

Rancang Bangun Alat Sangrai Biji Kopi Otomatis Berdasarkan Tingkat Kematangan Biji Kopi

Risty Jayanti Yuniar^{1*)}, Kharis Sugiarto¹, Muhammad Agung Nursyeha¹, Muhammad Ikbal Ramadhani¹, Lunde Ardhenta²

¹Teknik Elektro, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia

²Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Indonesia

*Penulis korespondensi, E-mail: risty.jayanti@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Kopi merupakan hasil perkebunan terkemuka di Indonesia. Namun saat ini petani masih menggunakan cara konvensional dalam proses produksinya, terutama dalam proses sangrai kopi. Diperlukan alat yang dapat melakukan proses sangrai otomatis sehingga menghasilkan biji kopi yang berkualitas. Dalam penelitian ini dirancang sebuah sistem sangrai biji kopi sesuai dengan tingkat kematangan yang diinginkan melalui pengaturan suhu dan waktu sangrai. Sistem ini menggunakan mikrokontroler, sensor Thermocouple MAX6675, sensor Load Cell, dan motor DC. Berdasarkan data pengujian didapatkan nilai rata-rata penyusutan biji kopi dengan tingkat kematangan *light roast* sebesar 7.5%, *light medium roast* sebesar 12.5%, *medium roast* sebesar 26%, *medium dark roast* sebesar 30.5% dan *dark roast* sebesar 37%. Nilai akurasi sensor suhu thermocouple sebesar 97.59% dan akurasi sensor load cell sebesar 99.67%. Sistem keseluruhan berjalan dengan baik menghasilkan tingkat kematangan biji kopi sesuai dengan input tingkat kematangan biji kopi yang diinginkan.

Kata kunci: Load Cell, Motor DC, Sangrai Kopi, Thermocouple

Abstract

Coffee is a leading plantation product in Indonesia. However, currently farmers still use conventional methods in the production process, especially in the coffee roasting process. A tool is needed that can perform automatic roasting to produce quality coffee beans. In this research, a coffee bean roasting system was designed according to the desired level of maturity by setting the temperature and roasting time. This system uses a microcontroller, MAX6675 Thermocouple sensor, Load Cell sensor, and DC motor. Based on test data, the average shrinkage value for coffee beans with *light roast* maturity level was 7.5%, *light medium roast* was 12.5%, *medium roast* was 26%, *medium dark roast* was 30.5% and *dark roast* was 37%. The accuracy value of the thermocouple temperature sensor is 97.59% and the load cell sensor accuracy is 99.67%. The overall system runs well, producing the maturity level of the coffee beans according to the desired input level of coffee bean maturity.

Keywords: Load Cell, DC motor, Coffee Roaster, Thermocouple

1. Pendahuluan

Kopi adalah salah satu komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi karena berperan penting sebagai sumber devisa negara [1]. Kopi juga merupakan sumber penghasilan bagi satu setengah juta petani di Indonesia [2]. Pengolahan biji kopi adalah faktor kunci yang menentukan apakah kualitas kopi akan baik atau buruk. Salah satu elemen penting yang membentuk rasa dan aroma kopi adalah proses penyangraian [3]. Metode

sangrai dapat bervariasi, baik secara tradisional maupun modern. Dalam metode tradisional, hasil kematangan biji kopi seringkali kurang merata dan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Penggunaan alat modern dalam proses sangrai yang beredar di pasar masih tergolong mahal [4]. Proses sangrai sangat mempengaruhi sifat organoleptik seperti warna, aroma, dan rasa. Oleh karena itu, proses sangrai sangat penting untuk meningkatkan kualitas produksi kopi [5].

Choirur dkk merancang sistem sangrai menggunakan elemen pemanas listrik dengan kendali suhu dan monitoring kelembapan kopi menggunakan Arduino Mega 2560 dengan kapasitas sangrai kopi sebesar 400gr [6]. Sensor suhu yang digunakan adalah MLX90614, merupakan sensor inframerah yang memiliki jangkauan suhu terbatas dan sangat dipengaruhi oleh emisivitas permukaan objek. Salah satu sensor suhu dengan tingkat kehandalan yang tinggi, tahan terhadap getaran dan tidak terpengaruh oleh emisivitas adalah sensor thermocouple. Prinsip kerja thermocouple cukup sederhana. Sensor ini terdiri dari dua kawat logam konduktor berbeda yang ujung-ujungnya digabungkan. Salah satu jenis logam konduktor berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan, sementara yang lainnya mendeteksi suhu panas [7].

Amra dkk, merancang sistem sangrai kopi menggunakan thermocouple yang bekerja pada suhu 140° C. Proses sangrai membutuhkan waktu 60 menit untuk menghasilkan warna hitam pada biji kopi yang sudah matang [8]. Prabowo dkk melakukan pengujian mesin sangrai pada suhu 155° C -195° C dan melakukan analisis penurunan kadar air kopi berdasarkan berat biji kopi [9]. Berat biji kopi dapat diukur menggunakan sensor load cell. Load Cell merupakan komponen utama dalam sistem timbangan digital. Tingkat keakuratan timbangan sangat bergantung pada jenis load cell yang digunakan. Ketika load cell diberi beban pada inti besi, nilai resistansi di strain gauge-nya akan berubah, menghasilkan sinyal yang dikeluarkan melalui empat kabel. Dua kabel berfungsi sebagai eksitasi, sementara dua kabel lainnya sebagai sinyal keluaran menuju kontrol. Load cell sangat penting untuk sistem kerja timbangan berat bahan [10]. Tingkat kematangan biji kopi ditentukan oleh suhu dan waktu saat proses sangrai [2][11]. Kematangan biji kopi yang disangrai dapat dilihat dari faktor penyusutan berat biji kopi [12].

Liberius dkk membuat mesin penyangrai kopi dengan menggunakan kompor gas sebagai elemen pemanas [13][14]. Namun penggunaan kompor gas cenderung memiliki kontrol suhu yang kurang presisi dibandingkan dengan elemen pemanas listrik. Kompor gas juga memiliki respon terhadap perubahan suhu yang lebih lambat dibandingkan elemen pemanas listrik dan terdapat risiko kebocoran gas yang dapat menyebabkan kebakaran. Syarifuddin dkk telah melakukan penelitian pembuatan prototype smart coffee berbasis mikrokontroler dengan menghasilkan empat tingkat kematangan kopi yaitu *light roast*, *medium roast*, *medium dark roast*, dan *dark roast* [15]. Namun input yang digunakan pada penelitian tersebut adalah waktu pemanggangan yang bergantung pada keinginan pengguna. Hal ini dapat menyebabkan ketidaksesuaian hasil pemanggangan saat pengguna salah memasukan nilai waktu pemanggangan.

Pada penelitian ini dikembangkan sistem sangrai kopi otomatis menggunakan kompor listrik yang dapat

melakukan proses sangrai sesuai dengan input tingkat kematangan yang diinginkan. Terdapat lima tingkat kematangan yang disediakan yaitu *light roast*, *light medium roast*, *medium roast*, *medium dark roast* dan *dark roast*. Dengan tingkat kematangan yang berbeda maka suhu dan waktu yang dibutuhkan juga akan berbeda. Sensor suhu yang digunakan adalah thermocouple yang akan mengirimkan sinyal ke Arduino Uno sebagai controller. Controller akan mengirimkan sinyal kepada motor DC untuk berputar saat proses sangrai berlangsung. Dalam penelitian ini juga akan dilihat karakteristik sangrai kopi melalui roasting profile.

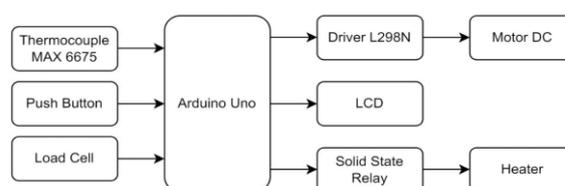
2. Metode

2.1. Deskripsi Sistem

Penelitian ini membuat rancang bangun sistem sangrai biji kopi yang dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan tingkat kematangan biji kopi yang diinginkan. Pengguna dapat memilih menu tingkat kematangan biji kopi dan mikrokontroler akan mengendalikan proses sangrai biji kopi berdasarkan suhu dan waktu yang diperlukan. Terdapat lima tingkat kematangan biji kopi yaitu *light roast*, *light medium roast*, *medium roast*, *medium dark roast*, dan *dark roast*.

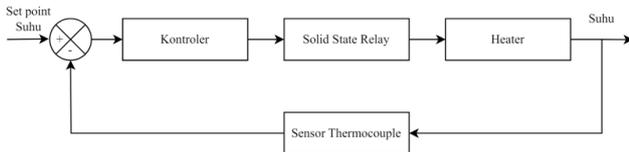
2.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dibuat menggunakan dua input yaitu dengan sensor thermocouple MAX6675 untuk mengontrol suhu pada saat proses sangrai dan sensor load cell untuk mengukur berat biji kopi yang akan disangrai dan hasil dari pengukuran berat akan masuk kedalam sistem untuk mendapatkan lama waktu yang tepat untuk proses sangrai biji kopi. Sehingga dapat menghasilkan hasil sangrai biji kopi yang diinginkan. Mikrokontroler yang digunakan pada perancangan sistem ini menggunakan Arduino Uno Atmega328P seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



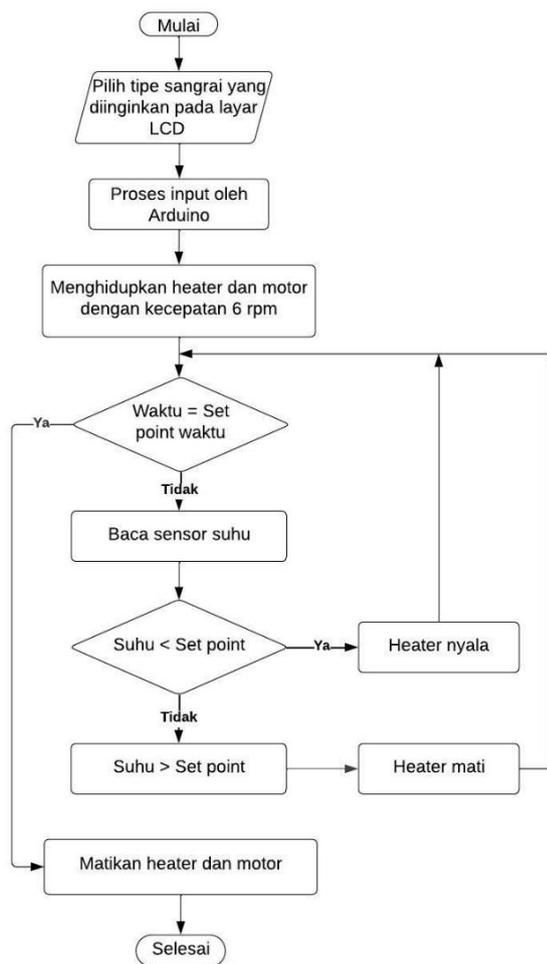
Gambar 1. Perancangan Sistem Sangrai Biji Kopi
Output pada perancangan sistem ini yaitu, motor dc yang digunakan sebagai penggerak drum sangrai dengan menggunakan Driver L298N agar kecepatan putaran motor konstan dan bisa diatur. LCD untuk menampilkan pengukuran suhu secara realtime, berat biji kopi pada saat sebelum dan sesudah di sangrai, dan lama waktu pada saat proses sangrai. Heater dengan menggunakan solid state relay agar dapat nyala dan mati otomatis. Apabila suhu berada diatas titik maksimal maka relay akan bekerja untuk mematikan heater dan apabila sudah turun sampai

titik minimal suhu maka solid state relay akan bekerja kembali untuk menyalakan heater tersebut. Hal ini berguna agar suhu pada saat proses sangrai tetap stabil sesuai suhu yang diinginkan untuk mendapatkan hasil sangrai yang merata. Blok diagram sistem pengaturan suhu dapat dilihat dalam Gambar 2 dan flowchart sistem ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Pengaturan Suhu

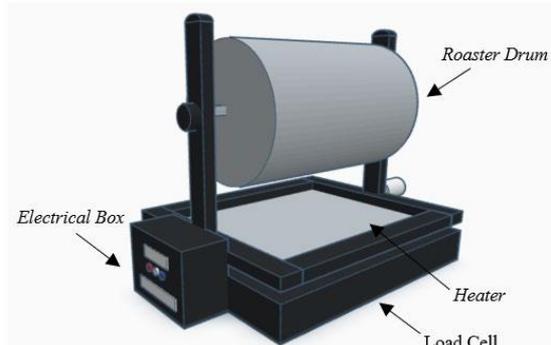
Alat sangrai biji kopi bekerja secara otomatis, user akan memilih tingkat kematangan biji kopi yang diinginkan yaitu light roast, light medium, medium roast, medium dark roast dan dark roast. Mikrokontroler akan menentukan jumlah waktu yang dibutuhkan alat untuk memanggang biji kopi berdasarkan tingkat kematangan yang diinginkan dan berat biji kopi. Alat akan berhenti secara otomatis saat waktu yang telah ditentukan selesai.



Gambar 3. Flowchart Sistem Sangrai Biji Kopi

2.3. Pembuatan Sistem

Pembuatan alat sangrai otomatis ini menggunakan drum sangrai dengan posisi vertikal berbentuk tabung dengan ukuran diameter tabung 12 cm dan panjang 18 cm, rangka menggunakan besi holo berbentuk persegi dengan ukuran 25 cm x 25 cm. Alat sangrai biji kopi ini mempunyai kapasitas sangrai 500 gram. Desain sistem sangrai biji kopi ditunjukkan dalam Gambar 4 dan realisasi alat ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 4. Desain Sistem Sangrai Biji Kopi

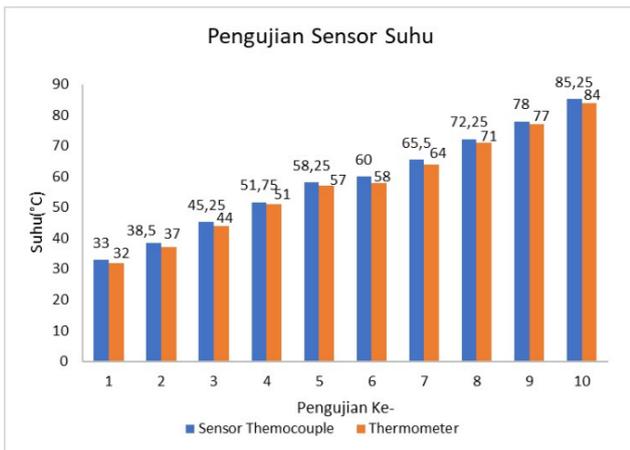


Gambar 5. Alat Sangrai Biji Kopi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Sensor Suhu Thermocouple MAX6675

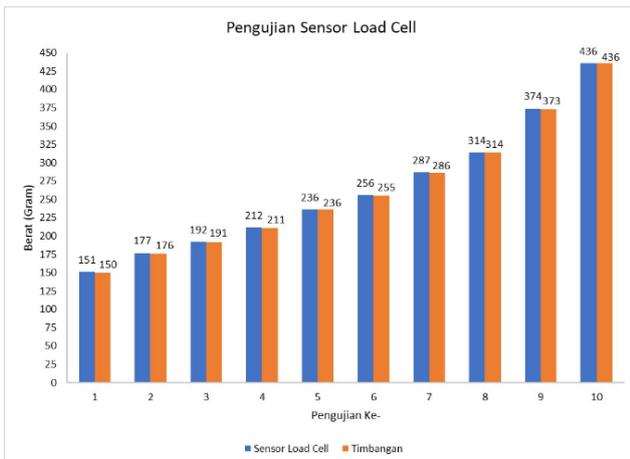
Pengujian pada sensor thermocouple MAX6675 bertujuan untuk melihat respon dari sensor suhu yang digunakan. Sebelum digunakan untuk membaca suhu pada saat sangrai kopi, dilakukan pengujian sensor thermocouple dibandingkan dengan thermometer digital untuk mengetahui akurasi dari sensor thermocouple MAX6675. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 6. Didapatkan nilai akurasi sensor suhu thermocouple MAX6675 sebesar 97,59%.



Gambar 6. Pengujian Sensor Suhu

3.2 Pengujian Sensor Load Cell

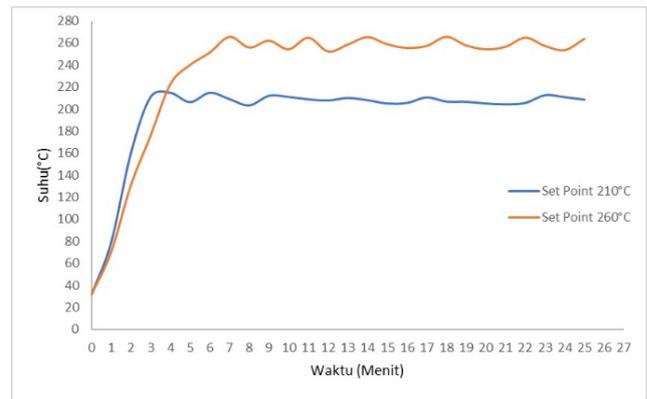
Pengujian pada sensor load cell bertujuan untuk melihat respon dari sensor load cell yang digunakan. Pengujian sensor load cell dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran sensor load cell dengan timbangan digital. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 7. Didapatkan nilai akurasi sensor load cell sebesar 99.67%.



Gambar 7. Pengujian Sensor Load Cell

3.3 Pengujian Suhu

Pengujian suhu dalam penelitian ini menggunakan nilai set point suhu sebesar 210°C dan 260°C. Gambar 8 menunjukkan respon perubahan suhu pada sistem sangrai biji kopi.



Gambar 8. Grafik Respon Perubahan Suhu

Analisa karakteristik kondisi transient dan steady state pada Gambar 6 ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Suhu

Suhu (°C)	Karakteristik (menit)			
	Delay Time	Rise Time	Peak Time	Settling Time
210	1.3	2.9	3.7	8.3
260	2	6.7	7.1	10.4

3.4 Pengujian Kecepatan Motor

Dalam perancangan kecepatan motor dilakukan pengujian kecepatan putaran pada drum sangrai. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan variasi kecepatan putaran yang berbeda namun dengan suhu dan waktu yang sama. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Kecepatan Motor

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Kecepatan (rpm)	Hasil Sangrai (tingkat kematangan)
260	120	6	Dark roast
		12	Medium Dark
		20	Medium roast

Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil bahwa semakin cepat putaran motor maka hasil sangrai kopi menjadi tidak merata. Semakin lambat putaran motor akan mempercepat proses kematangan biji kopi. Berdasarkan pengujian tersebut maka kecepatan motor yang diimplementasikan dalam sistem sangrai kopi yaitu 6 rpm.

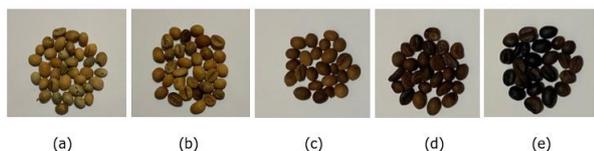
3.5 Pengujian Suhu dan Waktu

Perancangan sistem dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai set point suhu dan waktu. Pengujian ini dilakukan sebanyak 12 kali percobaan dengan variasi berat, suhu, dan waktu yang berbeda. Sehingga nantinya bisa mendapatkan suhu dan waktu untuk mendapatkan

tingkat kematangan yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan didalam suhu ruangan yang berkisar 32-33°C. Pengujian ini menggunakan biji kopi robusta dengan variasi berat 100 Gram dan 200 Gram. Setelah dilakukan pengujian sebanyak 12 kali didapatkan hasil pada Tabel 3. Didapatkan lima variasi tingkat kematangan biji kopi yang memiliki warna yang berbeda seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 9.

Tabel 3. Pengujian Suhu dan Waktu

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Nilai Penyusutan (%)	Hasil Sangrai
210	25	100	92	8	Light roast
		200	187	7	Light roast
	30	100	88	12	Light medium
		200	182	9	Light medium
		200	173	14	Light medium
260	60	100	72	28	Medium roast
		200	152	24	Medium roast
	90	100	68	32	Medium dark
		200	142	29	Medium dark
		200	128	36	Dark roast
	120	100	62	38	Dark roast
	200	128	36	Dark roast	



Gambar 9. Hasil Sangrai Biji Kopi (a) Light Roast; (b) Light Medium Roast; (c) Medium Roast; (d) Medium Dark roast; (e) Dark Roast

Berdasarkan data Tabel 3 dapat dilihat rata-rata penyusutan tingkat kematangan *light roast* sebesar 7.5%, *light medium roast* sebesar 12.5%, *medium roast* sebesar 26%, *medium dark roast* sebesar 30.5% dan *dark roast* sebesar 37%.

3.6 Pengujian Keseluruhan

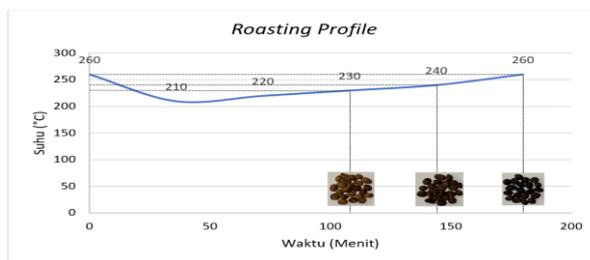
Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan kesesuaian tingkat kematangan kopi yang diinginkan. Pengujian sistem dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan variasi berat dan variasi tingkat kematangan yang berbeda seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Keseluruhan

Tingkat kematangan (Input)	Berat Awal (gram)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Berat Akhir (gram)	Hasil Sangrai (Output)
Light roast	120	210	25	111	Light roast
	230			216	
	340			324	
Dark roast	130	260	120	92	Dark roast
	240			183	

Pengujian dilakukan dengan memilih tingkat kematangan kopi *light roast* dan *dark roast*. Saat pengujian *light roast* maka sistem akan secara otomatis bekerja pada suhu 210° C selama 25 menit. Tingkat kematangan biji kopi yang dihasilkan setelah proses sangrai sama dengan nilai input yang diinginkan yaitu *light roast*. Pengujian ini berlaku juga pada tingkat kematangan *dark roast*, hasil yang diinginkan sesuai dengan hasil tingkat kematangan biji kopi yang dihasilkan yaitu *dark roast*.

Berdasarkan lima percobaan pada Tabel 4, semua nilai output memiliki tingkat kematangan sesuai dengan nilai inputnya. Tingkat kematangan biji kopi dapat dilihat dari warna biji kopi dan penyusutan berat biji kopi. Berdasarkan Tabel 4 nilai rata-rata penyusutan biji kopi dengan input kematangan *light roast* sebesar 6.09% dan dihasilkan biji kopi dengan warna yang terang. Sedangkan biji kopi dengan input kematangan *dark roast* menghasilkan biji kopi dengan warna yang gelap pekat. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah berhasil menyangrai biji kopi sesuai dengan tingkat kematangan yang diinginkan. Roasting profile kopi ditunjukkan pada Gambar 10



Gambar 10. Roasting Profile Kopi

Gambar 10 menunjukkan roasting profile kopi, pada menit 108 biji kopi mengalami proses karamelisasi dimana biji kopi mengalami perubahan warna menjadi coklat muda (*medium roast*). Pada menit 144 biji kopi mengalami crack pertama dimana biji kopi berubah warna menjadi coklat sedikit gelap (*medium dark roast*). Pada menit 180 biji kopi mengalami crack kedua dimana biji kopi berubah warna menjadi coklat tua (*dark roast*). Ada dua titik yang sering diperhatikan pada roasting profile yaitu first crack (retakan pertama) dan second crack (retakan kedua). Retakan yang terjadi pada proses sangrai biji kopi merupakan indikasi perubahan kimia pada biji kopi yang mempengaruhi rasa akhir biji kopi.

4. Kesimpulan

Sensor suhu thermocouple dan sensor load cell bekerja dengan baik dengan tingkat akurasi masing-masing 97.59% dan 99.67%. Sistem penyangrai kopi mampu menghasilkan biji kopi sesuai dengan tingkat kematangan sesuai dengan input tingkat kematangan yang diinginkan. Hal ini menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi merupakan kelebihan dari sistem yang telah dibuat. Semakin tinggi tingkat kematangan yang diinginkan maka nilai penyusutan berat kopi akan semakin tinggi. Rata-rata penyusutan tingkat kematangan *light roast* sebesar 7.5%, *light medium roast* sebesar 12.5%, *medium roast* sebesar 26%, *medium dark roast* sebesar 30.5% dan *dark roast* sebesar 37%.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Kalimantan (LPPM ITK) atas dukungan dana yang telah diberikan. Bantuan ini sangat berperan penting dalam kelancaran dan keberhasilan penelitian ini. Kami juga ingin menyampaikan apresiasi yang tinggi kepada Departemen Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas kolaborasi yang telah terjalin dalam penelitian skema kerjasama ini. Kontribusi yang diberikan sangat membantu dalam mencapai hasil yang maksimal.

Referensi

- [1] A. Teniro and Z. Zainudin, "Optimalisasi Pengolahan Biji Kopi Dalam Upaya Peningkatan Pendapatan Petani," *J. Pengabd. Pada Masy. Indones.*, vol. 1, no. 3, pp. 24–28, 2022, doi: 10.55542/jppmi.v1i3.229.
- [2] Y. Herlina, "Pengaruh Suhu Dan Lamanya Penyangraian Terhadap Kualitas Biji Kopi Robusta," *Agrica Ekstensi*, vol. 16, no. 2, pp. 49–56, 2022, doi: 10.55127/ae.v16i2.118.
- [3] A. F. Adziimaa and A. O. Rachmadianti, "Implementasi Mesin Sangrai Biji Kopi Portabel dengan Display Berbasis Internet of Things pada UMKM Ursa Roastery, Gresik," *Sewagati*, vol. 7, no. 2, pp. 194–202, 2022, doi: 10.12962/j26139960.v7i2.459.
- [4] B. H. Y. Pratama, B. M. Basuki, and O. Melfazen, "Smart Coffee Roaster Berbasis IOT," *Sci. Electro*, vol. 15, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [5] H. Maulina and M. Idkham, "Uji Kinerja Mesin Penyangrai Kopi Dengan Menggunakan Sumber Elemen Pemanas Listrik (Heater) dan Tenaga Penggerak Motor Listrik (Coffee Roasting Machine Performance Test Using an Electric Heating Source and an Electric Motor)," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 7, no. 1, pp. 535–542, 2022, [Online]. Available: www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- [6] C. Roziqin, A. M. Shiddiqi, and M. Husni, "Perancangan Sistem Otomatis pada Mesin Sangrai Kopi Menggunakan Logika Fuzzy," vol. 13, no. 2, 2024.
- [7] Barmawi, Azhar, and M. Kamal, "Rancang Bangun Penggunaan Sensor Thermocouple Pada Alat Penyangrai Biji Coklat Secara Otomatis Berbasis Arduino UNO," *J. Tektro*, vol. 7, no. 1, p. 2023, 2023.
- [8] D. Y. T. Siti Amra, Rachmawati, Raisah Hayati, "Rancang Bangun Alat Penyangrai Kopi Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler," 2020, pp. 2598–3954.
- [9] D. Prabowo, U. S. Jati, and W. Jaya, "Rancang Bangun Coffee Roaster Machine Kapasitas 1 Kg dengan Menggunakan Pengatur Suhu dan Waktu Termostat Rex-C 100," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2020, doi: 10.35970/accurate.v1i1.171.
- [10] F. A. Dhanneswara Yoga Widagdo, Koesmarijanto, "Sistem pencatatan hasil timbangan menggunakan sensor," *Jartel*, vol. 10, no. 1, pp. 13–19, 2020.
- [11] A. A. Oksari, N. Hasanah, I. F. Wanda, and R. Sutamihardja, "CHARACTERISTICS OF GROUND COFFEE QUALITY ON VARIATIONS IN TEMPERATURE AND ROASTING TIME FOR ROBUSTA COFFEE (Coffea Canephora PIERRE EX A.FROEHNER) GREEN BEAN," *Indones. J. Appl. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 11–26, 2023, doi: 10.30997/ijar.v4i1.284.
- [12] I. K. Suherman, W. Suwirya, and N. W. M. S. Dewi, "Horizontal Coffee Roaster Design with Temperature and Time Control," *Log. J. Ranc. Bangun dan Teknol.*, vol. 20, no. 1, pp. 40–45, 2020, doi: 10.31940/logic.v20i1.1780.
- [13] L. H. Nggala, N. Nachrowie, and S. Subairi, "Implementasi Metode Proportional Integral Derivative (PID) Ziegler Nichols pada Kontrol Mesin Penyangrai Biji Kopi," *Energy - J. Ilm. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 16–27, 2023, doi: 10.51747/energy.v13i1.1209.
- [14] H. Harsawardana, "Perancangan Perangkat Modular Kendali Suhu dan Aliran Gas Elpiji Berbasis Fuzzy Logic," *Emit. J. Tek. Elektro*, pp. 11–17, 2024, doi: 10.23917/emitor.v24i1.2393.
- [15] S. Baco, A. C. Dharti Aksa, R. Musriadi, and M. Lamba, "Prototype Smart Coffee Roasting Berbasis Mikrokontroler," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 18, no. 01, pp. 22–26, 2023, doi: 10.47398/iltek.v18i01.80.