

# Peluang Dan Tantangan Teknologi *Artificial Intelligence (Ai)* Pada Proses *Roasting* Biji Kopi

Jony Winayo Wibowo<sup>1</sup>, Mimin Muhaemin<sup>2</sup>, Hanif Fakhurroja<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jl. Sangkuriang, KST Samaun Samadikun, Bandung, Indonesia

<sup>1</sup>Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor, Indonesia

<sup>2</sup>Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor, Indonesia

<sup>3</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jl. Sangkuriang, KST Samaun Samadikun, Bandung, Indonesia

Jony001@brin.go.id

---

## Abstrak

Kopi adalah salah satu minuman paling umum dan favorit yang dikonsumsi banyak orang di seluruh dunia. Proses *roasting* kopi memegang peranan penting dalam menentukan rasa kopi. Tahapan dalam proses *roasting* kopi terdiri dari pengeringan, penguningan, pecahan pertama, *roast development*, dan pecahan kedua. Dari kelima tahapan tersebut, proses pecahan pertama kopi merupakan awal mula terbentuknya karakteristik biji kopi. Pada tahap ini, seorang penyangraji biji kopi profesional harus memastikan suhu dan waktu yang sesuai agar biji kopi tidak hangus/gosong. Pada alat *roasting* kopi manual, hal ini menimbulkan ketidakkonsistenan hasil *roasting* biji kopi karena sangat bergantung dari kemampuan dan pengalaman sang penyangraji biji kopi sedangkan pada *smart coffee roaster* menggunakan sensor dan control cerdas untuk mengoperasikan *roaster* dan mendapatkan kopi dengan konsistensi terbaik dan akurat. Makalah kali ini membahas tentang peluang dan tantangan yang diperlukan untuk membuat versi terbaik dari *smart coffee roaster* dari sisi sistem elektronik, desain, dan *Artificial Intelligence (AI)*. Sistem elektronik terdiri dari sensor, *control*, dan aktuator. Desain yang Ergonomis, estetis, serta kenyamanan pengguna menjadi kunci utama yang diperlukan untuk membuat desain terbaik. Aplikasi AI mendeteksi kematangan biji kopi dan deteksi suara “retak” dengan memanfaatkan teknologi *machine learning*. Studi awal dilakukan dengan format audio hasil *roasting* dan dipisahkan antara audio yang mengandung suara retakan biji kopi dan audio yang tidak mengandung suara retakan biji kopi. Dataset audio tersebut kemudian diubah ke dalam format gambar menggunakan metode Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC), untuk kemudian dilakukan pemodelan dengan menggunakan supervised learning convolutional neural network (CNN).

**Kata kunci:** *smart coffee roaster, Artificial Intelligence, machine learning, MFCC, CNN*

## I. PENDAHULUAN

Kopi menjadi salah satu minuman populer di berbagai kalangan di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Para penikmat kopi tidak hanya sekedar mengonsumsi kopi, akan tetapi juga menginginkan kelezatan dan aroma dari karakteristik yang dimiliki kopi. Untuk menghasilkan kelezatan dan aroma kopi yang khas, biji kopi harus melalui proses yang amat panjang.

Biji kopi yang telah dipanen masih membutuhkan proses yang sangat panjang sebelum menjadi secangkir minuman yang dapat dinikmati. Buah kopi yang berwarna merah (cerry) diproses menjadi *green bean* lalu pada proses selanjutnya *green bean* di sangrai (*roasting*) menjadi *roast bean*, baru kemudian ditumbuk atau digiling atau dibubukkan

(*greender*) sampai menjadi bubuk kopi yang siap diseduh dan dinikmati [9].

Proses penyangraian kopi memegang peranan penting dalam menentukan cita rasa kopi [10]. Citarasa kopi mampu divariasikan sesuai selera, tergantung pada bagaimana proses penyangraian ini dilakukan [11]. Tahapan dalam proses penyangraian kopi terdiri dari pengeringan, penguningan, pecahan pertama, *roast development*, dan pecahan kedua [12]. Dari kelima tahapan tersebut, proses pecahan pertama kopi merupakan awal mula terbentuknya karakteristik biji kopi. Suara retakan pertama dari biji kopi terjadi saat air di dalam biji kopi berubah menjadi uap, dan akibatnya biji kopi mulai 'meletup', seperti pada *popcorn* [13]. Pada tahap ini, seorang penyangraji biji kopi (*roaster*) harus memastikan

suhu dan waktu yang sesuai agar biji kopi tidak hangus [14].

*Roaster* atau mesin kopi merupakan sebuah alat yang digunakan untuk melakukan proses penyangraian biji kopi mentah dengan tingkat kematangan tertentu. Proses *roasting* memiliki peran penting dalam pembuatan kopi karena hasil *roasting* sangat mempengaruhi rasa dan kualitas kopi. Saat ini mesin *roaster* terbagi menjadi 2, yaitu manual dan otomatis. Mesin *roaster* otomatis tentunya memiliki keunggulan lebih dibandingkan dengan mesin *roaster* manual. Pada Mesin *roaster* kopi manual, seorang penyangrai biji kopi profesional mendengarkan retakan pertama dari biji kopi secara manual. Hal ini membutuhkan perhatian khusus dan kontinyu untuk membantu mengidentifikasi waktu yang tepat dari retakan biji kopi. Hal ini akan menimbulkan ketidakkonsistenan dari hasil retakan biji kopi karena konsistensi setiap roaster kopi sangat bervariasi. Selain itu, hal ini juga sangat menyita waktu sang roaster kopi karena harus memperhatikan proses retakan secara terus menerus sehingga sang roaster kopi tidak dapat melakukan tugas lain. Membuat otomasi untuk melakukan identifikasi retakan pertama akan memberikan hasil penyangraian kopi yang konsisten dan akurat, dan hal ini akan sangat bermanfaat bagi seorang *roaster* kopi. Otomasi ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan khususnya menggunakan metode Convolutional neural network (CNN).

CNN dapat digunakan untuk melakukan identifikasi, pembelajaran atau klasifikasi. Data mentah dapat berupa audio suara atau dalam bentuk lain, seperti data rekaman alat-alat elektronik, video clips, rekaman audio dll. Objek penelitian dapat berasal dari berbagai objek seperti hewan, kendaraan, organ jantung dan lain sebagainya. Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi awal bagaimana cara penggunaan metode CNN sebagai algoritma machine learning untuk mengidentifikasi suara retakan biji kopi. Studi awal dilakukan dengan mengumpulkan dataset berupa audio *roasting* biji kopi. File tersebut kemudian dikonversikan dan diubah ke dalam bentuk gambar dengan format Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC) untuk dapat dilakukan proses training, validation, dan testing pada machine learning. Makalah ini terdiri dari empat bagian. Bagian pertama adalah pendahuluan yang berisi latar belakang penelitian dan gambaran singkat tentang penelitian yang dilakukan. Bagian kedua merupakan pembahasan tentang metode yang digunakan pada penelitian ini. Bagian ketiga berisi hasil penelitian dan pembahasan. Bagian terakhir berisi kesimpulan

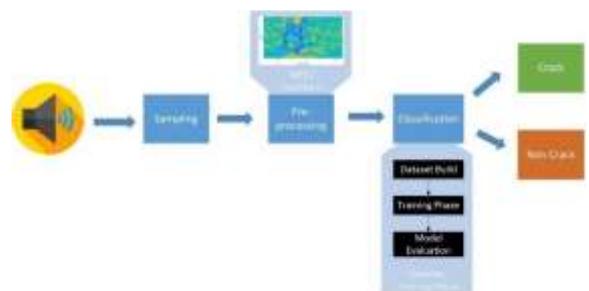
dari penelitian yang telah dilakukan. Untuk itu, pada penelitian ini akan dilakukan studi awal berupa *review paper* untuk mengidentifikasi penelitian yang sudah dilakukan serta mengidentifikasi peluang dan tantangan penggunaan AI pada proses *roasting* kopi.

Tabel 1. Penelitian yang sudah dilakukan

Referensi	Sensor	Aktuator	Controler	Penjelasan
Tigre et al. [4]	Temperature (Thermocouple type K)	Motor AC	Arduino UNO	Mesin roaster dengan perangkat mobile. Selain mobile yang akan mengontrol dan memonitoring mesin.
Yao et al. [5]	Temperature (KTD), Gas (MQ-7), Sound (Mikrofon MXN-66)		Prosscale MK77FX1MVF MDX	Sebuah mesin yang terbagi dengan perangkat pintar untuk dapat mengontrol proses roasting dari jarak yang menggunakan suhu biji kopi, kadar kelembapan dan memonitoring biji kopi.
Dings et al. [6]	Infrared temperature (Mikroir MLX90401)		Arduino UNO	Sistem penentuan dan mendeteksi suhu saat proses roasting.
Dedias et al. [7]	Temperature (Thermocouple type K)	Motor AC	Arduino UNO	Rancang bangun sistem pengontrolan biji kopi dengan memonitor data suhu dan penentuan suhu.
Muhammad & Hujak [8]	Temperature (Thermocouple type K), Sound (Mikrofon standard TMS30), Alcohol gas (MQ-3)	Motor servo (kitas HS-311)	Arduino mega 2560	Sistem kontrol yang dapat mengatur suhu dengan logika fuzzy dengan mendeteksi suhu, serta crank biji kopi, gas atau asap yang dihasilkan oleh biji kopi pada proses roasting.
Abadi [9]	Temperature (KTD FT-100)	Motor DC	Arduino UNO	Alat untuk memonitoring suhu biji kopi ketika proses roasting.
Fahryandika et al. [7]	Temperature (LM35)	Motor DC	NUC140	Sistem pada proses penentuan dan brewing biji kopi dengan sistem pengontrol suhu air.
Dika et al. [8]	Gas (MQ-137)		Arduino	Alat yang menggunakan hasil penentuan dengan alat listrik elektronik yang dapat melakukan klasifikasi suhu biji kopi lalu memberikan jenis kopi arabika dan robusta.

## II. METODE PENELITIAN

Secara umum, metode penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar. 1. Metode penelitian dibagi menjadi dua tahap, yaitu pengumpulan dan *preprocessing dataset* serta pemodelan dengan menggunakan CNN. Masing – masing tahapan dari metode penelitian ini akan dibahas pada sub-bagian berikut.



Gambar 1. Metode Penelitian

### A. Pengumpulan dan Preprocessing Dataset

Pada penelitian ini, kami melakukan identifikasi suara retakan biji kopi dengan mengumpulkan audio yang didapatkan selama proses *roasting* biji kopi sekaligus mencatat waktu yang diperlukan dari setiap tingkat kematangan (*light, medium, dan dark*) yang nantinya akan digunakan untuk *profiling* tingkat kematangan biji kopi. Setelah itu, audio dipisah per satu detik dan dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu audio yang mengandung suara retakan biji kopi dan audio yang tidak mengandung suara retakan biji kopi. Durasi satu detik ini dipilih agar potongan suara mengandung fitur yang cukup untuk bisa dibedakan ada atau tidaknya suara retakan biji kopi. Jika durasi terlalu panjang, maka fitur retakan akan tercampur dengan non-retakan. Jika durasi terlalu pendek, akan menyebabkan pengolahan data menjadi lebih kompleks. Durasi yang terlalu pendek juga mengakibatkan kemungkinan fitur suara retakan akan terpotong.

Audio yang sudah dikelompokkan tersebut harus melalui tahapan preprocessing terlebih dahulu sebelum dilakukan klasifikasi. Tahapan preprocessing-nya adalah dengan melakukan transformasi file audio ke dalam format MFCC untuk memudahkan proses klasifikasi. Mel-frequency cepstral coefficients (MFCC) merupakan representasi cepstral dari data audio [15]. Cepstral merupakan hasil filterisasi, logaritmik, dan FFT dari spektral frekuensi. Pita frekuensi MFCC diposisikan secara logaritmik dengan koefisien yang dihasilkan merupakan representasi dari spektrum sinyal dengan kompresi data yang besar [16]. Untuk memperkirakan karakteristik sistem audio, MFCC menggunakan skala frekuensi nonlinear [18]. Representasi MFCC ini banyak digunakan untuk sistem pengenalan suara dan representasi sinyal [16][20], sehingga kami memanfaatkannya untuk melakukan deteksi suara retakan biji kopi.

File audio dikonversikan menjadi bentuk gambar MFCC menggunakan modul `Librosa` pada bahasa pemrograman Python, sehingga didapatkan dua kelompok gambar MFCC, yaitu kelompok gambar MFCC yang mengandung suara retakan biji kopi dan kelompok gambar MFCC yang tidak mengandung suara retakan biji kopi.

### B. Pemodelan dengan Algoritma CNN

Data audio yang telah dikonversikan menjadi bentuk MFCC kemudian dibagi menjadi tiga kelompok untuk keperluan proses *training*, *validation*, dan *testing* yang terdiri dari:

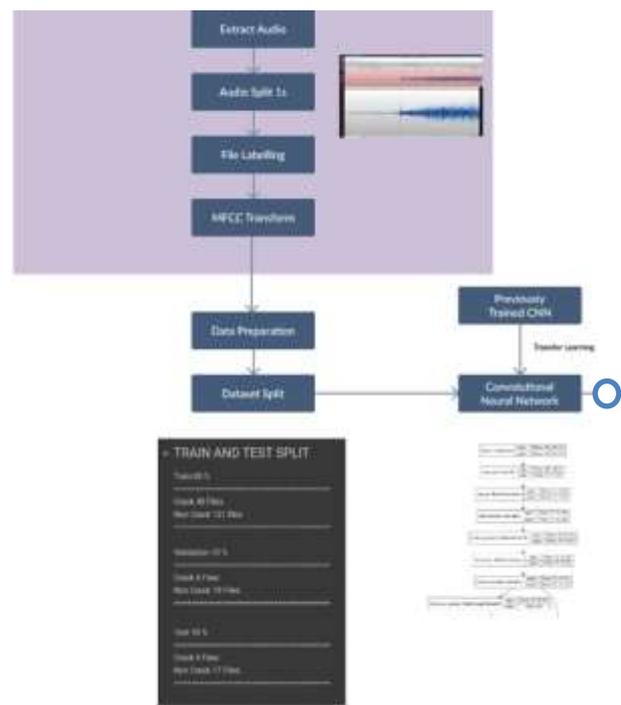
- *Training*. Dataset pada proses *training* ini berfungsi untuk membangun model dengan menggunakan fitur – fitur tertentu yang sesuai dengan algoritma yang akan digunakan, dalam

penelitian ini menggunakan algoritma *convolutional neural network* (CNN).

- *Validation*. Dataset pada proses *validation* ini berfungsi untuk melakukan validasi terhadap model yang telah dihasilkan dari proses *training*.
- *Testing*. Dataset pada proses *testing* berfungsi untuk menguji model yang telah dibuat.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagram alir keseluruhan proses penelitian, dapat divisualisasikan seperti pada Gambar. 2. Penjelasan lebih detail dari Gambar. 2 dapat dilihat pada sub-bagian berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Penelitian

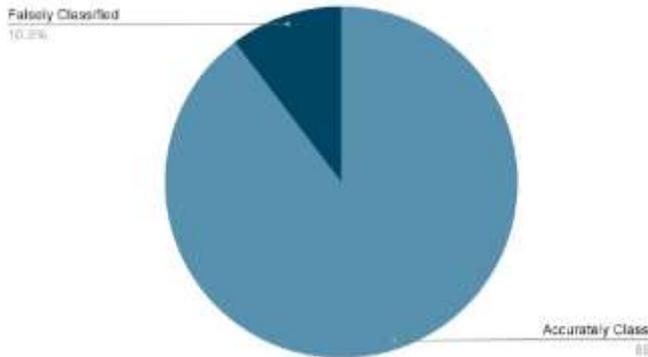
Kegiatan *roasting* dilakukan sebanyak 60 kali dengan 10 jenis biji kopi dan dilakukan 2 kali pengulangan *roasting* dari setiap jenis kopi untuk mencatat waktu berdasarkan Tingkat kematangan dan sekaligus mencatat dan mengambil data suara *crack*. 10 jenis kopi yang diroasting yaitu :

- Arabica Cibeber,
- Arabica Flores Bajawa,
- Arabica Toraja,
- Arabica Ijen,
- Arabica Puntang,
- Robusta Dampit,
- Robusta Lampung,
- Robusta Jawa Timur,
- Robusta Preanger,



### Gambar 6. Pemodelan algoritma CNN

Setelah proses *training* dan *validation*, kemudian dilakukan proses *testing* dan didapatkan nilai akurasi hasil *testing* adalah 89.66% dengan *data loss* sebesar 34.93%. Nilai akurasi dari hasil testing dapat divisualisasikan dengan diagram pada gambar 7.



### Gambar 7. Nilai Akurasi Proses Testing

Meskipun nilai akurasi yang dihasilkan cukup tinggi, hasil tersebut masih perlu ditingkatkan kualitasnya karena jumlah dataset yang digunakan masih terlalu sedikit. Jika ingin hasil yang lebih akurat, dataset yang digunakan harus lebih banyak dari yang sebelumnya untuk masing-masing proses *training*, *validation*, dan *testing*. Dengan jumlah dataset yang lebih banyak, tingkat akurasi dari model yang dihasilkan akan semakin akurat dan kualitas model yang dibangun juga semakin baik.

## IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan studi awal untuk mengidentifikasi suara retakan biji kopi menggunakan dataset yang didapatkan dari proses *roasting*. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa peluang penggunaan teknologi *Artificial Intelligence (AI)* pada proses *roasting* biji kopi sangat besar dibuktikan dengan berhasilnya identifikasi suara retakan biji kopi yang dilakukan dengan mengadopsi metode yang biasa digunakan untuk pencarian kata kunci, yaitu MFCC dan CNN untuk menghasilkan sistem yang akurat. Meskipun menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu 89.66%, tantangan nya adalah pada ketersediaan dataset. Nilai akurasi tersebut dapat ditingkatkan kualitasnya dengan menambah jumlah dataset hasil dari proses *roasting* yang dilakukan secara mandiri. Selain itu, dalam melakukan klasifikasi, dapat juga dilakukan optimasi pada nilai hyperparameter pada algoritma CNN agar diperoleh sistem yang optimum.

## REFERENSI

- [1] Nasution T H, Putramas A, Soeharwinto and Siregar I 2018 Automatic Coffee Roaster Design Using Arduino *AIP Conference Proceedings* 2024
- [2] Xu Y, Shaull J, Bavard T and Tan L 2018 Smart Coffee Roaster Design with Connected Device *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)* pp 1-5
- [3] Ledezma D B, Elias G A V and Mora R A 2017 Infrared Sensor used for the Capture of Data from Cooling Process in Roasted Coffee *IEEE Central America and Panama Student Conference (CONESCAPAN)* pp 1-3
- [4] Larasati D A, Kalandro G D, Fibriani I, Hadi W, Herdiyanto D W and Sarwono C S 2018 Optimization of Coffee Bean Drying Using Hybrid Solar Systems and Wi-Fi Data Communication *International Conference on Electrical Engineering and Computer Science* pp 29-32
- [5] Falah A H, Rivai M and Purwanto D 2019 Implementation of Gas and Sound Sensors on Temperature Control of Coffee Roaster Using Fuzzy Logic Method 2019 *International Seminar on Intelligent Technology and Its Application* pp 80-85
- [6] Arda A L 2020 Rancang Bangun Smart Coffee Roasters Berbasis Mikrokontroler *Jurnal IT Media Informasi IT STMIK Handayani* 11 57-64
- [7] Boro F T, Riyanto I and Adiyarta K 2017 Automatic Coffee Grinding and Brewing Process with NUC140 Microcontroller *3rd International Conference on Science Information Technology (ICSITech)* pp 537-540
- [8] Magfira D B and Sarno R 2018 Classification of Arabica and Robusta Coffee Using Electronic Nose 2018 *International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)* pp 645-650
- [9] D. Wiedhayati, "Indonesian Coffee: Processing Coffee Berries," Export News Indonesia, Kementrian Perdagangan Republik Indonesia, vol. 64(7), pp. 1-12, 2014.
- [10] J. Alstrup, M. A. Petersen, F. H. Larsen, dan M. Münchow, "The Effect of Roast Development Time Modulations on the Sensory Profile and Chemical Composition of the Coffee Brew as Measured by NMR and DHS-GC-MS," *Beverages*, vol. 6(70), 2020.
- [11] D. R. Seninde, dan E. Chambers, "Coffee Flavor: A Review," *Beverages*, vol 6(44), 2020.
- [12] J. De Wit, "The coffee roast process," DCT rapporten, vol. 2005.017, 2005.
- [13] M. Münchow, J. Alstrup, I. Steen, dan D. Giacalone, "Roasting Conditions and Coffee Flavor: A Multi-Study Empirical Investigation," *Beverages*, vol. 6(29), 2020.
- [14] B. Folmer, "The Craft and Science of Coffee," Academic Press: Amsterdam, 2017.

- [15] T.D. Ganchev, N. Fakotakis, dan G. K. Kokkinakis, "Comparative Evaluation of Various MFCC Implementations on the Speaker Verification Task," *Computer Science*, 2007.
- [16] D. Niewiadomy dan A. Pelikant, "Implementation of MFCC vector generation in classification context," *Journal of Applied Computer Science*, Januari 2008.
- [17] JW Wibowo, MI Rizqyawan, H Fakhurroja, U Nadiya, A Munandar, "Preliminary Studies for Cracking Sound Identification During Coffee Roasting" *2023 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation*.
- [18] T. F. Li dan S. C. Chang, "Speech recognition of mandarin syllables using both linear predict coding cepstra and Mel frequency cepstra," *A Note on Mel Frequency Cepstra in Speech Recognition*, 2009.
- [19] JW Wibowo, A Munandar, O Mahendra, JV Josary, DIS Ningrum, B Sejati, "A review of a smart Coffee Roaster: electronics, design, and artificial intelligence" *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 1116 (1), 012011*
- [20] S. B. Davis and P. Mermelstein, "Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, 28(4), 357-366, 1980.