

Implementasi Metode CNN dan Deep Learning untuk Menentukan Tingkat Roasting Biji Kopi

A Farhan Setiadi F ¹⁾, Aas Andri Kurniawan ²⁾, Anggit Dwi Hartanto ³⁾, Hartatik ⁴⁾
^{1,2,3,4}Universitas AMIKOM Yogyakarta, Ring Road Utara, Sleman, 55283, Indonesia

Info Artikel

Kata Kunci:

CNN
Neural Network
Deep Learning
VGG-16
Tensorflow

Keywords:

CNN
Neural Network
Deep Learning
VGG-16
Tensorflow

ABSTRAK

Tipe hasil roasting biji kopi dapat ditentukan dengan melihat warna biji kopi ketika dalam proses roasting/sangrai. Cara tersebut cukup efektif untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan keinginan namun dapat terjadi masalah konsistensi dan efisiensi. Tujuan akhir penelitian kami yaitu mengembangkan sistem otomatis untuk menentukan tingkat/tipe hasil roasting pada biji kopi untuk produsen atau pengelola biji kopi. Langkah awal dari proyek ini yaitu pengembangan sistem image processing yang mengklasifikasikan gambar biji kopi telah disangrai berdasarkan tekstur dan warna. Kami menggunakan convolutional neural network, model arsitektur VGG-16 dan framework Tensorflow untuk mengolah data set gambar berjumlah 100 gambar kelas light roasts, 100 gambar medium roasts dan 100 gambar dark roasts. Rata-rata hasil data latih mencapai 96.0% dan validasi score 60.0%. Dengan akurasi yang cukup tinggi maka dapat membantu pengklasifikasian tingkat roasting biji kopi menjadi lebih konsisten.

ABSTRACT

The type of coffee bean roasting results can be determined by looking at the color of the coffee beans during the roasting / roasting process. This method is quite effective to get the results as you wish but consistency and efficiency problems can occur. The ultimate goal of our research is to develop an automated system for determining the level / type of roasting yield on coffee beans for producers or managers of coffee beans. The initial step of this project is the development of an image processing system that classifies images of roasted coffee beans based on texture and color. We use a convolutional neural network, VGG-16 architecture model and the Tensorflow framework to process image data sets totaling 100 images of light roasts, 100 images of medium roasts and 100 images of dark roasts. The average results of the training data reached 96.0% and the validation score was 60.0%. With a high enough accuracy, it can help the classification of roasting coffee beans to be more consistent.

This is an open access article under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.



Corresponding Author:

A. Farhan Setiadi. F
Email: farhan.1999@students.amikom.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kopi sudah menjadi trend saat ini dimana hampir semua kalangan menikmati kopi hampir setiap hari. Proses pengolahan kopi dibedakan menjadi pengolahan hulu dan hilir. Proses pengolahan hulu(premier) adalah proses mengolah buah kopi menjadi biji kopi kering yang memiliki kadar air kisaran 12% hingga 13%,

dilakukan dengan mengeringkan kadar airnya lalu pengupasan kulit atau pengupasan kulit lalu dicuci dan dikeringkan. Proses pengolahan hilir(sekunder) adalah proses mengolah biji kopi yang telah kering menjadi kopi berbentuk bubuk [1].

Proses pengolahan hilir kopi yang telah menjadi bubuk meliputi serangkaian proses seperti penyangraian untuk menurunkan kadar air pada biji hingga sekitar 3% dan membentuk aroma dan citarasa kopi, pendinginan untuk menurunkan suhu biji setelah proses sangrai, penghalusan dan pengemasan / penyimpanan [1]. Pada proses sangrai atau lebih dikenal dengan roasting, terdapat tipe atau tingkat sangrai(roast level) untuk menentukan profil dari biji kopi yang akan digunakan yang dilakukan dengan cara tradisional atau melihat langsung roast level pada proses roasting [2]. Cara tersebut efektif untuk menentukan roast level namun untuk membantu dan meningkatkan efisiensi dan konsistensi agar mengurangi bias atau perbedaan hasil roasting, maka dilakukanlah penelitian ini. Tingkat sangrai/level roast dapat dibedakan menjadi; Light Roasts (ketika first crack), Medium Roasts (akhir first crack), dan Dark Roasts(second crack) [2].

Penentuan tingkat sangrai atau roast level pada proses sangrai dapat dibantu dengan citra digital menggunakan teknologi sistem komputer dengan algoritma dan metode deteksi citra untuk pengolahan. Banyak penelitian yang menggunakan sistem komputerisasi dan metode tersebut untuk membantu proses pengolahan biji kopi. Teknik pengolahan citra juga telah di uji coba penerapannya untuk mendeteksi jenis biji, pengklasifikasian warna, dan sebagainya [3].

Penelitian telah dilakukan oleh mereka [4] [5] [6] [7] [8] [9] dalam pengembangan convolutional neural network (CNN) namun pada proses penyortiran biji dan karakteristik biji ketika pengolahan proses hulu.

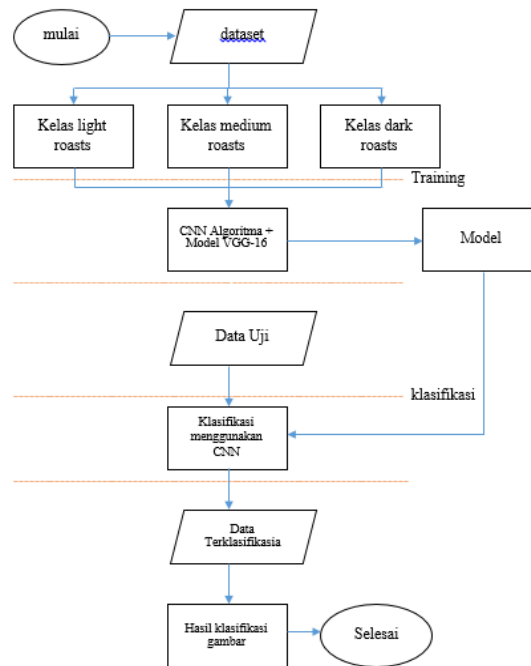
Dalam bidang image processing, telah terjadi banyak implemmentasi dan pengembangan dari teknik convolutional neural network (CNN) karena peningkatan kinerja yang kuat dan ketersediaan untuk banyak aplikasi. Deep neural network memungkinkan untuk pemodelan komputasi dengan beberapa lapisan pemrosesan untuk mempelajari merepresentasikan data dengan abstraksi bertingkat-tingkat. Metode tersebut telah meningkatkan kerja secara dramatis dalam kinerja pengenalan suara(audio), pengenalan objek visual dan sebagainya [3].

Dalam paper ini, kami mengembangkan sistem untuk menentukan kemungkinan tingkat sangrai(roast level) pada biji kopi dari citra gambar dengan menggunakan deep convolutional neural network. Tugas ini dilakukan dengan kerja sama dengan dosen beberapa mata kuliah dengan tujuan mendapatkan karakteristik warna dari tingkat sangrai(roast level). Tingkat sangrai di bagi menjadi tiga, yaitu light roasts, medium roasts dan dark roasts.

2. METODE

Penelitian bidang implementasi *Deep Learning* menggunakan *Convolutional Neural Network* yang menjadi salah satu acuan penelitian ini, dalam penelitian tersebut dilakukan penelitian tentang mengklasifikasi jenis kecacatan biji kopi menggunakan metode CNN yang dibagi menjadi 6 kategori seperti hitam, asam, pudar, peaberry, kerusakan dan normal [5]. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa beberapa kelas memiliki akurasi klasifikasi yang baik lebih dari 90% dan untuk kelas lainnya memiliki akurasi klasifikasi yang lebih rendah yaitu 72% untuk gambar yang berwarna.

Penggunaan CNN banyak dilakukan para peneliti untuk mendeteksi gambar seperti [13] melakukan deteksi kulit tanaman jagung, sedangkan pada daun pada tanaman padi dilakukan oleh [4] dengan menggunakan varian arsitektur CNN Alexanet, sedangkan deteksi kulit wajah dilakukan oleh [15] dengan arsitektur resnet50.



Gambar 1 Flowchart/Alur Penelitian

A. DataSet

Data set dikumpulkan melalui website pixabay dengan ekstensi Download Image dengan menentukan klasifikasi data set gambar kopi light roasts, medium roasts dan dark roasts. Data set dikelompokkan menjadi data training, validation dan data test. Data training digunakan untuk learning dari neural network, validation untuk konfirmasi akurasi fase learning dan test untuk uji coba performa. Gambar rata-rata berukuran 512x512 pixel.

B. Pembagian Kelas

Berdasarkan [1] roast level biji kopi di bagi menjadi tiga :

1. Light roasts

Fase roasting dengan tingkat kematangan paling rendah. Memiliki cita rasa asam, aroma sangrai kurang wangi, warna coklat terang dan tekture cenderung kering. Suhu biji kopi berada dikisaran 180°C-205°C. Proses berakhir ditandai dengan first crack pada suhu 205°C. Level ini memiliki tingkat kafein dan keasaman(acidity) sangat tinggi.

2. Medium roasts

Tingkat roasting yang paling banyak digunakan dengan cita rasa manis dan aroma sangat pekat harum karena mengeluarkan asap yang banyak. Biji memiliki warna lebih gelap dan berminyak, kandungan gula pada level ini mulai berkarbonisasi. Suhu biji kopi berada di kisaran 210°C-220°C dimana first crack usai namun belum sampai di second crack. Level ini memiliki kafein yang lebih rendah dari lighth roast dan kondisi rasa asam dan aroma yang seimbang sehingga menghasilkan banyak rasa.





3. Dark roasts

Tingkat roasting paling matang dengan kondisi biji berwarna sangat gelap namun bukan hitam pekat. Hasil roasting membuat biji menghasilkan minyak dipermukaan. Cita rasa cenderung pahit dan mengurangi rasa khas dari biji tersebut. Suhu biji kopi dikisaran 240°C dimana second crack telah usai. Profil kopi lebih ke kental(body) dan pahit(bitterness)

C. Data Augmentation

Data augmentation digunakan untuk memodifikasi gambar agar sesuai dan tepat fokus pada objek tanpa menghilangkan esensi gambar aslinya [8]. Proses augmentasi dapat meningkatkan akurasi dari model Convolutional Neural Network (CNN). Proses nya meliputi scaling, cropping dan tingkat kecerahan.

TABEL 1. PROSES AUGMENTASI

| Augmentasi | Sebelum | Sesudah |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Cropping |  |  |
| Scaling |  |  |

D. Training Data

Tensorflow adalah framework Machine Learning yang bersifat Open Source milik Google [3]. Tensorflow dapat dimanfaatkan dalam bidang *image recognition*, *sound recognition* dan dalam bidang *deep learning machine*. Hal tersebut menunjukkan bahwa framework ini mendukung *Convolutional Neural Network* atau model *Neural Network* lainnya. Kali ini, Tensorflow digunakan sebagai *pre-retrained* model *VGG-16* [12].

Convolutional neural network (CNN) merupakan salah satu jenis neural network yang biasa digunakan pada data image. CNN bisa digunakan untuk mendeteksi dan mengenali objek pada sebuah image [10]. CNN terdiri dari 3 lapisan utama, yaitu Convolution layer yang memiliki peran mengekstraksi fitur gambar, pooling layer berperan menurunkan posisi sensitivitas fitur yang diekstraksi oleh convolution layer.

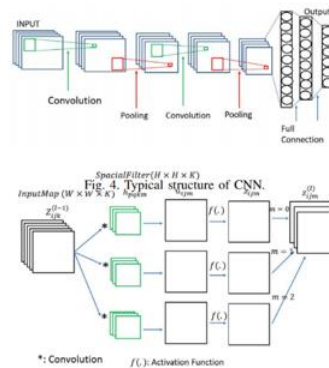
VGG-16 merupakan model *deep neural network* yang digunakan sebagai *model architecture* dan bertugas untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan gambar [11], berdasarkan warna kopi dan kelas yang telah ditentukan, dan membutuhkan tempo beberapa hari untuk proses melatihnya. Hal tersebut dikarenakan VGG-16 membutuhkan konfigurasi komputer yang cukup tinggi. VGG-16 menggunakan model *pretrained*, yang sebelumnya telah dilatih dalam dataset milik *ImageNet*.

Pada tahapan latih data (training data), data akan dilatih menggunakan VGG-16 yang telah dilatih di ImageNet. Gambar pada dataset selanjutnya di eksekusi oleh *Convolutional Neural Network* (CNN) melalui 16 layer model arsitektur VGG-16. Training tersebut dilakukan sebanyak 500 langkah (steps) dengan durasi training selama 3 menit 38 detik.

E. Klasifikasi

Pada tahap ini, dilakukan pengujian data uji yang menggunakan data yang berbeda dari dataset sebelumnya, data uji di klasifikasi oleh algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan model dari VGG-16 yang telah menghasilkan model baru dari data training sebelumnya. Hasil dari data uji ini berupa nilai akurasi dan validasi berdasarkan 3 kategori kelas, yaitu light roasts, medium roasts dan dark roasts.

3. HASIL DAN DISKUSI



Gambar 2 Skema Alur CNN

Input = $W * W * K$
 Convolution Layer = M
 SpacialFilter = $H * H * K$

$$u_{ijm} \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{p=0}^{H-1} \sum_{q=0}^{H-1} z_{i+p,j+q,k}^{(l-1)} h_{pqkm} + b_{ijm} \tag{1}$$

di mana Output U_{ijm} dihitung dengan menggabungkan SpacialFilter pada input.(1) dan B_{ijm} adalah sebuah bias dari neural networks.

$$z_{ijm}^{(l)} = f(u_{ijm}) \tag{2}$$

Fungsi aktivasi persamaan (2) diterapkan pada U_{ijm} . $Z_{ijm}^{(l)}$ adalah output dari Convolution Layer. Bentuk output mengikuti lebar langkah filer pada Convolution (5).

$$z_{pqk} \tag{3}$$

Max Pooling adalah metode menetapkan nilai maksimum P_{ij} sebagai nilai output untuk U_{ijk} (3)

$$u_j \sum_{i=1}^I w_{ji} x_i + b_j \tag{4}$$

$$z_j = f(u_j) \tag{5}$$

Output dari Full connected layer (4) dan (5) yang berperan sebagai konvergensi fitur yang diperoleh dengan pengulangan Convolution dan Pooling ke jumlah kelas yang akan diklasifikasikan.

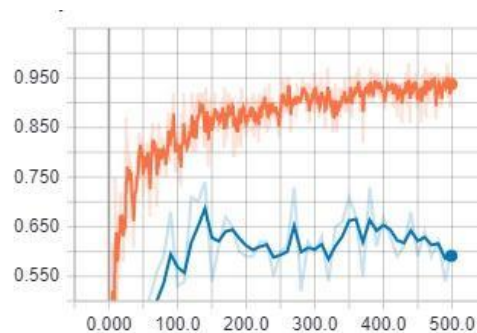
$$f(x) = \begin{cases} x & (x \geq 0) \\ 0 & (x < 0) \end{cases} \tag{6}$$

$f(x)$ adalah fungsi aktivasi. Rectified linear unit (ReLU) digunakan sebagai fungsi aktivasi untuk Convolution layer dan Full connected layer(6).

$$f(x) = \frac{e^x}{\sum_{k=1}^K e^x} \tag{7}$$

Fungsi Softmax digunakan untuk memperlakukan output setiap unti sebagai probabilitas milik masing-masing kelas.

Pada penelitian ini, training data dilakukan dengan tiga kelas, yaitu light roasts, medium roasts dan dark roasts yang masing-masing berjumlah 100 gambar. Proses training data menggunakan model algoritma Convolutional Neural Network (CNN) dan model arsitektur VGG-16 pada Tensorflow. Pengujian dilakukan sebanyak 500 langkah step training yang menghasilkan data latih rata-rata sebesar 96.0% dan validasi sebesar 60.0% dengan waktu training selama 2 menit 38 detik.



Gambar 3 Akurasi Data Latih dan Validasi




TABEL 3 HASIL AKHIR DATA LATIH

| Algoritma | CNN + VGG-16 |
|--------------------|--------------|
| Akurasi Validasi | 60.0% |
| Akurasi Data Latih | 96.0% |

| | |
|-----------------|--------|
| Durasi Training | 3m 38s |
| Step | 500 |

Pengujian data uji menggunakan data yang berbeda dari data training. Jumlah data uji pada penelitian kali ini berjumlah 3 gambar. Hasil klasifikasi terbagi menjadi tiga kelas, yaitu light roasts, medium roasts dan dark roasts dengan masing-masing terdapat nilai akurasinya.

TABEL 4. HASIL DATA PENGUJIAN KLASIFIKASI

| Input Gambar | Light Roasts | Medium Roasts | Dark Roasts |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|-------------|
|  | 0.95271 | 0.03549 | 0.001180 |
|  | 0.008366 | 0.58793 | 0.32841 |
|  | 0.03647 | 0.02341 | 0.94012 |

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, klasifikasi citra roasting biji kopi menggunakan algoritma Convolutional Neural Network(CNN) dan model arsitektur VGG-16 menghasilkan akurasi yang cukup tinggi. Pembuktian dengan menunjukkan hasil akurasi rata-rata sebesar 70.3%. Akurasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk melanjutkan perkembangan penelitian ini sendiri dan membantu para pemroses atau kedai kopi untuk menghasilkan roasting kopi yang konsisten.

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 100 gambar untuk kelas Light roasts, 100 gambar untuk medium roasts dan 100 gambar untuk dark roasts. Dataset didapat dari unsplash dan pixaby. Untuk meningkatkan akurasi dapat memanfaatkan dataset dari sumber tersebut tersebut.

REFERENSI

- [1] "Proses pengolahan kopi premier dan sekunder," [Online]. Available: <https://coffeeland.co.id/proses-pengolahan-kopi-dari-hulu-ke-hilir/>.
- [2] "Level sangrai pada kopi," [Online]. Available: <https://www.gordi.id/blogs/updates/mengulik-lebih-jauh-soal-profil-dan-gaya-sangrai-kopi>.
- [3] M. Abadi, P. Braham, J. Chen, Z. Chen, A. Davis, J. Dean, M. Devin, S. Ghemawat, G. Irving, M. Isard, M. Kudlur, J. Levenberg, R. Monga, S. Moore, D. G. Murray, B. Steiner, P. Tucker, V. Vasudevan, P. Warden, M. Wicke, Y. Yu and X. Zhen, "Tensorflow: A System for Large-Scale," USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation, pp. 265-283, 2016.
- [4] M. B. Chaniago and A. P. W. Wibowo, "PENENTUNAN KUALITAS TEKSTUR BIJI KOPI JENIS ARABICA MENGGUNAKAN TEKNIK COMPUTER VISION," Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia, pp. 37-40, 2017.
- [5] C. Pinto, J. Furukawa, H. Fukai and S. Tamura, "Classification of Green Coffee Bean Images Based on Defect Types Using Convolutional Neural Network (CNN)," IEEE Xplore, 2017.
- [6] F. G. O. Parikesit and F. , "Coffee Bean Grade Determination Based on Image Parameter," TELKOMNIKA, pp. 547-554, 2011.
- [7] J. Hernández, B. Heyd and G. Trystram, "Prediction of brightness and surface area kinetics during coffee roasting," ELSEVIER Journal of Food Engineering, pp. 156-163, 2008.
- [8] L. P. and J. W. , "The Effectiveness of Data Augmentation in Image Clasification Using Deep Learning," 2017.
- [9] A. Santoso and G. Ariyanto, "IMPLEMENTASI DEEP LEARNING BERBASIS KERAS UNTUK PENGENALAN WAJAH," EMITOR, 2018.
- [10] "Convolutional Neural Network," [Online]. Available: <https://medium.com/@samuelsena/pengenalan-deep-learning-part-7-convolutional-neural-network-cnn-b003b477dc94>.
- [11] M. A. H. Abas, N. Ismail, A. I. M. Yassin and M. N. Taib, "VGG16 Plant Image Clasification with Transfer Learning and Data Augmentation," SPC International Journal of Engineering & Technology, pp. 90-94, 2018.

- [12] Mascarenhas dan Argawal, “A comparison between VGG16, VGG19 and ResNet50 architecture frameworks for Image Classification”, IEEE, 2021
- [13] Pamungkas dkk, “Leaf Image Identification: CNN with EfficientNet-B0 and ResNet-50 Used to Classified Corn Disease” Jurnal RESTI, 2023
- [14] Corbantoro dkk, “PERFORMANCE ANALYSIS OF ALEXNET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) ARCHITECTURE WITH IMAGE OBJECTS OF RICE PLANT LEAVES”, Jurnal JITK, 2023
- [15] Agustina, KLASIFIKASI CITRA JENIS KULIT WAJAH DENGAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) RESNET-50, Jurnal Riset Sistem Informasi, 2024