



Rancang Bangun *Smart Eco Roasting Machine* Kapasitas Maksimum 750 Gram dengan Sistem Perekaman Data *Logger* untuk Kontrol Kualitas Kopi

Design and Development of a Smart Eco Roasting Machine with a Maximum Capacity of 750 Grams and Data Logger Recording System for Coffee Quality Control

Fitriana Dina Rizkina¹, Asroful Abidin^{2,a)}, Risa Martha Muliasari³, Muhammad Zainur Ridlo²

¹Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jember

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember

³Program Studi Agribisnis, Universitas Muhammadiyah Jember

^{a)}Corresponding author: asrofulabidin@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengenalkan *Smart Eco Roasting Machine* dengan spesifikasi ukuran 115x95x65 cm, kapasitas drum 500 gram (maksimum 750 gram per *batch*), dan konsumsi daya listrik sebesar 210 W. Mesin ini dirancang untuk mengoptimalkan proses *roasting* kopi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, penelitian ini menggunakan sistem data *logger* berbasis arduino yang dapat terhubung dengan komputer, memungkinkan pemantauan *real-time* dan pengendalian proses *roasting*. Data hasil *roasting* dapat ditampilkan dalam bentuk grafik, memungkinkan para *roaster* untuk menganalisis dan mengoptimalkan profil *roasting* secara lebih efisien.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Smart Eco Roasting Machine* dengan spesifikasi ini berhasil meningkatkan konsistensi dalam profil *roasting*, yang merupakan faktor kunci dalam menghasilkan kopi berkualitas tinggi. Mesin ini juga efisien dalam penggunaan energi, mendukung praktik *roasting* yang ramah lingkungan, dan berpotensi meningkatkan daya saing produk kopi di pasar global. Hasilnya menunjukkan bahwa waktu pemanasan sekitar 13 menit, waktu *roasting* berkisar antara 3,5 hingga 13 menit, dan waktu pendinginan sekitar 3-5 menit.

Penelitian ini memiliki implikasi penting dalam industri kopi, karena tidak hanya meningkatkan kualitas kopi, tetapi juga membantu mengurangi biaya produksi. Mesin ini merupakan solusi inovatif untuk para *roaster* yang mencari cara yang lebih efisien dan akurat dalam merampingkan proses *roasting*.

Kata Kunci: *smart roasting machine*; data *logger*; proses *roasting* kopi; efisiensi energi

Abstract

This study introduced the *Smart Eco Roasting Machine* with specifications measuring 115x95x65 cm, a drum capacity of 500 grams (maximum 750 grams per *batch*), and a power consumption of 210 W. The machine was designed to optimize the coffee *roasting* process with a high level of accuracy. In addition, the research utilized an Arduino-based Data Logger system that could be connected to a computer, enabling *real-time* monitoring and control of the *roasting* process. The *roasting* data could be displayed in graphical form, allowing *roasters* to analyze and optimize *roasting* profiles more efficiently.

The research results show that the *Smart Eco Roasting Machine*, with these specifications, successfully improved the consistency in *roasting* profiles, which was a key factor in producing high-quality coffee. The machine was also efficient in energy consumption, supporting environmentally-friendly *roasting* practices, and had the potential to enhance the competitiveness of coffee products in the global market. The results showed that the pre-heating time was approximately 13 minutes, the *roasting* time ranged from 3.5 to 13 minutes, and the cooling time was approximately 3-5 minutes.

This research had significant implications for the coffee industry, as it not only improved coffee quality but also helped reduce production costs. The machine represented an innovative solution for *roasters* seeking a more efficient and accurate way to streamline *roasting* processed.

Keywords: *smart roasting machine*; data *logger*; coffee *roasting* process; energy efficiency.

PENDAHULUAN

Industri kopi memiliki peran penting dalam perekonomian banyak negara, termasuk di dalamnya koperasi-koperasi petani kopi. Koperasi-koperasi ini sering kali menjadi tulang punggung bagi para petani kopi untuk membantu dalam menghasilkan dan memasarkan produk kopi mereka. Namun, banyak koperasi petani kopi, terutama yang beroperasi di daerah pedesaan, menghadapi tantangan dalam meningkatkan kualitas dan daya saing kopi yang mereka hasilkan.

Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh koperasi petani kopi adalah keterbatasan dalam peralatan pemrosesan kopi, terutama mesin *roasting*. Proses *roasting* adalah tahap kritis dalam pembuatan kopi berkualitas tinggi, yang mana suhu, waktu, dan profil *roasting* sangat mempengaruhi cita rasa dan kualitas akhir produk. Keterbatasan akses terhadap mesin *roasting* berkualitas dapat menghambat koperasi dalam mencapai potensi penuh kualitas kopi yang dihasilkan. Umumnya, petani kopi masih menggunakan mesin *roasting* tradisional yang memiliki kelemahan diantaranya-Nya keterbatasan kontrol, kesulitan *monitoring*, tidak efisien dalam penggunaan energi, kendala pada kapasitas produksi, kurangnya kemampuan perekaman data, dan kurangnya kemudahan penggunaan.

Seperti yang diungkapkan oleh Santoso dkk. (2021) bahwa koperasi-koperasi petani kopi sering kali mengalami kendala saat mengadopsi teknologi terkini dalam proses *roasting* [1]. Dalam penelitian lain oleh Mardiana dkk. (2021) ditegaskan bahwa peningkatan kualitas kopi tidak hanya tergantung pada varietas kopi dan metode pengolahan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh proses *roasting* yang tepat [2]. Yuliandoko dkk. (2020) juga menyoroti pentingnya teknologi dalam pengolahan kopi dan mencatat bahwa sistem data *logger* berbasis arduino telah menjadi alat yang sangat berguna dalam memantau dan mengendalikan proses *roasting* secara akurat [3]. Dalam penelitian lain, Sugiantoro dkk. (2020) menggarisbawahi bahwa penggunaan data *logger* arduino telah membuka jalan bagi pemantauan suhu yang lebih akurat selama proses *roasting* kopi sehingga menghasilkan kopi dengan tingkat kematangan seragam yang ditandai dengan warna kopi dan uji fisis (morfologi) [4]. Dalam penelitian terkait, Hariyanto dkk. (2019) mengungkapkan bahwa penggunaan tipe *burner* otomatis *Infrared* telah membawa efisiensi lebih lanjut dalam proses *roasting* dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan dengan lebih tepat dan konsisten [5].

Oleh karena itu, inovasi dalam bentuk *smart eco roasting machine*, yang menggunakan teknologi seperti sistem data *logger* berbasis arduino dan tipe *burner* otomatis *infrared*, menjadi solusi yang penting untuk

mengatasi tantangan ini dan mendukung koperasi-koperasi petani kopi dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi dalam proses *roasting* kopi. Berdasarkan kombinasi inovasi-inovasi tersebut, *smart eco roasting machine* diharapkan dapat membantu koperasi-koperasi petani kopi dalam meningkatkan kualitas produk, mengoptimalkan proses *roasting*, dan meningkatkan daya saing produk kopi di pasar global. Penelitian ini menjadi langkah maju dalam mendukung perkembangan industri kopi yang lebih berkelanjutan dan berkualitas.

METODE PENELITIAN

Perancangan *smart eco roasting machine* melibatkan beberapa tahap penting dalam mengintegrasikan berbagai elemen teknologi dan fitur-fitur inovatif. Berikut adalah gambaran umum mengenai metode perancangan mesin *roasting* cerdas ini yaitu.

Studi Kebutuhan dan Analisis Awal

Studi kebutuhan dan analisis awal terdiri dari identifikasi kebutuhan koperasi-koperasi petani kopi, *roaster*, dan produsen kopi terkait mesin *roasting* yang lebih efisien dan akurat serta menganalisis kendala dan kelemahan teknologi mesin *roasting* sebelumnya. Identifikasi dilaksanakan di Koperasi Ketakasi Desa Sidomulyo. Desa Sidomulyo merupakan salah satu kawasan penghasil kopi yang produktif terlebih pada jenis kopi robusta. Desa Sidomulyo memiliki total luas daerah 4.027.325 Ha yang berada pada ketinggian 560 mdpl dengan curah hujan rata-rata 2.000 mm/tahun, keadaan suhu rata-rata 23°C serta tingkat kelembapan 75-90%. Kopi robusta Sidomulyo sudah banyak dikenal di kalangan penggiat dan pengusaha kopi baik lokal maupun luar negeri, dikarenakan kualitas rasa dan harga yang sesuai dengan keadaan pasar. Hasil panen buah kopi petani di Desa Sidomulyo dikelola oleh suatu lembaga koperasi yaitu KSU Ketakasi yang sudah berdiri mulai tahun 2007. KSU Ketakasi mengelola hasil panen petani kopi Desa Sidomulyo mulai dari buah kopi sampai menjadi biji matang yang siap dipasarkan. Sebelumnya di koperasi ketakasi masih menggunakan *roasting* tradisional untuk mengelola kopi yang dihasilkan sehingga profil kopi yang dihasilkan tidak terkontrol dengan baik.

Penentuan Spesifikasi

Spesifikasi teknis untuk *smart eco roasting machine* ditentukan berdasarkan kebutuhan dari koperasi ketakasi yang membutuhkan mesin *roasting* berkapasitas sedang dan mudah dioperasikan. Selain untuk *roasting*, koperasi ketakasi bisa menggunakan mesin yang telah dibuat untuk media pembelajaran edukasi kopi. Spesifikasi *smart eco roasting machine* yang dibuat disajikan pada [Tabel 1](#). berikut.

Tabel 1. Spesifikasi *smart eco roasting machine*

Spesifikasi	Keterangan
Drum capacity	500g (Maksimum 750 g/batch)
outer diameter Drum	177 mm
inner diameter	170 mm
Drum length	200 mm
Variabel speed drum	Yes
Type burner	Infrared Automatic Burner
Type drum	Silinder Datar
Heat resource	Gas LPG
Type pemanasan	Semi Hot air
Cooling bean	Yes
Drum thermo	Digital
Bean thermo	Analog
Net weight	50Kg
Cooling system	Centrifugal Blower
Agitator	No
Air flow	Yes
Dimensi mesin	1150x950x650 mm
Roast drum	Solid Stainless Steel 304
Material	Steel & Stainless Steel
System transmisi	Gear Heat & Rantai
Daya listrik	210W
Pelengkap	Kaca Pengintai Biji, <i>Stick Checker</i> , Lampu Penerang, Manometer, dan Kaca Pengintai Api
Data logger	Arduino

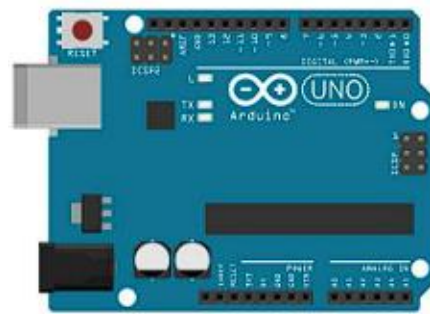
Desain Konsep

Mengembangkan desain konsep mesin *roasting* yang mencakup elemen-elemen inovatif, seperti sistem data *logger* berbasis Arduino dan tipe *burner Infrared*. Kemudian memastikan desain ini memenuhi spesifikasi dan kebutuhan yang telah ditetapkan. Sistem data *logger* berbasis Arduino dan tipe *burner Infrared* berpengaruh terhadap profil biji dan tingkat kematangan biji kopi yang dihasilkan.

Tingkat kematangan biji kopi memiliki pengaruh terhadap karakteristik rasa kopi yang dihasilkan. Ada tiga tingkat kematangan kopi yang umumnya dikenal, yaitu *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*. Pada tingkat kematangan *light roast*, minuman kopi cenderung memiliki rasa yang bersifat asam dan aroma kopi yang khas kurang mendominasi. *Light roast* adalah tahap kematangan awal yang ditandai dengan biji kopi mulai mengubah warnanya menjadi coklat terang. Tingkat kematangan ini juga dikenal sebagai *half city* atau *cinnamon roast* karena proses pemanggangan yang singkat. Sementara itu, pada tingkat kematangan *medium roast*, minuman kopi cenderung memiliki rasa yang lebih manis, dan aroma dari proses pemanggangan sangat kentara. Pada tingkat *medium roast* ini, biji kopi masih tidak mengeluarkan minyak dan warnanya mulai menggelap menjadi coklat tua. Tingkat kematangan ini juga dapat disebut sebagai *full city*, *full city+*, atau *Vienna full city++*. Kandungan kafein dalam biji kopi pada tingkat *medium roast* lebih rendah dibandingkan dengan *light roast*. Tingkat kematangan ini sering digunakan dalam pembuatan kopi. Tingkat kematangan

yang paling tinggi adalah *dark roast*, yang juga dapat disebut sebagai *french roast* atau *nearly black* [6].

Arduino, sebagai platform komputasi fisik yang bersifat *open source*, berlandaskan pada sistem *input/output* sederhana (I/O) dan menyediakan lingkungan pengembangan yang menerapkan bahasa pemrograman *processing*. Arduino dapat dimanfaatkan untuk merancang proyek-proyek interaktif yang berdiri sendiri atau diintegrasikan dengan perangkat lunak pada komputer [7]. Data *Logger* berbasis Arduino adalah perangkat atau sistem yang digunakan untuk merekam dan memantau data secara terus-menerus atau pada interval tertentu menggunakan *microcontroller* arduino sebagai otak pengontrolnya. Perangkat ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan suhu, kelembaban, tekanan, kecepatan, atau parameter lainnya. Gambar 1. Menunjukkan gambar dari *board* Arduino.



Gambar 1. Board arduino [8]

Burner infrared sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pemanggangan, proses pengeringan, memanaskan, dan aplikasi industri lainnya. Keuntungan utama dari *burner* ini adalah efisiensi tinggi dalam menghasilkan panas, kontrol yang baik atas suhu, dan waktu respons yang cepat serta juga dapat menghemat energi karena panas dapat diarahkan secara langsung ke objek yang akan dipanaskan tanpa perlu memanaskan udara sekitarnya. Sistem pemanasan IR untuk pengolahan makanan dan pertanian memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi pengolahan dan kualitas produk [9].

Pengembangan Prototipe

Membangun prototipe awal *smart eco roasting machine* berdasarkan desain konsep. Serta mengintegrasikan semua komponen elektronik, sensor suhu, sistem data *logger*, dan sistem otomatisasi *burner*.

Pengujian dan Validasi

Melakukan serangkaian pengujian untuk memastikan mesin *roasting* berfungsi sesuai yang

diharapkan. Mengumpulkan data pada setiap tahap *roasting* untuk memeriksa akurasi dan konsistensi proses.

Perbaikan dan Pengembangan Lanjutan

Berdasarkan hasil pengujian, melakukan perbaikan pada desain dan fungsi mesin *roasting* jika diperlukan.

Integrasi Data Logger

Mengintegrasikan sistem data logger berbasis Arduino untuk memantau suhu dan waktu *roasting* secara *real-time* serta mengatur cara pengiriman data ke komputer untuk analisis lebih lanjut.

Uji Lapangan

Mengujikan *smart eco roasting machine* di lapangan dengan melibatkan koperasi-koperasi petani kopi dan produsen kopi. Kemudian Mengumpulkan umpan balik dari pengguna untuk penyempurnaan lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan spesifikasi yang disajikan pada [Tabel 1](#). *smart eco roasting machine* dirancang untuk menghasilkan kopi berkualitas dengan kemampuan pemanasan yang efisien menggunakan burner infrared otomatis. Mesin ini juga dilengkapi dengan berbagai fitur, termasuk termometer digital dan pendingin biji, yang membantu mengontrol dan memantau proses *roasting* dengan akurat. Data logger Arduino digunakan untuk merekam data selama proses *roasting*, memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih baik. Konsumsi daya listrik mesin sekitar 210W, menjadikannya efisien dalam penggunaan energi.

Spesifikasi dan Kapasitas drum

Dimensi keseluruhan dari *smart eco roasting machine* yang dirancang adalah 1150x950x650 mm dan dimensi drum ditentukan dengan memastikan bahwa kapasitasnya tidak melebihi 750 gram per *batch*.

$$\text{Kapasitas drum} = \pi \times r^2 \times L \leq 750 \quad (1)$$

Keterangan:

- π = Konstanta
- r = Radius drum (setengah dari diameter)
- L = Panjang drum

Dimensi drum dirancang dengan panjang 200 mm (20 cm) dan diameter 170 mm (17 cm). Guna memastikan biji kopi mentah bisa berputar dan tergores dengan sempurna maka hanya sepertiga dari panjang drum yang bisa diisi oleh volume biji kopi mentah tersebut yaitu 66,7 mm. Diameter drum adalah 17 cm, jadi radius drum (r) adalah setengah dari itu.

$$r = 17 \text{ cm} / 2 = 8,5 \text{ cm}$$

Panjang drum (L) adalah 6,67 cm

Sehingga kapasitas drum dapat dihitung

$$V = \pi \times (8,5 \text{ cm})^2 \times 6,67 \text{ cm}$$

$$V = 3,14159 \times 72,25 \text{ cm}^2 \times 6,67 \text{ cm}$$

$$V = 1514,08 \text{ cm}^3$$

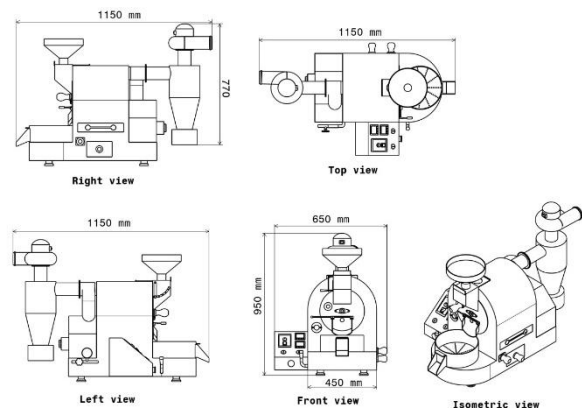
Guna mengonversi volume dalam sentimeter kubik (cm^3) ke gram (g), maka perlu diketahui kerapatan biji kopi yang akan digunakan dalam drum tersebut. Apabila mengasumsikan kerapatan rata-rata biji kopi adalah sekitar $0,8 \text{ g/cm}^3$, maka dapat mengalikan volume dengan kerapatan tersebut.

$$\text{Kapasitas drum} = 1514,08 \text{ cm}^3 \times 0,8 \text{ g/cm}^3 = 1211,26 \text{ gram}$$

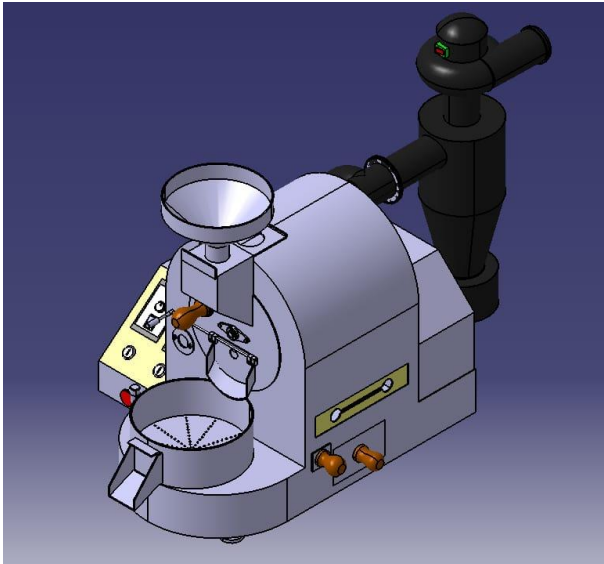
Jadi, kapasitas drum *roasting* dengan panjang 6,67 cm dan diameter 17 cm adalah sekitar 1211,26 gram atau sekitar 1,21 kilogram (kg). Kapasitas *roasting* tidak terlalu berpengaruh terhadap proses *roasting* kopi robusta [10].

Drum ditentukan dengan memastikan bahwa kapasitasnya tidak melebihi 750 gram per *batch* artinya jika biji kopi mentah tersebut di *roasting* maka volumenya akan berubah menjadi 1200 gram dengan asumsi 1,6 kali dari volume awal. Perlu dicatat bahwa *green bean* atau biji kopi mentah ketika di *roasting* akan mengalami perubahan volume sekitar 1,2 hingga 2 kali lipat dari ukuran awalnya. Berdasarkan ketentuan-ketentuan tersebut maka dimensi yang dianggap baik dalam perancangan drum *roasting* berkapasitas maksimum 750 g/*batch* adalah dengan panjang 200 mm (20 cm) dan diameter 170 mm (17 cm).

Berdasarkan analisis yang telah disampaikan di atas maka desain rancang bangun *smart eco roasting machine* disajikan pada [Gambar 2](#). dan [Gambar 3](#). berikut.



Gambar 2. Desain rancang bangun *smart eco roasting machine* (Skala 1:8)



Gambar 3. Gambar perspektif *smart eco roasting machine*

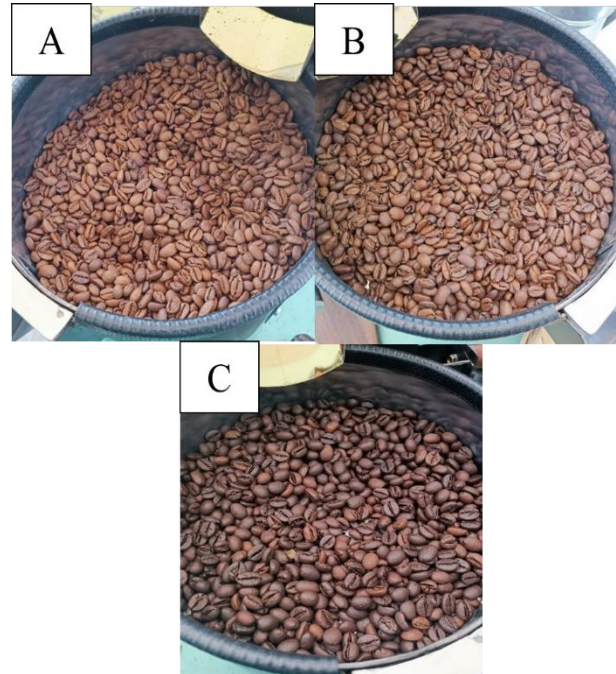


Gambar 4. Desain wujud mesin

Hasil perancangan menunjukkan bahwa *Smart Eco Roasting Machine* yang disajikan pada **Gambar 4.** berhasil meningkatkan konsistensi dalam profil *roasting*, yang merupakan faktor utama dalam menghasilkan kopi berkualitas tinggi. Selain itu, mesin ini efisien dalam penggunaan energi, mendukung praktik pemanggangan yang ramah lingkungan, dan berpotensi meningkatkan daya saing produk kopi di pasar global. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa waktu pemanasan sekitar 13 menit, waktu pemanggangan berkisar antara 3,5 hingga 13 menit, dan waktu pendinginan sekitar 3-5 menit.

Roasting dilakukan dengan bahan baku kopi robusta, arabika anaerob, dan natural. Dioperasikan dengan suhu mesin 190°C. Penggunaan suhu 190°C

sesuai dengan densitas yang dimiliki oleh *green bean*. Waktu tunggu untuk mencapai suhu 190°C adalah 13 menit. Ketika suhu sudah mencapai 190°C kopi masuk ke dalam drum, lalu suhu akan turun direntang 125°C. Ketika ada pembalikan suhu maka api dari *burner* dibesarkan hingga tekanan gas 2,5 Psi. Proses *roasting* untuk tingkat kematangan *green bean* medium adalah 5 menit sedangkan untuk tingkat kematangan *dark* adalah 13 menit. Rata-rata kopi yang telah di *roasting* mengalami penyusutan berkisar 15-20%. Hasil *roasting* ditunjukkan pada **Gambar 5.** berikut.



Gambar 5. (A) Tingkat kematangan medium jenis arabika anaerob, (B) tingkat kematangan medium jenis arabika natural, (C) tingkat kematangan dark jenis robusta

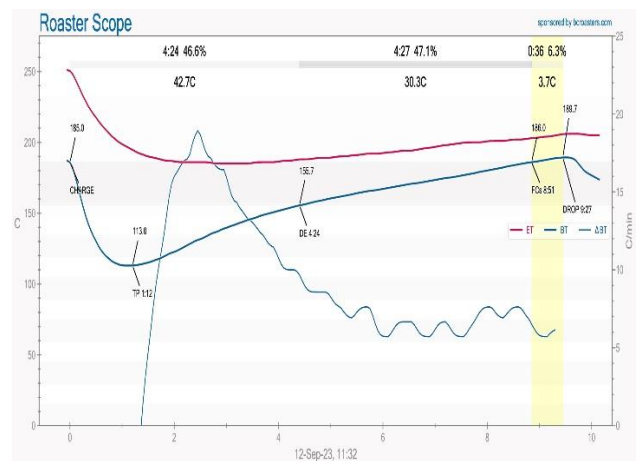
Tingkat kematangan medium untuk kopi arabika anaerob merupakan tahap penting dalam proses *roasting* yang menghasilkan rasa dan aroma yang seimbang antara keasaman, manis, dan kekentalan. Pada tingkat ini, biji kopi berwarna coklat sedang, mulai mengembangkan retakan halus tanpa mengeluarkan minyak, dan menampilkan karakter rasa kompleks dari fermentasi anaerob, seperti sentuhan buah dan manis yang lebih menonjol. Proses *roasting* dilakukan pada suhu sekitar 190°C dengan durasi 5 menit, melewati *first crack* tanpa mencapai *second crack*, sehingga mempertahankan nuansa rasa fermentasi seperti keasaman yang unik. Medium *roast* adalah pilihan ideal untuk kopi arabika anaerob karena menyeimbangkan karakter alami biji kopi dengan profil rasa yang dihasilkan oleh fermentasi anaerob, menghasilkan kopi dengan rasa kompleks dan seimbang yang tidak terlalu asam atau pahit. Tingkat kematangan buah kopi arabika mempengaruhi kandungan senyawa kimia dalam biji kopi, terutama kafein. Kadar kafein dalam biji kopi berbeda tergantung pada tingkat kematangan saat buah kopi dipanen [11], [12].

Tingkat kematangan medium untuk kopi arabika natural adalah fase *roasting* yang mana biji kopi mencapai warna coklat sedang dan mulai menunjukkan retakan halus di permukaannya tanpa mengeluarkan minyak. Proses *roasting* pada suhu 190°C selama 5 menit, melewati *first crack* tanpa mencapai *second crack*, memungkinkan pengembangan karakter rasa alami dari biji kopi. Kopi arabika natural yang *diroasting* hingga medium *roast* cenderung menampilkan profil rasa yang seimbang, dengan keasaman yang moderat, rasa manis, dan kekentalan yang lebih menonjol. Aromanya kaya dan kompleks, dengan nuansa buah-buahan kering, coklat, dan karamel yang lebih dominan, mencerminkan proses pengolahan natural yang melibatkan pengeringan biji kopi bersama lapisan buahnya. Tingkat kematangan ini mempertahankan rasa alami dan aroma khas dari kopi arabika natural sambil memberikan sentuhan panggang yang halus dan seimbang.

Tingkat kematangan *dark* untuk kopi robusta adalah fase *roasting* yang mana biji kopi mencapai warna coklat gelap hingga hampir hitam dan biasanya menunjukkan permukaan yang berminyak akibat keluarnya minyak dari dalam biji. Proses *roasting* ini dilakukan pada suhu 190°C dan berlangsung hingga biji kopi melewati *second crack*, yang menandai perubahan signifikan dalam struktur dan rasa biji kopi. Proses tersebut dilakukan selama 13 menit. Pada penelitian sebelumnya menyatakan bahwa tingkat kematangan *dark roast* memerlukan waktu *roasting* selama 20,40 menit, laju penguapan air sebesar 0,0012 kg/menit dengan kadar air 1,73% [13]. Pada *dark roast*, kopi robusta cenderung memiliki rasa yang kuat dan pahit dengan keasaman yang sangat rendah. Profil rasanya didominasi oleh nuansa *smoky*, coklat hitam, dan terkadang sedikit *burnt*, dengan *body* yang sangat tebal. Aroma yang dihasilkan lebih intens dan kompleks, sering kali mengarah ke karakter *roasted nuts* atau *dark chocolate*. Tingkat kematangan ini sangat cocok untuk kopi robusta, yang secara alami memiliki kandungan kafein dan *body* yang lebih tinggi dibandingkan arabika, sehingga mampu menghasilkan minuman kopi yang sangat *robust* dan penuh cita rasa meskipun proses *roasting*nya sangat intensif.

Gambar 6. menjelaskan terkait profil suhu selama proses *roasting* kopi dengan tiga kurva yang menunjukkan suhu yang berbeda selama proses, serta beberapa titik dan fase yang ditandai. Kurva merah muda (ET - *Environmental Temperature*) menunjukkan suhu lingkungan dalam roaster yang dimulai tinggi dan stabil setelah menurun. Kurva biru (BT - *Bean Temperature*) menunjukkan suhu biji kopi dengan titik penting seperti CHARGE saat biji dimasukkan pada 365°F (185°C), TP (*Turning Point*) pada 235.4°F (113°C) di 1:12 menit, dan DE (*Dry End*) pada 312.2°F (156°C) di 4:24 menit.

Kurva biru juga menunjukkan RoR (*Rate of Rise*) yang didapat dari perubahan suhu biji tiap detik selama *roasting*. Fase kuning (*First Crack - FCs*) menunjukkan retakan pertama biji kopi pada 366.8°F (186°C) di 8:51 menit hingga 373.4°F (189°C). Suhu dan waktu lainnya termasuk 76.8°F (24°C) di 4:24 dan 54.6°F (13°C) di 4:27, dengan suhu akhir 6.6°F (-14°C) yang mencerminkan fluktuasi suhu akibat perubahan panas atau aliran udara di dalam *roaster*. Sumbu Y kiri menunjukkan suhu dalam Fahrenheit dan sumbu Y kanan menunjukkan suhu dalam Celsius, dengan sumbu X menunjukkan waktu dalam menit.



Gambar 6. Profil *roasting*

Grafik pada Gambar 6. diberi label tanggal dan waktu (12-Sep-23, 11:32), membantu dalam memonitor dan mengontrol profil *roasting* untuk konsistensi rasa dan kualitas. Hasil yang diperoleh setelah menggunakan mesin *roasting* modern tersebut sesuai dengan pendapat peneliti sebelumnya yang menyatakan bahwa keunggulan mesin *roasting* kopi adalah efisiensi dalam penggunaan waktu dan tenaga [14], [15].

PENUTUP

Simpulan

Smart Eco Roasting Machine dengan spesifikasi yang telah ditetapkan berhasil meningkatkan konsistensi dalam profil *roasting* kopi, yang sangat penting dalam menghasilkan kopi berkualitas tinggi. Mesin ini juga efisien dalam penggunaan energi, mendukung praktik ramah lingkungan, dan berpotensi meningkatkan daya saing produk kopi di pasar global. Mesin ini memiliki waktu pemanasan sekitar 13 menit, waktu pemanggangan berkisar antara 3,5 hingga 13 menit, dan waktu pendinginan sekitar 3-5 menit.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu harap menambahkan variabel bahan dan

variasi suhu pada saat melakukan *roasting*. Agar performa dari *smart eco roasting* dapat diukur dari segi pengaruh suhu yang diaplikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. A. Santoso, T. Dalmyiatun, and K. Prayoga, "Hubungan Perilaku Petani dengan Adopsi Teknologi Pasca Panen Kopi Robusta di Kabupaten Temanggung," *J. Ilmu Pertan. Trop. dan Subtrop.*, vol. 6, no. 1, pp. 22–32, 2021, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.31002/vigor.v6i1.3702>
- [2] R. Mardiana, S. S. Shidiq, E. Widiastuti, and T. Hariyadi, "Pengaruh Suhu *Roasting* Terhadap Perubahan Kadar Lemak, Kadar Asam Total, dan Morfologi Mikrostruktural Kopi Robusta," *J. irwns*, vol. 4, no. 5, pp. 151–156, 2021.
- [3] H. Yuliandoko, I. W. Suardinata, R. A. Julianto, and R. C. Abiandsa, "Analisis Suhu Optimum *Roasting* Kopi Lokal Banyuwangi Dengan Monitoring Suhu Berbasis Arduino," vol. 6, no. 1, pp. 1086–1094, 2020.
- [4] B. Sugiantoro, Y. Praharto, Sutarno, and N. Supriyana, "Penerapan Teknologi Dry House dan *Roasting* Berbasis ARDUINO Kopi Arabika pada UKM di Desa Gondang , Karangreja , Purbalingga Iteks Intuisi Teknik dan Seni," vol. 12, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [5] B. Hariyanto, Fanani, and S. E. Nugroho, "Peningkatan Kinerja Alat Penyangrai Kopi Type Pemanas Elemen Ke Type Infra Red Gas Burner Terkoneksi Laptop," pp. 279–283, 2019.
- [6] I. J. Sasongko, M. Rivai, A. B. Kopi, and C. Bean, "Mesin Pemanggang Biji Kopi dengan Suhu Terkendali Menggunakan Arduino Due," vol. 7, no. 2, 2018.
- [7] A. Anantama, A. Apriyantina, S. Samsugi, and F. Rossi, "Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno," vol. 01, no. 01, pp. 29–34, 2020.
- [8] H. Santoso, *Monster Arduino VI*. 2016.
- [9] Z. Pan, G. G. Atungulu, and X. Li, *Infrared Heating*, Second Edi. Elsevier Ltd, 2014. doi: 10.1016/B978-0-12-411479-1.00025-5.
- [10] L. Dewantoro, H. Dyah Susanti, and A. Hamid, "Optimizing the Quality of Robusta Coffee on a Coffee *Roasting Machine* Using the Taghuci Method At Cafe Albiru Banyuwangi Optimalisasi Kualitas Kopi Robusta Pada Mesin *Roasting* Kopi Dengan Menggunakan Metode Taghuci Pada Cafe Albiru Banyuwangi," *J. Sci. Res. Dev.*, vol. 5, no. 2, pp. 1069–1080, 2023, [Online]. Available: <https://idm.or.id/JSCR/in>
- [11] A. I. Latunra, E. Johannes, B. Mulihardianti, and O. Sumule, "Analisis kandungan kafein kopi (*Coffea arabica*) pada tingkat kematangan berbeda menggunakan spektrofotometer UV-Vis," *J. Ilmu dan Alama*, vol. 12, no. 1, pp. 45–50, 2021, [Online]. Available: <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2>
- [12] A. C. K. Ana Farida, Evi Ristanti, "Coffee is one of the most famous beverages in the world . wor d . Coffee favored because it has unique taste and flavor . However , coffee contains excess acid and caffeine which has negative impacts on health . Fermentation is one of the alternative meth," *J. Teknol. Kim. dan Ind.*, vol. 2, no. 3, pp. 70–75, 2013.
- [13] M. Syauckani, G. H. Wibowo, F. P. Nurullah, and T. M. I. Riayatsyah, "Studi Pengaruh Temperatur *Roasting* Dan Kecepatan Udara Terhadap Kinerja Mesin *Roasting* Fluid-Bed Biji Kopi," *SINERGI POLMED J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 142–152, 2024, doi: 10.51510/sinergipolmed.v5i1.1550.
- [14] R. Manurung, O. I. A. Nugroho, and E. Apriliyanto, "Pelatihan Penggunaan Mesin *Roasting* Modern dalam Pengelolaan Kopi Arabika pada Kelompok Swadaya Masyarakat Galuh Lestari," *J. Abdidas*, vol. 1, no. 5, pp. 471–477, 2020, doi: 10.31004/abdidas.v1i5.102.
- [15] A. Batubara, A. Widyasanti, and A. Yusuf, "Uji Kinerja dan Analisis Ekonomi Mesin *Roasting* Kopi (Studi Kasus di Taman Teknologi Pertanian Cikajang - Garut)," *J. Teknotan*, vol. 13, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.24198/jt.vol13n1.1.