini banyak juga *coffee roastery*. Biasanya para *coffee roastery* tersebut melakukan pemilihan biji kopi hasil *roasting* secara manual sehingga membuat hasilnya menjadi kurang konsisten. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukannya sistem untuk mendeteksi atau mengklasifikasi biji kopi tersebut agar dapat dengan mudah melakukan penyeleksian biji kopi hasil *roasting* yang bagus dengan yang buruk sehingga hasilnya menjadi lebih konsisten. Penelitian ini mengidentifikasi berdasarkan warna, bentuk, dan tekstur dari biji kopi tersebut. Sistem ini berbasis citra digital dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah akurasi dan waktu komputasinya dengan hasil tertinggi 99,7% dengan waktu 8.891 detik.

Kata kunci: biji kopi hasil *roasting*, citra digital, *Convolutional Neural Network* (CNN).

Abstract

Currently, the popularity of coffee beverages and coffee shops has led to the growth of numerous coffee roasteries. Typically, these coffee roasteries perform the selection of roasted coffee beans manually, which often results in inconsistent outcomes. Based on this issue, there is a need for a system to detect or classify roasted coffee beans in order to facilitate the selection process between good and defective beans, thereby improving consistency. This study identifies the beans based on their color, shape, and texture. The system is based on digital image processing using the *Convolutional Neural Network* (CNN) method. The parameters used in this research are accuracy and computation time, achieving a highest accuracy of 99.7% with a processing time of 8.891 seconds.

Keywords: roasted coffee beans, digital image, *Convolutional Neural Network* (CNN).

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu penghasil kopi terbesar di dunia [1], saat ini kopi sudah menjadi bagian kebutuhan sehari-hari bagi masyarakat. Hampir berbagai kalangan baik muda atau tua menikmati kopi yang disajikan dalam bentuk minuman. Banyaknya penikmat kopi meningkatkan pembangun kedai kopi (*coffee shop*) serta tempat sangrai kopi (*coffee roastery*) [2]. Untuk

mendapatkan kualitas kopi yang baik, proses *roastery* atau sangrai perlu dilakukan.

Untuk meningkatkan kualitas hasil *roastery* perlu melakukan *leveling* menjadi beberapa bagian seperti *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*[3] akan tetapi untuk melakukan penyeleksian biji kopi hasil *roasting* masih menggunakan metode tradisional atau manual yang hanya mengandalkan mata. Proses penyeleksian yang dilakukan secara tradisional akan berdampak pada kualitas biji kopi

hasil *roasting* menjadi tidak konsisten sehingga para *roastery* tidak bisa menjaga konsistensi kualitas biji kopi hasil *roasting* dan juga memakan waktu yang cukup lama.

Peningkatan kualitas *roasting* dapat dilakukan menggunakan beberapa metode seperti penelitian yang dilakukan oleh Chaisak Klaidaeng, dkk dengan menggunakan metode fuzzy logic untuk menentukan kualitas *roasting* kopi [4]. Hasil dari penelitian yang dilakukan untuk mengidentifikasi kualitas *roasting* memperoleh akurasi yang cukup tinggi dan dapat digunakan sebagai alat bantu deteksi, tetapi ada beberapa kekurangan dari metodenya seperti ketergantungan pada data sehingga hasilnya tidak representatif yang berakibat pada bias dan keterbatasan generalisasi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Lutfi Agung Swarga, dkk menggunakan LDA (*Linear Discriminat Analysis*) mengharuskan memiliki distribusi data secara normal dan merata sehingga tidak cocok apabila menggunakan data yang pemisahannya tidak linear [5]. Salah satu metode yang cukup mudah untuk digunakan dan memiliki akurasi yang cukup baik adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) seperti yang ditulis oleh Ego Oktafanda yang menggunakan CNN sebagai metodenya dalam klasifikasi kualitas bibit kelapa sawit. Dalam penelitiannya hasil akurasi yang didapat sebesar 95% [6]. Keunggulan lain yang dimiliki oleh CNN adalah tidak diperlukannya ekstraksi fitur, karena sudah terintegrasi di dalam CNN [7].

Pada Tugas Akhir ini penulis mengaplikasikan klasifikasi biji kopi hasil *roasting* dengan citra digital berdasarkan metode *Convolutional Neural Network*. CNN bisa untuk mengidentifikasi warna, bentuk, dan tekstur dari objek dengan sangat baik untuk diolah secara digital pada Tugas Akhir ini. Hasil dari Tugas Akhir ini berupa analisis hasil

prediksi dari CNN dengan parameter akurasi dan waktu komputasi.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kopi

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman yang masuk dalam kelompok *famili rubiaceae* dan kopi memiliki beberapa jenis seperti kopi arabika (*coffee arabica*), kopi robusta (*coffee canephora var robusta*), kopi liberika (*coffee liberica*), dan kopi ekselsa (*coffee excelsa*). Indonesia memiliki banyak varietas kopi yang tersebar ke seluruh bagian wilayah Indonesia. Di Indonesia ada dua jenis kopi yang banyak diperjual belikan secara komersial dan memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, yaitu kopi arabika dan kopi robusta. Jenis kopi arabika dengan cita rasa tinggi dan kadar kafein yang rendah serta harga jualnya lebih mahal, sedangkan untuk jenis kopi robusta mengandung banyak kafein dan lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit [8].

Biji kopi hasil *roasting* biasanya memiliki beberapa jenis tingkatan kematangan seperti *light roasts*, *medium roast*, dan *dark roasts* [9].

2.2 Bahasa Python

Python merupakan sebuah bahasa pemrograman yang cukup mudah dipahami oleh pemula karena bahasa Python memiliki kode yang sangat jelas, lengkap, dan mudah untuk dipahami [10].

Python berguna untuk melakukan pengembangan sebuah *software* serta bahasa Python dapat berjalan di berbagai *platform*, seperti Linux, Mac OS, Java Virtual Mechine, Windows, dan sebagainya.

Python pertama kali dipublikasi pada tahun 1991 yang dipublikasi oleh Van Rossum dan awal di publikasi degan versi 0.9.0. Kemudian pada Januari 1994 Phyton sudah mencapai versi 1.0 dan

pada saat ini Python sudah tersebar dengan dua versi 2.x dan 3.x. Pada saat Python di *update* ke versi 3.0 ada beberapa perangkat yang tidak *compatible* sehingga pada saat ini Python tersebar dengan dua jenis versi secara bersamaan yang berguna untuk mengatasi masalah-masalah bagi pengguna yang tidak *compatible* dengan versi 3.0.[11]

Untuk *statement* yang memiliki sifat *flow control*, dia menggunakan *keyword* seperti *if*, *for* dan *while*. Di Python tidak mengenal *switch case* ataupun *case*. *Keyword class* di Python digunakan sebagai mendefinisikan sebuah objek. *Keyword def* juga didefinisikan sebagai sebuah fungsi untuk mendefinisikan sebuah *variable* yang tidak menyebutkan tipe *variable* secara eksplisit dan juga tidak memiliki return *value* yang didefinisikan secara eksplisit [11].

2.3 Citra Digital

Citra digital merupakan sebuah gambar dua dimensi yang dimasukkan ke dalam komputer yang kemudian diubah menjadi nilai digital sebagai pixel (*picture element*). Dalam sebuah komputer ada beberapa jenis format gambar dan yang paling sering ditemui pada umumnya adalah .jpg; .png; .jpeg, dan sebagainya. Objek yang di peroleh dari kamera serta melalui proses kuantisasi dalam sebuah format diskrit maka akan disebut citra digital. Citra merupakan sekumpulan *pixel* yang memiliki koordinat (x,y) dan amplitude $f(x,y)$ [12].

$$f(x,y) \begin{bmatrix} f(0,0) & \dots & f(0,N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ f(M-1,0) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- $f(x,y)$ = Fungsi nilai intensitas pixel
- M = Jumlah baris
- N = Jumlah kolom

2.4 Machine Learning

Machine learning merupakan salah satu dari beberapa bidang yang ada pada ilmu komputer yang berguna untuk merancang sebuah algoritma yang menggunakan sebuah data dari data yang telah ada dimasa lalu. Sehingga *machine learning* adalah sebuah pemrograman komputer yang memanfaatkan data yang ada dari masa lalu untuk pembelajarannya sampai mendapatkan sebuah performa yang optimal untuk mendapatkan sebuah informasi dari sebuah data, jadi *machine learning* adalah sebuah model yang merefleksikan suatu pola-pola dari sebuah data [13].

Dalam garis besar algoritma pada *mechine learning* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *supervised learning*, *unsupervised learning*, dan *reinforment learning*.

1. Supervised Learning

Pada tahap ini algoritma akan dilatih agar dapat memilih fungsi yang dapat menggambarkan sebuah *input* dari *variable X* sehingga algoritma memilih yang terbaik untuk hasilnya [14]. *Suspervised learning* merupakan yang umum untuk digunakan karena lebih mudah untuk dipakai karena cukup mudah serta sederhana untuk dipakai karena data yang dipakai bukanlah data yang *realtime*.

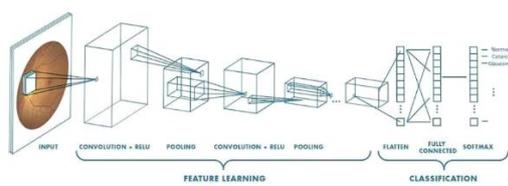
2. Unsupervised Learning

Algoritma ini biasanya tidak membutuhkan sebuah data *training* sehingga tidak perlu melakukan *labeling* pada data yang dimiliki dengan begitu algoritma menjadi lebih bebas dalam memilih pola yang akan dipakainya, akan tetapi karena tidak adanya *lebeling* algoritma menjadi sedikit lama dalam mengelola data [14].

3. Reinforcement Learning

Algoritma ini merupakan perpaduan dari *supervised learning* dengan *unsupervised learning*. Algoritma ini biasanya digunakan dalam data yang cukup besar serta biasanya algoritma *reinforcement learning* hasilnya lebih akurat [14].

2.5 Convolutional Neural Network (CNN)



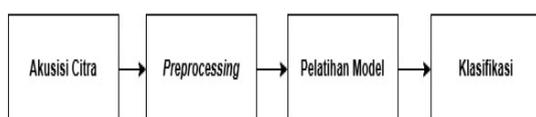
Gambar 2. 6 Arsitektur dari CNN

Convolutional Neural Network (CNN) memiliki 3 arsitektur utama seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.6. *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu dari arsitektur *deep learning* yang biasanya dimanfaatkan untuk klasifikasi citra digital dalam bentuk konvolusi dua dimensi dengan ReLU (*Rectified Linear Units*). Pemrosesan data pada CNN berbentuk *grid* dengan cara kerja mengekstrak ciri khusus pada gambar di bagian konvolusi agar bisa mengenali bentuk dan tekstur pada benda yang kompleks [15].

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

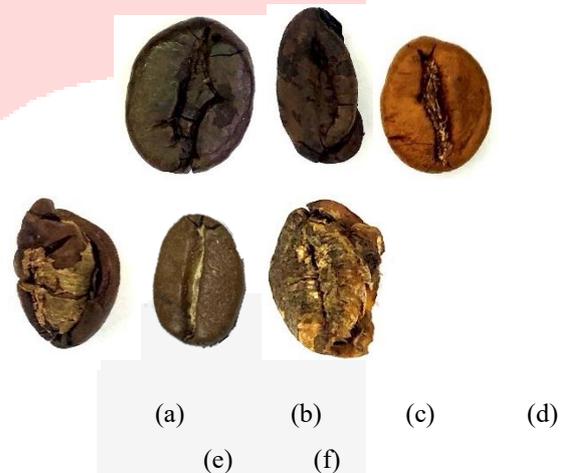
Sistem dirancang untuk mengklasifikasikan biji kopi hasil *roasting* yang dibagi menjadi 6 kelas, yaitu *dark* bagus, *dark* buruk, *light* bagus, *light* buruk, *medium* bagus, dan *medium* buruk. Sistem ini menggunakan metode *Convolutional Neuron Network* (CNN) dengan ilustrasi diagram blok seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok di Gambar 3.1 proses awal adalah memasukkan citra biji kopi hasil *roasting* ke dataset, selanjutnya citra akan masuk ke *preprocessing* dengan mengubah ukuran citra, kemudian citra yang sudah memasuki *preprocessing* akan dilakukan pelatihan model, dan telah menghasilkan prediksi citra sehingga bisa mengklasifikasikan jenis citra biji kopi hasil *roasting*.

3.1.1 Akusisi Citra



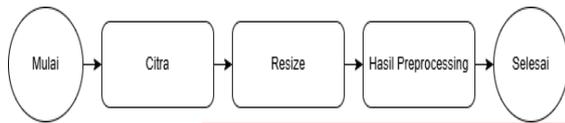
Gambar 3. 2 (a) *Dark* Bagus, (b) *Dark* Buruk, (c) *Light* Bagus, (d) *Light* Buruk, (e) *Medium* Bagus, dan (f) *medium* Buruk

Melakukan akusisi citra merupakan langkah pertama yang harus dilakukan agar dapat memperoleh data citra dan seperti pada Gambar 3.2 di atas adalah beberapa contoh dari citra biji kopi hasil *roasting*. Pada saat melakukan pengambilan gambar pada objek (biji kopi hasil *roasting*) penulis menggunakan kamera dengan resolusi kamera sebesar 12 MP dengan jarak pengambilan gambar sejauh ± 10 cm dengan sudut pengambilan gambar 90° dari objek yang akan diambil dan beberapa dataset juga diambil dari kaggle.com.

3.1.2 Preprocessing Citra

Tahapan ini merupakan tahapan untuk mengolah citra yang telah didapat dengan

meningkatkan kualitas citranya sebelum memasuki tahap pelatihan. Pada tahap ini citra akan diubah ukuran menjadi sama rata dan dilakukan normalisasi supaya proses klasifikasi menjadi lebih mudah. apabila diilustrasikan dalam diagram blok seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Blok Preprocessing

3.1.3 Pelatihan Model

Tahap selanjutnya setelah *preprocessing* adalah pelatihan model yang bertujuan agar sistem dapat mengklasifikasikan model sesuai dengan kelas yang sudah tersedia. Dengan data citra pada data latih sebanyak 185 di setiap kelasnya dan pada data uji sebanyak 55 citra di setiap kelasnya.

3.1.4 Klasifikasi

Tahap klasifikasi adalah tahap di mana model citra yang telah dilakukan pelatihan model akan di masukan ke dalam kelas-kelas yang sudah tersedia sesuai dengan jenis citranya. Klasifikasi pada penelitian Tugas Akhir ini ada 6 kelas yang terdiri dari *dark* bagus, *dark* buruk, *light* bagus, *light* buruk, *medium* bagus, dan *medium* buruk.

3.2 Performa Sistem

Setelah melakukan data pengujian dan juga data latih maka, akan dilakukan evaluasi sistem yang berguna untuk mengetahui apakah sistem berjalan dengan baik atau tidak. Untuk mengetahui sistem berjalan dengan baik maka diperlukan beberapa parameter, yaitu tingkat akurasi dan waktu komputasi.

1. Akurasi

Akurasi merupakan ketepatan sistem dalam mengenali data yang di masukan pada saat

melakukan pengujian sehingga *output* dari sistem benar.

$$A = \frac{Nc}{Nt} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

A= Akurasi

Nc= Jumlah data yang benar

Nt= Jumlah keseluruhan data

2. Waktu Komputasi

Waktu komputasi merupakan waktu yang dibutuhkan sistem untuk menyelesaikan proses data.

$$Tc = Tf - Ts \quad (3.2)$$

Keterangan:

Tc= Waktu komputasi

Tf= Waktu selesai

Ts= Waktu mulai

3. Loss

Loss merupakan hasil prediksi sebuah model dari citra aslinya, semakin kecil hasilnya maka prediksinya semakin mendekati aslinya.

$$loss = - \sum_{i=1}^c y_i \log(y'_i) \quad (3.3)$$

Keterangan:

C= jumlah kelas

Y_i= 1 jika citra termaksud kelas, 0 jika tidak

Y'_i= Probabilitas prediksi

4. Pengujian Dan Analisis

4.1 Spesifikasi

Dalam perancangan klasifikasi biji kopi hasil *roasting* ini diperlukan beberapa alat bantu yang berupa perangkat keras (*hardware*) dan juga

perangkat lunak (*software*) dalam proses ini merupakan spesifikasi dari alat-alat bantu tersebut.

4.1.1 Perangkat Keras

Perangkat yang digunakan ada 2 buah yang berupa laptop dan *handphone* dengan spesifikasi sebagai berikut.

1. Laptop

- a. Model : HP Laptop 14s-dk1005AU
- b. Processor : AMD Ryzen 3 3250U 2,6 GHz
- c. Memori : 12288 MB

2. Handphone

- a. Model : Iphone X
- b. Kamera : 12 MP

4.1.2 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan klasifikasi biji kopi hasil *roasting* ini sebagai berikut.

- 1. Sistem Operasi : Windows 11 home single leagueage 64-bit
- 2. Tools Program : Visual Studio Code

4.2 Skenario Pengujian

Data yang diuji coba adalah data citra digital yang didapat dari biji kopi hasil *roasting* yang berjenis kopi robusta dengan 3 tingkat kematangan, yaitu *dark roast*, *medium roast*, dan *light roast*. Kemudian diklasifikasi menjadi 6 kelas yang terdiri dari *dark* bagus, *dark* buruk, *medium* bagus, *medium* buruk, *light* bagus, dan *light* buruk. Setiap kelasnya terdapat 185 biji kopi hasil *roasting* yang diambil menggunakan kamera *handphone* pada *background* berwarna putih serta diterangi dengan *ring light* berwarna putih. Gambar diambil di dalam ruangan dengan jarak kamera dengan objek sejauh 10 cm. Format gambar yang dipakai adalah .JPG dan .PNG.

Data yang dipakai pada penelitian ini adalah *input* citra digital dari biji kopi hasil *roasting*

yang dibagi menjadi 6 kelas, seperti yang ada di Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Klasifikasi dan Jumlah Citra

No	Klasifikasi	Data Latih	Data Uji
1	<i>Dark</i> bagus	185	55
2	<i>Dark</i> buruk	185	55
3	<i>Medium</i> bagus	185	55
4	<i>Medium</i> buruk	185	55
5	<i>Light</i> bagus	185	55
6	<i>Light</i> buruk	185	55

4.3 Pengujian Sistem

Untuk melakukan pengujian pada sistem ini maka dilakukanlah uji coba performa dengan beberapa tahapan yang dilakukan di antaranya:

- 1. Melakukan pengambilan gambar untuk citra digital dari biji kopi robusta hasil *roasting* yang terdiri dari biji kopi *light* bagus, *light* buruk, *medium* bagus, *medium* buruk, *dark* bagus, dan *dark* buruk. Pengambilan gambar menggunakan kamera yang ada di *handphone* data yang diambil adalah 185 biji kopi di setiap kelasnya pada data latih dan pada data uji adalah 55 biji kopi di setiap kelasnya. Setelah pengambilan gambar dilakukanlah pengurangan *noise* pada gambar yang terdapat banyak *noise* yang dilakukan secara manual dari *handphone*.

2. Selanjutnya *input* data yang sudah didapat ke dalam setiap kelasnya.
3. Setelah data sudah di masukan ke dalam kelas-kelasnya data yang telah didapat selanjutnya akan di ekstraksi karakteristiknya menggunakan metode CNN.
4. Setelah hasilnya keluar maka akan langsung diklasifikasikan berdasarkan kelasnya yang tertuju pada data yang telah di masukan di *database*.

4.4 Analisa Hasil Pengujian

Pengujian serta analisa pada performa sistem yang di lakukan pada biji kopi hasil *roasting* yang di masukan ke dalam 6 kelas yang setiap kelasnya terdiri dari 185 biji kopi untuk data latihnya dan 55 biji kopi di setiap kelasnya untuk data ujinya. Analisa dan pengujian ini dengan cara mengubah beberapa hal seperti mengubah *resize*, *hidden layer*, dan rotasi.

4.4.1 Skenario 1: Melakukan *Resize* Pada Citra

Pada skenario ini setiap citra yang ada akan diubah ukuran pixel-nya untuk membandingkan serta mencari performa terbaik. Pada skenario ini diambil nilai *resize* terbaik dari berbagai ukuran di antaranya 64x64 pixel, 128x128 pixel, dan 226x226 pixel.

Tabel 4. 2 *Resize* Data

Parameter	Size (Pixel)		
	64x64	128x128	226x226
Akurasi (%)	94,1	94,6	95,7
Loss	0,179	0,144	0,153
Waktu Komputasi (Detik)	5.302	5.644	6.262

Pada Tabel 4.2 yang memperlihatkan hasil uji terdiri dari ukuran 64x64 pixel, 128x128 pixel, dan 226x226 pixel didapatkan bahwa hasil terbaik dari pengujian terdapat di ukuran 226x226 pixel

dengan nilai akurasi sebesar 95,7% dengan waktu komputasi selama 6.262 detik. Hal tersebut terjadi karena dari hasil *resize* 226x226 mencakup keseluruhan bentuk biji kopi sehingga informasi detail dari biji kopi tetap terjaga dan menghasilkan akurasi yang bagus tetapi memerlukan waktu yang cukup lebih lama di bandingkan dengan ukuran lain

4.4.2 Skenario 2: Penambahan *Hidden Layer*

Pada skenario ini *hidden layer* yang ada di dalam data latih ditambahkan yang dimulai dari 2 menjadi 3 dan 4. Perbedaan jumlah *hidden layer* dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui performa model terhadap jumlah layer.

Tabel 4. 3 *Hidden Layer*

Parameter	Jumlah <i>Hidden Layer</i>		
	2	3	4
Akurasi (%)	94,6	94,9	92,3
Loss	0,144	0,131	0,227
Waktu Komputasi (detik)	5.644	5.519	6.104

Pada Tabel 4.3 diskenario penambahan *hidden layer* di dapatkan hasil akurasi terbaik pada *hidden layer* yang berjumlah 3 dengan nilai akurasi sebesar 94.6% dengan waktu komputasi 5.519 detik. *Hidden layer* ini berguna untuk mempelajari pola pada data. Penambahan 3 *hidden layer* menjadi yang terbaik karena representasi pada fiturnya lebih baik dibandingkan hanya 2 *hidden layer* dan pada penambahan 4 *hidden layer* mengalami penurunan performa baik dari segi akurasi, *loss*, dan juga waktu komputasinya karena terjadi *overfitting* karena kompleksitas dalam mempelajari pola pada citra menjadi berlebihan.

4.4.3 Skenario 3: Melakukan Perubahan Rotasi

Pada skenario ini hasil citra yang didapat akan diubah rotasi arahnya dengan ketentuan 0° (tidak berubah), 90°, dan 180°. Skenario ini juga

bertujuan untuk mengetahui hasil mana yang terbaik yang kemudian akan di gabungkan dengan hasil terbaik dari skenario-skenario sebelumnya.

Tabel 4. 4 Hasil Rotasi

Parameter	Rotasi		
	0	90	180
Akurasi (%)	94,6	86,6	83,1
Loss	0,144	0,344	0,439
Waktu Komputasi (Detik)	5.644	5.411	4.970

Pada Tabel 4.4 diskenario ini hasil terbaik didapatkan saat rotasi citra 0° atau tidak diubah rotasinya. Hasil akurasi terbaik dari skenario ini adalah 94,1% dengan waktu komputasi 5.644 detik, diskenario ini waktu komputasi pada 0° memang lebih lama dibandingkan yang lain akan tetapi nilai akurasinya jauh lebih baik. Pada skenario ini arah rotasi 90 ° dan 180 ° memiliki nilai akurasi yang buruk karena dalam pengolahan citra digital perubahan arah pada citra membuat sistem menjadi sulit mempelajari pola pada citra dan metode CNN cukup peka terhadap arah dari citra sehingga hasil akurasinya menjadi turun.

4.4.4 Model Optimal

Performa Optimal adalah gabungan dari skenario1 sampai skenario 3 yang diambil hasil terbaiknya, dianalisis dan melihat hasil akurasi dan waktu komputasinya. Dari hasil analisis skenario 1 didapatkan hasil terbaiknya adalah 95,7% dengan waktu komputasi 6.262 detik dengan ukuran *resize* 226x226 pixel, pada skenario 2 hasil terbaik memiliki akurasi 94,6% dan waktu komputasi 5.519 detik dengan 3 *hidden layer*, dan pada skenario 3 akurasi terbaik ada pada 94,1% dengan waktu komputasi 5.644 detik dengan rotasi 0° atau tidak melakukan rotasi pada citra. Hasil gabungan dari ke 3 skenario di atas dengan 10 kali uji coba untuk melihat performa sistem maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Hasil Performa Optimal

Uji ke	Akurasi (%)	Loss	Waktu Komputasi (Detik)
1	96,1	0,095	10.089
2	95,5	0,134	9.383
3	96,6	0,102	15.612
4	95,9	0,105	7.405
5	94,8	0,155	5.081
6	94,7	0,141	5.517
7	95,4	0,134	5.874
8	99,7	0,017	8.891
9	98,4	0,044	8.369
10	95,3	0,155	5.392
Rata-rata	96,2	0,108	8.161

Dari 10 uji coba yang ada pada Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa hasilnya mengalami fluktuasi. Pada uji coba tersebut hasil terbaik terdapat pada uji ke 8 dengan nilai akurasi 99,7% dengan waktu komputasi 8.891 detik serta hasil terburuk pada uji ke 6 dengan akurasi 94,7% dan waktu komputasi 5.517 detik dengan nilai rata-rata akurasi 96,2%, *loss* 0,108, dan waktu komputasi 8.161 detik. Pada Tabel 4.5 di uji ke 1 sampai ke 3 dapat dilihat bahwa waktu komputasinya sangat lama dibandingkan yang lain, hal ini terjadi karena pengaruh dari perangkat yang digunakan. Pada saat uji ke 1 sampai ke 3 perangkat mengalami *overheat* karena dilakukan di luar ruangan dengan suhu yang cukup panas sehingga mempengaruhi waktu komputasinya. Setelah melakukan pengujian pada data latih. Maka dilakukan pengujian pada data uji, dari maka dapat di lihat hasil dari data uji pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Data Uji

Uji Ke	Akurasi (%)	Waktu komputasi (Detik)
1	83,6	148
2	83,6	167
3	83,6	124
4	83,6	117
5	83,6	124
6	83,6	123
7	83,6	117
8	83,6	125
9	83,6	118
10	83,6	115
Rata-Rata	83,6	131

Hasil yang ada di Tabel 4.6 pada data uji yang menggunakan *database* dari data latih yang menggunakan gabungan hasil terbaik dari ke 3 skenario didapatkan nilai akurasi terbaiknya sebesar 83,6% dengan waktu komputasi selama 115 detik pada uji ke 10. Akurasi hanya mendapatkan 83,6% terjadi karena ada beberapa biji kopi yang katagori kelasnya serupa dengan katagori dikelas yang lain.

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1 Kesimpulan

Menurut pengujian performa sistem yang dilakukan untuk mengklasifikasi biji kopi hasil *roasting* menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) didapatkan kesimpulan seperti berikut ini.

1. Pada skenario 1 dengan melakukan *resize* pada citra didapatkan hasil akurasi terbaik sebesar 95,7% dengan waktu komputasi 6.262 detik menggunakan ukuran 226x226 pixel.

2. Pada skenario 2 dengan penambahan *hidden layer* akurasi terbaik ada pada penambahan 3 *hidden layer* dengan akurasi 94,9% dan waktu komputasi 5.519 detik.
3. Skenario 3 dengan melakukan perubahan rotasi hasil akurasi terbaik ada pada perubahan 0° dengan akurasi 94,6% dan waktu komputasi 5.644 detik.
4. Hasil dari ke 3 skenario digabungkan pada model optimal maka mendapatkan hasil akurasi terbaik sebesar 99,7% dan waktu komputasinya 8.891 detik.

5.2 Saran

Pada penelitian ini masih dapat dilakukan pengembangan lagi supaya bisa mendapatkan hasil akurasi yang lebih baik. Ada juga saran serta masukan sebagai berikut.

1. Melakukan pengambilan citra yang lebih detail supaya pengolahan citra menjadi lebih baik.
2. Dijadikan 4 kelas klasifikasi, yaitu *dark* bagus, *medium* bagus, *light* bagus, dan buruk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. T. Pamungkas, M. Masrukan, and K. SAR, "Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian (Roasting) Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Pada Seduhan Kopi Arabika (*Coffea Arabica* L.) dari Kanupaten Gayo, Provinsi Aceh," *Agrotech J. Ilm. Teknol. Pertan.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2021, doi: 10.37631/agrotech.v3i2.278.
- [2] S. A. Aziz, R. Jayanthi, and A. Dinaseviani, "Pengembangan Usaha dari Sumber Daya Lokal Sektor Pertanian: Kasus Pada Produk Kopi Tersertifikasi Indikasi Geografis (IG)," *Proc. Ser. Phys. Form. Sci.*, vol. 5, no. 8, pp. 164–170, 2023, doi: 10.30595/pspfs.v5i.718.

- [3] S. M. K. Andreas Edo Wibowo, "View of Meminimalisir Tingkat Kecacatan Produk Biji Kopi Robusta Arjuno Pada Proses Produksi Untuk Meningkatkan Kualitas Produk(cacat).pdf." pp. 461–470, 2023.
- [4] C. Klaidaeng, S. Chudjuarjeen, C. Pomsen, and P. Charoenwiangnuea, "Prediction of roasted coffee bean level from a coffee house-ware using fuzzy logic," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, pp. 1–7, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.524.
- [5] L. A. Swarga, K. Setyadjit, and A. Ridhoi, "Klasifikasi Jenis Biji Kopi menggunakan Algoritma LDA dan NN," pp. 7–11, 1945.
- [6] E. Oktafanda, "Klasifikasi Citra Kualitas Bibit dalam Meningkatkan Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 4, no. 3, pp. 72–77, 2022, doi: 10.37034/infv4i3.143.
- [7] R. Ardianto and S. K. Wibisono, "Analisis Deep Learning Metode Convolutional Neural Network Dalam Klasifikasi Varietas Gandum," *J. Kolaboratif Sains (JKS)*, vol. 6, no. 12, pp. 2081–2092, 2023, doi: 10.56338/jks.v6i12.4938.
- [8] A. C. Beans, "Evaluasi Kemampuan Kecerdasan Buatan Text-to-image dalam Mencitrakan Karakter Genetik pada Sifat Fenotipik Biji Kopi Robusta dan Arabika," vol. 20, no. 2, 2024.
- [9] Y. Arief Ashari, "Perancangan Sistem Klasifikasi Tingkat Kematangan Biji Kopi Arabika Bali Hasil Sangrai Berbasis Citra," p. 7, 2021.
- [10] M. Konsep, P. Lentur, B. Beton, and T. I. M. Peneliti, "Laporan Akhir Penelitian Penggunaan Bahasa Pemrograman Python untuk Membuat Aplikasi yang Dapat Digunakan Sebagai Media Dalam Universitas Agung Podomoro," no. 0310036702, 2021.
- [11] M. F. Sanner, "Python: A programming language for software integration and development," *J. Mol. Graph. Model.*, vol. 17, no. 1, pp. 57–61, 2021.
- [12] C. Acyqar *et al.*, "Deteksi Kualitas Biji Kopi Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Metode Content Based Image Retrieval Dan Klasifikasi Decision Tree," p. no. 20-26, 2022.
- [13] A. D. Sidik and A. Ansawarman, "Prediksi Jumlah Kendaraan Bermotor Menggunakan Machine Learning," *Formosa J. Multidiscip. Res.*, vol. 1, no. 3, pp. 559–568, 2022, doi: 10.55927/fjmr.v1i3.745.
- [14] A. S. Syuhada, A. M. Simanullang, D. S. Lewa, and S. Jefry Marthin, "Makalah Pembelajaran Mesin (Machine Learning)," *Makal. Pembelajaran Mesin (machine Learn.)*, pp. 1–11, 2021.
- [15] Abel Bima Wiratama, "Klasifikasi Diabetes Retinopati Berbasis Pengolahan Citra Fundus Dengan Convolutional Neural Network (CNN)," vol. 1, pp. 11–13, 2023.
- [16] Noor Nisa Fadillah, "Klasifikasi Penyakit Mata Pada Citra Fundus Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Dengan Arsitektur Mobilenetv2," vol. 1, pp. 4–7, 2025.