

Pengembangan alat sangrai biji kopi sistem rotary drum berbasis gas burner untuk peningkatan efisiensi produksi

Kunarto, Riza Muhida, Muhammad Riza, Indra Surya, Bambang Pratowo, Zein Muhamad, Harjono Saputro, Mulyan, Eko Eryando

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung, 35143, Indonesia
Email: kunarto@ubl.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.23969/ksjme.v2i1.44257>

Received: 27 Januari 2026; Revised: 26 March 2026; Published: 6 April 2026

Abstract. Pesisir Barat Regency, Lampung Province, is recognised as one of the coffee-producing regions in which the roasting process is still predominantly conducted using manual methods; consequently, process efficiency and product quality consistency remain suboptimal. This study is aimed at designing and analysing the performance of a gas burner-based coffee roasting machine with a capacity of 5 kg per cycle as an appropriate technological solution for small- to medium-scale farmers. A systematic design approach based on the Pahl and Beitz method was adopted, encompassing the stages of conceptual planning, detailed design, fabrication, and performance testing. The design results indicate that the roasting drum, with a diameter of 35.5 cm and a length of 48 cm, possesses a volume of 47.2 litres, with an effective operational capacity of 5 kg determined based on an average bulk density of 706.15 g/L to ensure optimal heat distribution and mixing. The experimental results demonstrate that, within a roasting time of 90 minutes, the average mass was reduced from 5,000 g to 4,583.2 g, corresponding to a decrease of 9.09%, which indicates moisture reduction during the thermal process, with relatively low variation observed between trials. The transmission system employed was capable of producing a stable drum rotation, thereby supporting heating uniformity and consistency of roasting results. Overall, the developed machine was shown to enhance production capacity and product uniformity compared to manual methods; however, the study remains limited in terms of operational parameter variation and does not yet include detailed temperature distribution analysis or sensory quality evaluation, thus further research is required for process optimisation and comprehensive product quality assessment.

Keywords: coffee roasting machine, rotary drum, gas burner, production capacity, moisture content, machine design.

Abstrak. Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung, merupakan salah satu sentra produksi kopi yang proses penyangraianya masih didominasi oleh metode manual, sehingga efisiensi proses dan konsistensi mutu produk belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja alat sangrai biji kopi berbasis gas burner berkapasitas 5 kg per siklus sebagai solusi teknologi tepat guna bagi skala petani kecil hingga menengah. Metode yang digunakan adalah pendekatan sistematis Pahl dan Beitz yang meliputi tahapan perencanaan konsep, perancangan detail, fabrikasi, dan pengujian kinerja alat. Hasil perancangan menunjukkan bahwa drum sangrai dengan diameter 35,5 cm dan panjang 48 cm memiliki volume sebesar 47,2 liter, dengan kapasitas operasional efektif 5 kg yang ditentukan berdasarkan massa jenis curah rata-rata 706,15 gram/liter untuk menjamin distribusi panas dan pencampuran yang optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada waktu penyangraian 90 menit terjadi penurunan massa rata-rata dari 5.000 gram menjadi 4.583,2 gram atau sebesar 9,09% yang mengindikasikan reduksi kadar air selama proses termal, dengan variasi hasil yang relatif kecil antar percobaan. Sistem transmisi yang digunakan mampu menghasilkan putaran drum yang stabil sehingga mendukung homogenitas pemanasan dan konsistensi hasil sangrai. Secara keseluruhan, alat yang dikembangkan terbukti mampu meningkatkan kapasitas produksi dan keseragaman mutu dibandingkan metode manual, meskipun penelitian ini masih terbatas pada variasi parameter operasi dan belum mencakup analisis distribusi temperatur serta evaluasi kualitas sensori, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk optimasi proses dan pengujian mutu produk secara komprehensif.

Kata kunci, alat sangrai kopi, rotary drum, gas burner, kapasitas produksi, kadar air, perancangan mesin

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen kopi utama, dengan Provinsi Lampung sebagai salah satu sentra produksi terbesar. Di Kabupaten Pesisir Barat, proses pascapanen, khususnya penyangraian biji kopi, masih banyak dilakukan secara manual menggunakan pemanas konvensional. Metode tersebut memiliki keterbatasan dalam hal kapasitas produksi, distribusi panas yang tidak merata, serta inkonsistensi mutu hasil sangrai. Proses penyangraian merupakan tahap kritis yang menentukan aroma, cita rasa, warna, dan kadar air akhir biji kopi. Pengendalian parameter seperti temperatur, waktu, dan kecepatan putaran drum sangat berpengaruh terhadap kualitas produk. Ketidakterkendalian parameter tersebut pada metode manual menyebabkan variasi hasil yang tinggi dan efisiensi proses yang rendah. Beberapa penelitian telah mengembangkan mesin sangrai tipe drum dengan berbagai sistem pemanas, namun sebagian masih kurang sesuai untuk skala petani kecil karena faktor biaya dan kompleksitas sistem. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis kinerja alat sangrai biji kopi berbasis gas burner dengan kapasitas 5 kg per siklus. Perancangan dilakukan dengan pendekatan sistematis untuk menghasilkan alat yang sederhana, ekonomis, dan mampu meningkatkan efisiensi serta konsistensi mutu hasil sangrai.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja alat sangrai biji kopi berbasis gas burner dengan kapasitas 5 kg per siklus, sehingga diperoleh suatu sistem penyangraian yang sederhana, ekonomis, dan sesuai untuk skala petani kecil; selain itu, pengaruh parameter operasi seperti temperatur, waktu, dan kecepatan putaran drum terhadap kualitas hasil sangrai juga dievaluasi guna meningkatkan konsistensi mutu produk. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi tepat guna di sektor pascapanen kopi, khususnya dalam meningkatkan efisiensi proses, kapasitas produksi, serta kualitas biji kopi sangrai yang lebih seragam, sehingga pada akhirnya dapat mendukung peningkatan daya saing produk kopi lokal di pasar yang lebih luas.

METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam proses perancangan dan pembuatan alat sangrai biji kopi meliputi: mesin las listrik (Shielded Metal Arc

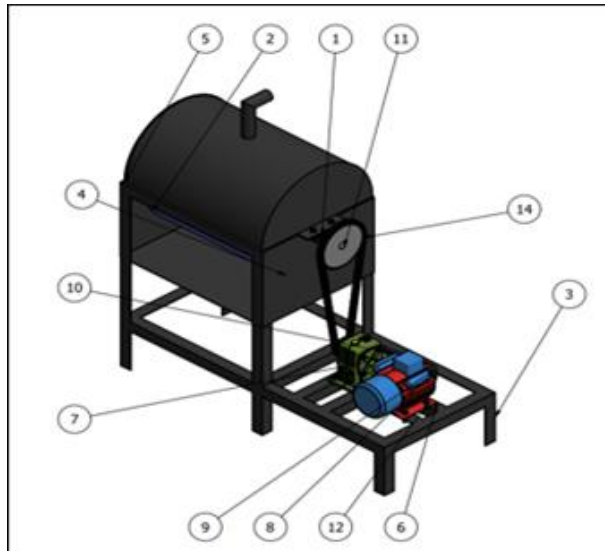
Welding/SMAW) untuk proses penyambungan rangka dan komponen struktur. Mesin gerinda tangan untuk pemotongan dan perapian material. Mesin bor tangan untuk pembuatan lubang baut dan dudukan komponen. Alat ukur mekanik (jangka sorong, mistar baja, dan meteran) digunakan untuk memastikan dimensi sesuai desain. Timbangan digital kapasitas 10 kg dengan ketelitian 1 gram untuk pengujian massa biji kopi. Gelas ukur volume 1 liter untuk pengukuran massa jenis curah biji kopi. Bahan utama yang digunakan dalam rancang bangun alat sangrai kopi adalah: Besi profil L sebagai rangka utama. Plat baja karbon rendah sebagai material drum sangrai. Poros baja sebagai elemen transmisi putar. Bearing tipe pillow block untuk menopang poros. Motor listrik sebagai penggerak utama. Gearbox reducer untuk menurunkan putaran motor. Pulley dan sabuk V adalah sistem transmisi awal. Sprocket dan rantai merupakan transmisi lanjutan menuju drum. Burner berbahan bakar gas LPG sebagai sumber panas. Baut dan mur M10 sebagai elemen pengikat.



Gambar 1. Pengerinan Kopi

Gambar 1 menunjukkan proses pengerinan biji kopi yang dilakukan secara alami dengan memanfaatkan sinar matahari, di mana buah kopi yang masih berkulit (cherry) disebar secara merata di atas alas terpal pada area terbuka; selama proses ini, kadar air dalam buah kopi secara bertahap diuapkan akibat paparan panas matahari dan sirkulasi udara lingkungan. Proses pengerinan ini umumnya dilakukan dengan pembalikan secara berkala untuk memastikan distribusi panas yang merata dan mencegah terjadinya fermentasi berlebih atau pertumbuhan jamur, sehingga diperoleh tingkat kekeringan yang sesuai untuk tahap pengolahan berikutnya, meskipun metode ini sangat

dipengaruhi oleh kondisi cuaca serta memerlukan waktu pengeringan yang relatif lebih lama.



Keterangan:

1. Bearing
2. Drum dalam
3. Kerangka mesin
4. Tutup drum dalam
5. Tutup drum luar
6. Motor listrik
7. Gear box
8. Sabuk v
9. Pulley drive
10. Pulley driven
11. As mesin
12. Baut M10
13. Mur M10
14. Rantai dan gear

Gambar 2. Desain Alat Sangrai Kopi

Metode

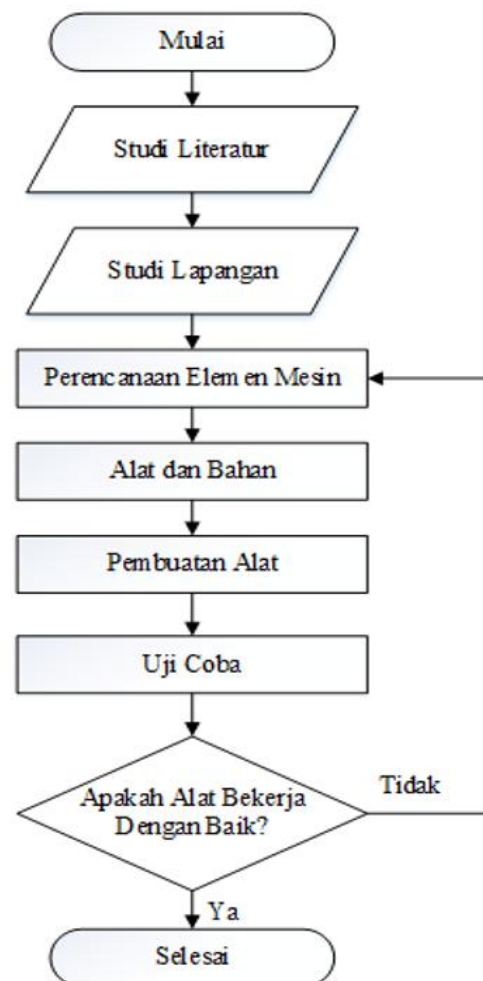
Metode perancangan ini menggunakan metode Pahl dan Beitz yang dijelaskan dalam bukunya "Engineering Design", yaitu perancangan merupakan suatu kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Dalam pembuatan produk sangat diperlukan suatu gambaran yang digunakan sebagai dasar-dasar dalam melangkah atau bekerja.

Desain

Gambar 2 memperlihatkan alat sangrai kopi yang dikembangkan, di mana biji kopi mentah dipanaskan dalam suatu alat pemanggang hingga mengalami perubahan fisik dan kimia, ditandai dengan perubahan warna dari hijau menjadi kecokelatan serta munculnya aroma khas; selama proses ini, kadar air dalam biji kopi diuapkan pada tahap awal, kemudian reaksi Maillard diinduksi

untuk menghasilkan senyawa pembentuk rasa, selanjutnya retakan pertama (first crack) terjadi sebagai indikasi berkembangnya struktur internal biji, dan apabila pemanasan dilanjutkan, tingkat kematangan sangrai yang lebih gelap akan dicapai dengan kemungkinan terjadinya retakan kedua serta keluarnya minyak ke permukaan biji kopi. Proses Fabrikasi

Fabrikasi dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung selama periode Juli–Desember 2022. Proses ini meliputi pemotongan material, perakitan rangka, pemasangan drum, instalasi sistem transmisi, serta pemasangan burner sebagai sistem pemanas.



Gambar 3. Diagram Alir

Tahap Perencanaan Konsep

Tahap ini diawali dengan identifikasi kebutuhan pengguna (petani kopi skala kecil-menengah), penentuan kapasitas desain sebesar 5 kg per siklus, serta pemilihan sistem pemanas berbasis gas burner. Selanjutnya dilakukan perumusan spesifikasi teknis

yang mencakup kapasitas drum, sistem transmisi daya, dan mekanisme putaran.

Pada tahap ini ditentukan konfigurasi sistem yang meliputi: Drum sangrai tipe silinder horizontal, Sistem transmisi kombinasi pulley-sabuk-V dan rantai-sprocket, Sistem pemanas langsung menggunakan burner gas

Tahap Perancangan Teknis

Volume drum dihitung menggunakan persamaan volume tabung:

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

Di mana, V = volume drum (m^3), r = jari-jari drum (m), t = panjang drum (m). Dimensi drum yang digunakan adalah diameter 35,5 cm dan panjang 48 cm.

Perancangan Sistem Transmisi

Penentuan rasio reduksi dilakukan berdasarkan kebutuhan putaran drum yang stabil. Sistem transmisi terdiri dari: Motor listrik, Gearbox reducer, Pulley dan sabuk-V, Rantai dan sprocket. Putaran akhir drum dihitung menggunakan persamaan rasio transmisi:

$$n_2 = \frac{D_1}{D_2} n_1$$

Di mana n_1 = putaran penggerak, n_2 = putaran yang digerakkan, D_1 = diameter pulley penggerak, D_2 = diameter pulley yang digerakkan

Parameter dan Analisis Data

Parameter yang dianalisis meliputi: Kapasitas aktual penyangraian (kg/siklus), Waktu proses (menit), Penurunan massa akibat proses penyangraian, Persentase penurunan massa. Persentase penurunan massa dihitung dengan:

$$Kabk = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100\%$$

Di mana $Kabk$: Kadar air berat kering, w_1 : Berat basah, w_2 : Berat kering.

Analisis dilakukan secara kuantitatif deskriptif untuk menentukan rata-rata penurunan massa yang berkaitan dengan reduksi kadar air selama proses sangrai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik Biji Kopi

Pengukuran massa jenis curah biji kopi dilakukan sebanyak 20 kali percobaan menggunakan gelas ukur 1 liter. Hasil pengujian menunjukkan nilai massa jenis yang bervariasi antara 585 gram/liter hingga 746 gram/liter dengan rata-rata sebesar 706,15 gram/liter.

Nilai rata-rata tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kapasitas volumetrik drum sangrai. Variasi nilai massa jenis disebabkan oleh perbedaan ukuran biji, tingkat kekeringan awal, dan distribusi partikel dalam wadah ukur. Secara teknis, massa jenis curah ini penting untuk memastikan bahwa kapasitas desain 5 kg sesuai dengan volume efektif drum dan tidak menyebabkan overloading saat proses penyangraian berlangsung.

Analisis Kapasitas Volume Drum

Dari hasil survei pada lapangan, didapatkan ukuran tabung dengan diameter 35,5 cm dan panjang 48 cm. Maka didapatkan hasil volume sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V &= \pi \times r^2 \times t \\ V &= 3.14 \times 17,7 \times 17,7 \times 48 \\ V &= 47.219 \text{ cm}^3 \\ V &= 47,2 \text{ liter} \end{aligned}$$

Dalam praktik perancangan mesin sangrai tipe drum, kapasitas operasional ideal hanya berkisar 15–25% dari volume total untuk menjamin sirkulasi dan distribusi panas yang merata. Oleh karena itu, kapasitas kerja ditetapkan sebesar 5 kg per siklus, yang berada dalam batas aman dan memungkinkan proses pencampuran (mixing) biji kopi berlangsung optimal.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Biji Kopi yang Telah Disangrai

No.	Berat Awal Biji Kopi Sebelum Disangrai	Berat Biji Kopi Setelah Disangrai	Waktu
1	5.000 gram	4.639 gram	90 menit
2	5.000 gram	4.544 gram	90 menit
3	5.000 gram	4.502 gram	90 menit
4	5.000 gram	4.622 gram	90 menit
5	5.000 gram	4.609 gram	90 menit
Rata - rata		4.583,2 gram	90 menit

Hasil Pengujian Kinerja Alat

Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan massa awal masing-masing 5.000 gram dan waktu

penyangraian 90 menit. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel berikut:

Evaluasi Sistem Mekanis dan Operasional

Kinerja Sistem Transmisi

Sistem transmisi yang terdiri dari motor listrik, gearbox reducer, pulley-sabuk V, serta rantai-sprocket mampu menghasilkan putaran drum yang stabil selama proses berlangsung. Putaran yang konstan berperan penting dalam menjaga homogenitas pemanasan dan mencegah terjadinya scorching (gosong lokal). Tidak ditemukan slip signifikan pada sistem transmisi selama pengujian, yang menunjukkan bahwa pemilihan rasio reduksi dan diameter pulley telah sesuai dengan kebutuhan desain.

Distribusi Panas dan Stabilitas Proses

Penggunaan burner berbahan bakar LPG memberikan suplai panas yang relatif stabil selama proses 90 menit. Sistem drum berputar memungkinkan biji kopi mengalami kontak panas secara merata. Hal ini ditunjukkan oleh hasil penyangraian yang relatif seragam pada setiap percobaan, dengan variasi massa akhir yang tidak terlalu besar.

Analisis Penurunan Massa

Persentase penurunan massa dihitung menggunakan persamaan:

Dari data pengujian diatas, didapatkan hasil dari berat awal sebesar 5000 gram berubah menjadi berat rata-rata 4.583,2 gram sehingga dapat dihitung hasil persentasenya adalah sebagai berikut:

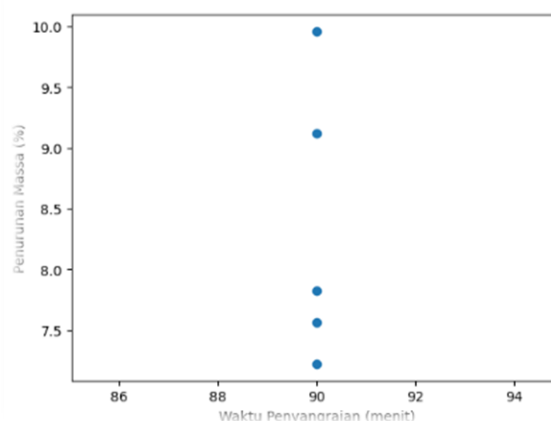
$$\text{Kabk} = \frac{5000 \text{ gram} - 4.583,2 \text{ gram}}{4583,2 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\text{Kabk} = \frac{416,8 \text{ gram}}{4583,2 \text{ gram}} \times 100\% = 9.09\%$$

Kesimpulannya, penurunan berat jenis kopi yang telah disangrai menurun sebesar 9.09% dari berat sebelumnya ketika belum disangrai dikarenakan kadar air pada biji kopi sebelum disangrai menurun karena proses penyangraian.

Grafik hubungan waktu penyangraian (90 menit) terhadap persentase penurunan massa telah ditampilkan. Catatan teknis untuk artikel jurnal: Karena seluruh pengujian dilakukan pada waktu tetap (90 menit), grafik menunjukkan variasi penurunan massa antar percobaan, bukan tren waktu. Rata-rata penurunan massa berada di sekitar 9,09%. Untuk menghasilkan grafik tren yang lebih

informatif (time-series), diperlukan data variasi waktu (misalnya 30, 60, 75, 90 menit).



Gambar 5. Grafik hubungan waktu vs penurunan massa

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa perancangan alat sangrai berbasis gas burner dengan sistem drum horizontal mampu bekerja secara efektif dalam menjaga stabilitas proses, distribusi panas, serta homogenitas hasil sangrai, yang ditunjukkan oleh konsistensi penurunan massa rata-rata sebesar 9,09% dan variasi hasil yang relatif kecil antar percobaan. Implikasi dari temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan desain yang sederhana namun terukur, termasuk penentuan kapasitas berbasis massa jenis curah dan pemilihan sistem transmisi yang tepat, dapat meningkatkan efisiensi operasional dan konsistensi mutu produk pada skala kecil hingga menengah. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada aspek pengujian parameter proses yang belum divariasikan (khususnya waktu penyangraian), belum dilakukannya pengukuran distribusi temperatur secara detail di dalam drum, serta belum adanya evaluasi kualitas sensori hasil sangrai. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu diarahkan pada optimasi parameter operasi secara eksperimental, pengembangan sistem kontrol temperatur yang lebih presisi, serta pengujian mutu produk secara komprehensif guna memperkuat validitas teknis dan aplikatif dari alat yang dikembangkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, fabrikasi, dan pengujian kinerja, alat sangrai biji kopi berbasis gas burner dengan sistem drum horizontal berkapasitas 5 kg per siklus telah berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai dengan spesifikasi desain. Dimensi drum dengan diameter 35,5 cm dan panjang 48 cm menghasilkan volume teoritis sebesar 47,5 liter yang secara operasional efektif untuk kapasitas

kerja 5 kg, sehingga distribusi panas dan pencampuran biji kopi dapat berlangsung secara optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dalam waktu penyangraian 90 menit terjadi penurunan massa rata-rata dari 5.000 gram menjadi 4.583,2 gram atau sebesar 9,09%, yang mengindikasikan terjadinya reduksi kadar air selama proses termal. Sistem transmisi yang terdiri dari motor listrik, gearbox, pulley-sabuk-V, serta rantai-sprocket mampu menghasilkan putaran drum yang stabil, sehingga proses sangrai berlangsung merata dan konsisten. Secara keseluruhan, alat yang dirancang mampu meningkatkan kapasitas produksi dan konsistensi mutu dibandingkan dengan metode manual.

Implikasi dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan alat sangrai berbasis gas burner berpotensi meningkatkan efisiensi proses pascapanen kopi, khususnya pada skala petani kecil hingga menengah, melalui peningkatan kapasitas produksi, pengurangan ketergantungan terhadap keterampilan operator, serta peningkatan keseragaman mutu produk sangrai. Selain itu, penggunaan sistem yang relatif sederhana dan ekonomis memungkinkan adopsi teknologi ini secara lebih luas, sehingga dapat mendukung peningkatan nilai tambah dan daya saing kopi lokal di pasar.

Namun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain belum dilakukannya analisis mendalam terhadap distribusi temperatur di dalam drum secara spasial, belum dievaluasinya konsumsi energi secara komprehensif, serta belum dilakukannya pengujian kualitas sensori (cita rasa dan aroma) hasil sangrai secara terstandar. Di samping itu, variasi parameter operasi seperti laju aliran gas, kecepatan putaran drum, dan kapasitas beban belum dieksplorasi secara luas untuk memperoleh kondisi operasi optimum.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan pengembangan sistem kontrol temperatur berbasis sensor dan feedback control guna meningkatkan presisi proses penyangraian, serta analisis performa termal dan efisiensi energi secara lebih detail. Selain itu, pengujian kualitas produk secara sensori dan kimiawi perlu dilakukan untuk mengkorelasikan parameter proses dengan karakteristik kopi sangrai yang dihasilkan. Pengembangan desain yang lebih ergonomis, serta studi kelayakan ekonomi dan uji implementasi lapangan dalam skala yang lebih luas juga direkomendasikan guna memastikan keberlanjutan dan adopsi teknologi ini secara praktis.

REFERENSI

- [1] S. A. Buffo dan C. Cardelli-Freire, "Coffee flavour: An overview," *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 19, no. 2, pp. 99–104, 2016.
- [2] T. G. Bicho, L. Leitão, J. C. Ramalho, dan A. E. Leitão, "Impact of roasting time on the sensory profile of Arabica and Robusta coffee," *Food Research International*, vol. 89, pp. 714–720, 2016.
- [3] J. Baggenstoss, L. Poisson, R. Kaegi, R. Perren, dan F. Escher, "Coffee roasting and aroma formation: Application of different time-temperature conditions," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 56, no. 14, pp. 5836–5846, 2018.
- [4] A. Farah, *Coffee: Production, Quality and Chemistry*, 2nd ed. Cambridge, U.K.: Royal Society of Chemistry, 2019.
- [5] J. C. Ramalho dan I. P. Pais, "Physiological and biochemical responses of coffee to roasting process," *Scientia Agricola*, vol. 75, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [6] J. G. Webster dan H. Eren, *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook*, 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2017.
- [7] R. C. Hibbeler, *Engineering Mechanics: Dynamics*, 14th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2016.
- [8] R. G. Budynas dan J. K. Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 10th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2018.
- [9] R. K. Rajput, *Engineering Thermodynamics*, 4th ed. New Delhi, India: Laxmi Publications, 2017.
- [10] International Coffee Organization, "Coffee Development Report 2022: The Future of Coffee," London, U.K., 2022.