

TEKNOLOGI PENYANGRAI BIJI KOPI DENGAN ALAT UKUR MASSA SISTEM DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

Surya Palas¹⁾, Sailon^{2)*}, Ahmad Zamheri²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya.

Jln. Srijaya Negara Bukit Besar - Palembang 30139, Indonesia

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jln. Srijaya Negara Bukit Besar - Palembang 30139, Indonesia

*email korespondensi: sailonir5@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Received:
08/09/23

Received in revised:
15/06/24

Accepted:
24/06/24

Online-Published:
31/10/24

© 2024 The Authors. Published by
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan
(Indexed in SINTA)

doi:

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14242120>

ABSTRAK

Sangrai kopi merupakan proses penting untuk menghasilkan biji kopi berkualitas. Namun, proses sangrai kopi masih sering dilakukan secara manual ataupun masih dengan mesin konvensional. Oleh sebab itu, untuk mengatasi permasalahan ini, telah dirancang sebuah mesin sangrai kopi dengan sistem mikrokontroler menggunakan berbagai komponen seperti Arduino mega sebagai kontrol utama, sensor MLX 90614 untuk mengukur suhu, sensor loadcell untuk melacak massa biji kopi, motor DC sebagai pengaduk biji kopi, dan LPG sebagai sumber pemanas untuk tabung sangrai telah menghasilkan mesin sangrai kopi yang berfungsi dengan baik, seperti yang terlihat dari hasil penelitian. Pengujian mesin sangrai kopi juga menunjukkan bahwa suhu pemanasan dalam tabung sangrai dapat mencapai 150°C dalam waktu rata-rata 6.52 menit. Dan tingkat keakurasian sensor loadcell sebesar 99,5%, serta sensor suhu dengan tingkat keakurasian sebesar 98,6% Dengan mesin sangrai kopi otomatis ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam proses sangrai kopi dalam skala rumah tangga. Mesin ini memungkinkan kontrol suhu yang lebih baik dan pengadukan yang stabil, sehingga dapat membantu meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi kopi.

Kata Kunci: Loadcell, Biji Kopi, Arduino Mega, Sensor MLX90614, Motor DC, Penyangrai Biji Kopi

ABSTRACT

Roasting coffee is a crucial process to produce high-quality coffee beans. However, the coffee roasting process is still often done manually. To address this issue, an automatic coffee roasting machine has been designed using various components such as Arduino Mega as the main controller, MLX 90614 sensor to measure temperature, loadcell sensor to track the weight of coffee beans, DC motor as the coffee bean agitator, and LPG as the heating source for the roasting chamber. The research has shown that the coffee roasting machine functions well. Testing of the machine indicates that the heating temperature inside the roasting chamber can reach 150°C in an average time of 6.52 minutes. The loadcell sensor has an accuracy rate of 99.5%, while the temperature sensor has an accuracy rate of 98.6%. With this automatic coffee roasting machine, it is expected to improve the efficiency of coffee roasting on a household scale. The machine allows for better temperature control and stable agitation, thereby helping to enhance the quality and production efficiency of coffee.

Keywords: Loadcell, Coffee Beans, Arduino Mega, MLX90614 Sensor, DC Motor, Coffee Bean Roaster.

1 PENDAHULUAN

Indonesia sebagai salah satu negara dengan letak wilayah geografis dan iklim yang baik untuk bercocok tanam kopi. Letak geografis di negara Indonesia membuat produk hasil kopi memiliki cita rasa yang khas (Badan Pusat Statistik, 2018) [1]. Luas area kopi di Indonesia adalah 1,23 juta hektar dan produksinya 717,9 ribu ton dengan kepemilikan 96% perkebunan masyarakat (Direktorat jenderal perkebunan, 2020) [2]. Kopi telah menjadi komoditas komersial setelah diperkenalkan oleh para pedagang Arab di perjalanan mereka menuju Yaman [3]. Dalam proses sangrai biji kopi, penanganan pasca panen yang baik sangat penting untuk menghasilkan kopi berkualitas tinggi. Namun, di bisnis skala rumah tangga atau UMKM, masih banyak yang menggunakan metode tradisional (manual) dengan kayu dan gas sebagai bahan bakar serta pengadukan yang masih manual. Proses sangrai yang masih manual ini memiliki hasil sangrai kopi yang tidak konsisten sehingga memberikan karakteristik rasa dan aroma yang berbeda ketika kopi disajikan. (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, 2016) [4]. Oleh karena itu proses sangrai yang kurang efektif dan mengakibatkan ketidakseragaman dalam hasil akhir biji kopi yang disangrai. Variasi suhu dan ketidakstabilan dalam pengadukan dapat berdampak negatif pada kualitas biji kopi yang dihasilkan [5]. Dibandingkan dengan mesin sangrai biji kopi konvensional yang tidak menerapkan mikro kontroler, mesin ini dapat mengotomatisasi sebagian besar proses sangrai biji kopi dengan tingkat keakuratan suhu dan waktu sangrai biji kopi yang presisi, hal ini menjadi keunggulan untuk mengurangi ketergantungan pada keahlian dalam proses sangrai biji kopi dan dapat menghasilkan konsistensi rasa yang lebih tinggi serta memudahkan pengguna untuk menentukan parameter proses sangrai dalam menentukan cita rasa yang khas. Dalam upaya menciptakan alat perkakas yang lebih efisien, ekonomis, dan memiliki tingkat akurasi tinggi, penting untuk memanfaatkan perangkat keras dan perangkat lunak yang tersedia sambil tetap menjaga dan memastikan tingkat akurasi produksi yang optimal [6]. Mikro kontroler Arduino yang populer telah terbukti sangat efektif dalam mengendalikan perangkat keras ilmiah untuk keperluan penelitian (Grinias, dkk., 2016), dan juga memainkan peran penting sebagai platform praktis dalam pembelajaran dan pelatihan mahasiswa [7], [8].

Untuk mengatasi masalah ini penulis merancang alat dengan teknologi modern yang dapat menjadi solusi untuk meningkatkan kualitas proses sangrai. Penggunaan peralatan sangrai canggih yang dapat diatur secara otomatis akan membantu mengontrol suhu dengan lebih akurat. Mesin sangrai biji kopi ini menggunakan sumber pemanas dari LPG, Termokopel untuk mengatur suhu, Motor DC untuk melakukan pengadukan biji kopi, Sensor *loadcell* untuk membantu mengukur berat pada biji kopi dan Kontrol otomatis suhu agar dapat menjaga suhu agar tetap stabil ketika proses sangrai. Penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan dampak positif dalam industri pengolahan kopi dan memberikan produk kopi berkualitas tinggi bagi konsumen. Dengan pemahaman yang mendalam tentang teknik roasting dan penggunaan mesin sangrai yang tepat, produsen kopi dapat menciptakan biji kopi dengan profil rasa yang unik dan memenuhi keinginan konsumen yang semakin beragam [9].

2. BAHAN DAN METODA

2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam proses penelitian ini sebagai berikut:

1. Mesin gerinda, digunakan untuk memotong *frame* atau besi profil L sesuai ukuran yang ditentukan
2. Mesin bor, digunakan untuk melubangi logam tutup pada wadah sangrai sebagai tempat masuknya poros pengaduk.
3. Mistar siku, digunakan untuk membantu meluruskan antara besi profil L ketika proses penyambungan dengan menggunakan alat las
4. Meteran, digunakan untuk mengukur dimensi *frame* apakah sudah sesuai dengan desain
5. Kunci pas 12, digunakan untuk mengikat baut dan mur pada *frame*.
6. Tang, digunakan sebagai alat bantu untuk memegang benda yang panas ketika proses pengelasan
7. Solder, digunakan untuk menyambung kabel dengan komponen elektronik seperti pemasangan *termocouple*.
8. Penggores, digunakan untuk memberikan tanda pada logam agar memudahkan dalam proses pemotongan atau pelubangan.
9. Mesin Las, digunakan untuk menyambungkan besi profil L dalam pembuatan rangka pada dudukan kompor.
10. Kuas, digunakan untuk melakukan pemberian lapisan cat pada *frame*

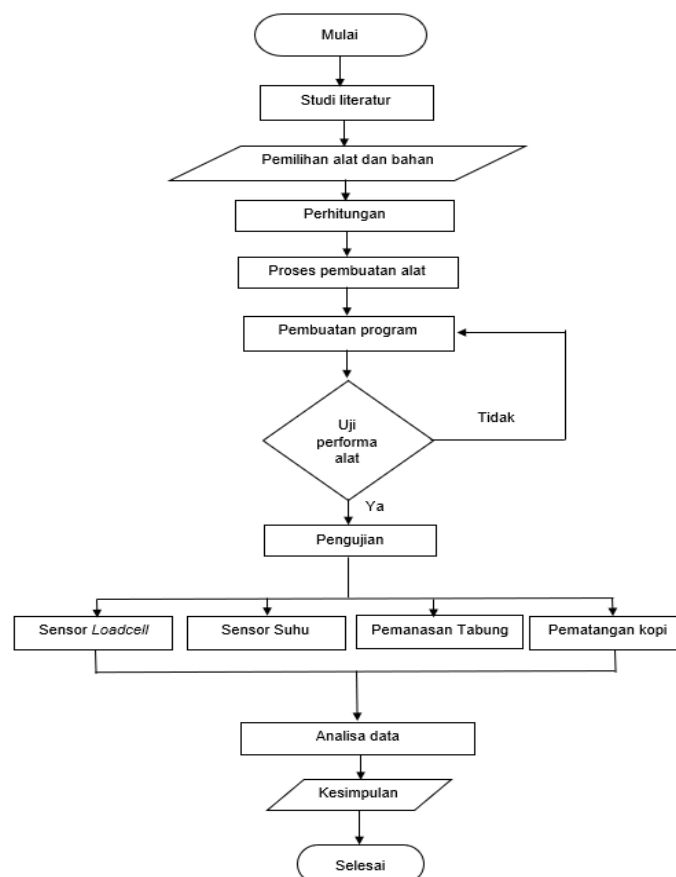
2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini sebagai berikut:

1. Biji kopi, digunakan sebagai sampel penelitian.
2. Arduino Mega, digunakan sebagai pemberi perintah terhadap komponen elektronik.
3. Motor servo, digunakan untuk membesar dan mengecilkan api kompor.
4. Kompor gas, digunakan sebagai sumber pemanas untuk menyangrai biji kopi.
5. Lpg, digunakan sebagai bahan bakar untuk menyalakan kompor.
6. *Thermocouple*, digunakan sebagai sensor untuk mengukur suhu.
7. *Loadcell*, digunakan sebagai sensor untuk mengukur massa biji kopi.
8. Akrilik, digunakan sebagai bahan membuat box panel.
9. Besi profil L, digunakan sebagai bahan membuat *frame*.
10. Mata gerinda, digunakan untuk memotong logam dan akrilik.
11. Kabel jumper, digunakan sebagai penghubung komponen elektronik.
12. Baut dan mur, digunakan sebagai sambungan pada *frame*.
13. Cat, digunakan untuk memberikan warna sekaligus untuk mencegah korosi dan karat.
14. Motor DC, digunakan sebagai alat penggerak pengaduk biji kopi.
15. Panci Fresto, digunakan untuk wadah sangrai biji kopi.
16. Plat *steinless steel* 0.5 mm, digunakan sebagai bahan dari pengaduk biji kopi.
17. Plafon PVC, digunakan sebagai bahan untuk jalur keluar biji kopi.
18. Lem Plastik, digunakan untuk penyambungan akrilik pada box panel.
19. Elektroda, digunakan sebagai pembakar dalam proses penyambungan logam.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menjelaskan tahapan dalam pelaksanaan penelitian seperti yang dijelaskan pada diagram alir penelitian berikut:



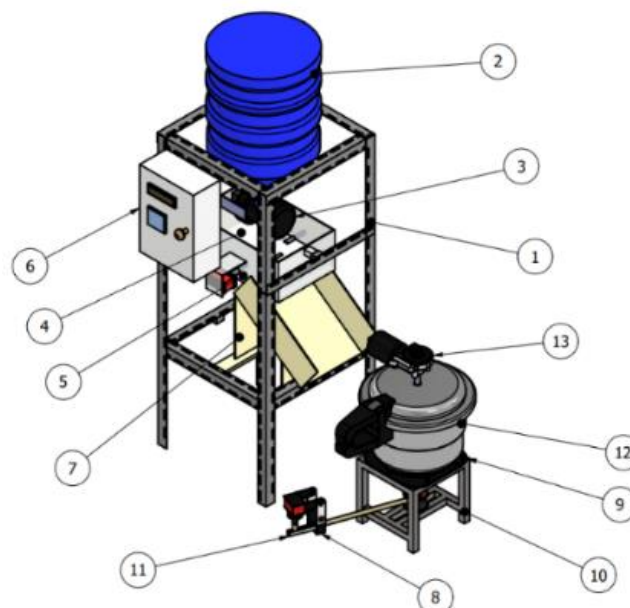
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan alur penelitian:

1. Mengkaji sumber referensi mengenai alat yang akan dibuat
2. Membuat alat sesuai dengan konsep yang telah ditentukan dengan sistem kendali otomatis.
3. Mengevaluasi kinerja dari alat dapat berjalan dengan efektif
4. Melakukan pengujian performa alat untuk mengetahui tingkat keakurasian sensor.
5. Menganalisis data dari hasil pengujian
6. Membuat hasil dari pengujian ke dalam bentuk laporan skripsi

2.3 Metodologi Penelitian

2.3.1. Desain Alat



Gambar 2. Desain Alat

Keterangan:

1. *Frame* (rangka)
2. Wadah penampung biji kopi
3. Pengatur keluar biji kopi (*valve*)
4. Tempat *loadcell*
5. Poros motor servo
6. Box panel
7. Saluran keluar biji kopi
8. *Bracket* motor servo
9. Alas kompor
10. Rangka kompor
11. Kompor
12. Wadah sangrai
13. Motor pengaduk

2.3.2. Prinsip Kerja Alat

Mekanisme kerja alat pada mesin sangrai kopi ini pertama biji kopi dimasukkan kedalam wadah penampung biji kopi kemudian *set point* yang diinginkan pada *keypad* yang terletak pada box panel, kemudian biji kopi akan keluar sesuai dengan berat yang ditentukan, biji kopi keluar maka akan ditimbang oleh sensor *loadcell* dan kemudian jumlah berat biji kopi akan muncul pada tampilan LCD setelah itu motor servo akan membuka *loadcell* sehingga biji kopi akan keluar melalui saluran keluar menuju wadah sangrai biji kopi, kemudian motor servo membuka kompor setelah itu pemantik menyala, kemudian motor pengaduk berputar setelah itu waktu sangrai, suhu, kecepatan motor bisa di lihat melalui LCD pada box panel.

2.3.3. Langkah Pengujian Alat

- a. Pengujian sensor *loadcell*
 Pada pengujian ini, langkah-langkah yang diambil adalah membandingkan nilai massa (dalam gram) yang dihasilkan oleh timbangan digital dengan nilai yang diukur oleh sensor *loadcell* yang terhubung dengan modul (Elfirza & Yogi 2021). Pengujian dilakukan dengan memberikan beban pada sensor *loadcell* dan mengamati keluaran sinyal listrik yang dihasilkan. Hasil dari sensor *loadcell* kemudian dibandingkan dengan nilai massa yang diukur oleh timbangan digital yang digunakan sebagai acuan. Perbedaan antara nilai yang diukur oleh sensor *loadcell* dengan nilai dari timbangan digital akan menunjukkan sejauh mana akurasi sensor *loadcell* dalam mengukur massa.
- b. Pengujian sensor suhu
 Pengujian kinerja sensor suhu termokopel dilakukan dengan membandingkan nilai suhu yang dihasilkan oleh sensor dengan nilai suhu yang terukur oleh thermometer digital. Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 kali dengan cara menempelkan sensor suhu termokopel pada tabung sangrai kopi yang akan dipanaskan. Dengan membandingkan nilai suhu dari sensor dengan acuan thermometer digital, dapat dievaluasi kinerja sensor suhu termokopel dan dipastikan keakuratannya dalam mengukur suhu pada tabung sangrai kopi yang dipanaskan.
- c. Pengujian waktu pemanasan wadah sangrai
 Pengujian pemanasan tabung pada mesin sangrai kopi dilakukan untuk mengukur seberapa lama waktu yang dibutuhkan agar tabung mencapai suhu 200°C. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui waktu yang diperlukan oleh mesin sangrai kopi dalam mencapai suhu kerja yang diinginkan.
- d. Pengujian variasi pematangan kopi
 pengujian ini Dilakukan dengan melakukan uji coba sebanyak 3 kali pada setiap variable yang berbeda, dan pada setiap uji coba menggunakan kecepatan motor dan suhu yang berbeda-beda. Pengujian ini bertujuan untuk memahami bagaimana variasi kecepatan motor dan suhu mempengaruhi proses pematangan kopi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

- a) Pengujian sensor *loadcell*
 Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai massa (dalam satuan gram) yang dihasilkan oleh timbangan digital sebagai acuan. Selama pengujian, sensor *loadcell* diuji dengan memberikan beban atau berat yang sama pada timbangan digital yang terhubung dengan modul tersebut. Kemudian, keluaran dari sensor *loadcell* dicatat dan dibandingkan dengan nilai berat yang ditunjukkan oleh timbangan digital.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor *Loadcell*

Timbangan digital (gr)	Pengujian	<i>Loadcell</i> (gr)	Error %
1000	1	1003,5	0,35
	2	1004,9	0,49
	3	1001,5	0,15
	4	1007,1	0,71
	5	1008,0	0,80
Rata-rata penyimpangan			0,50
Akurasi			99,5

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 2 menunjukkan nilai *error* pada sensor *loadcell* sebesar 0,5% dan tingkat keakurasi sebesar 99,5% menunjukkan bahwa sensor *loadcell* memiliki kinerja yang sangat baik dalam memberikan hasil yang mendekati nilai sebenarnya.

b) Pengujian Sensor Suhu.

Pengujian kinerja sensor suhu dilakukan dengan membandingkan nilai suhu keluaran dari sensor suhu MLX 90614 dengan keluaran dari thermometer digital Krisbow KW06-280. Proses pengujian ini dilakukan dengan mendekati sensor suhu ke wadah sangrai biji kopi yang sedang dipanaskan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Suhu

Thermometer digital (°C)	Pengujian	Sensor MLX 90614 (°C)	Eror %
150	1	153	2,000
	2	151	0,667
	3	152	1,333
	4	151	0,667
	5	153	2,000
Rata-rata penyimpangan			1,333
Akurasi			98,667

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 sensor MLX 90614 menunjukkan nilai penyimpangan (*error*) sebesar 1,333 % dan nilai akurasi sebesar 98,667% menunjukkan bahwa sensor memiliki kemampuan yang baik dalam memberikan hasil yang akurat.

c) Pengujian Pemanasan Wadah Sangrai.

Pengujian pemanasan wadah pada mesin sangrai kopi bertujuan untuk mengukur waktu yang diperlukan oleh tabung dalam mencapai suhu 150°C. Proses pengujian ini dilakukan dengan memanaskan mesin sangrai kopi dan mencatat waktu yang dibutuhkan oleh tabung untuk mencapai suhu target yang telah ditetapkan, yaitu 150°C.

Tabel 4. Pengujian Pemanasan Wadah Sangrai





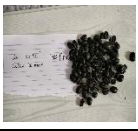

Suhu (°C)	Pengujian	Waktu (menit)
150°C	1	7,01
	2	6,55
	3	6,28
	4	6,38
	5	6,42
Rata-rata waktu yang dibutuhkan		6,52

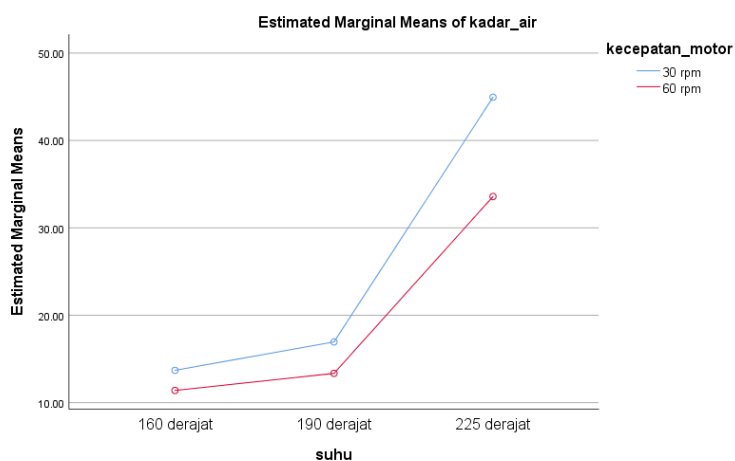
Berdasarkan tabel di atas, dapat diamati bahwa Pada percobaan pertama, waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu 150°C adalah 7,01 menit. Pada percobaan kelima, waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu 150°C adalah 6,42 menit. Rata-rata waktu pemanasan dari lima kali pengujian adalah 6,52 menit.

d) Pengujian Variasi Pematangan Biji Kopi

Uji coba dilakukan sebanyak 3 kali dengan menggunakan suhu dan kecepatan motor yang berbeda-beda untuk mengetahui nilai kadar air yang berkurang dalam proses pematangan biji kopi. Penentuan kadar air dilakukan dengan cara menimbang massa biji kopi sebelum disangrai (*green bean*) dan setelah proses sangrai dengan suhu dan waktu yang telah di tentukan, untuk menghitung persentase kadar air yang berkurang pada biji kopi:

Tabel 5. Pengujian Variasi Pematangan Biji Kopi

Massa (gr)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Kecepatan motor (rpm)	Pengujian	Hasil			
					Massa Setelah di sangrai	Pengurangan Kadar air (%)	rata-rata (%)	Warna
200	160	20	30	1	173,1	13,45	13,7	
				2	172,9	13,55		
				3	171,8	14,10		
			60	1	176,2	11,90	11,4	
				2	178,1	10,95		
				3	177,3	11,35		
200	190	20	30	1	168,6	15,70	16,95	
				2	163,3	18,35		
				3	166,4	16,80		
			60	1	172,1	13,95	13,35	
				2	174,9	12,55		
				3	172,9	13,55		
200	225	20	30	1	109,3	45,35	44,95	
				2	110,8	44,60		
				3	110,2	44,90		
			60	1	136	32,00	33,58	
				2	128,3	35,85		
				3	134,2	32,90		



Gambar 3. Perbandingan Variasi Pematangan Biji Kopi

Berdasarkan hasil analisa melalui SPSS *Anova Two-way* pengujian pematangan biji kopi ditinjau dari pengaruh kadar air dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% dapat dilihat dari Gambar 3 bahwa pengaruh pengurangan kadar air terendah sebesar 11,4% pada suhu 160°C dengan kecepatan motor 60 rpm dan nilai pengurangan kadar air terbesar terdapat pada suhu 225°C dengan kecepatan motor sebesar 30 rpm dengan pengurangan kadar air sebesar 44,95% dan hal ini dapat menyebabkan pematangan biji kopi dengan tingkat kematangan mencapai kategori *dark roast* dengan ciri warna yang gelap [4]. Variasi tersebut menunjukkan hasil dengan tingkat kematangan terbaik yang ditandai dengan warna biji kopi semakin matang dibandingkan dengan variasi lainnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mesin sangrai biji kopi ini bekerja dengan baik sesuai dengan perencanaan yang telah dirancang memiliki nilai keakuratan pada sensor suhu MLX 90614 mencapai 98,6%, menunjukkan bahwa sensor suhu berfungsi dengan sangat baik dalam mengukur suhu pada proses sangrai biji kopi. Tingkat keakuratan pembacaan sensor *loadcell* mencapai 99,5%, yang menandakan bahwa *loadcell* berfungsi secara akurat dalam mengukur berat biji kopi yang diproses. Untuk mencapai suhu 150°C pada tabung sangrai, mesin memerlukan waktu rata-rata sekitar 6,52 menit, Ini menunjukkan bahwa mesin mampu mencapai suhu operasional dengan cepat dan efisien. Selanjutnya, hasil pengujian variasi pematangan biji kopi dengan kecepatan motor 30 rpm dan suhu 225°C menunjukkan bahwa proses sangrai dapat menyebabkan pematangan biji kopi. Peningkatan suhu dan waktu sangrai pada suhu 225°C menyebabkan pengurangan kadar air pada biji kopi, yang menunjukkan bahwa biji kopi semakin matang dalam proses ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, Statistik Kopi Indonesia Tahun 2018, Jakarta Pusat: Badan Pusat Statistik
- [2] Direktorat Jenderal Perkebunan, Statistik Perkebunan Indonesia 2018-2020, Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019
- [3] Afriliana, A, "Teknologi Pengolahan Kopi Terkini", Yogyakarta: Deepublish, 2018
- [4] Pusat penelitian kopi dan kakao, Budidaya kopi, Jakarta: Agromedia Pusat penelitian kopi dan kakao, Budidaya kopi, Jakarta: Agromedia, 2016
- [5] M. Ristiawan, and E. Ariyanto, "Otomatisasi Pengatur Suhu Dan Waktu Pada Penyangrai Kopi (Roaster Coffee) Berbasis Atmega 16 Pada Tampilan LCD (Liquid Crystal Display)," *Gema Teknologi*, vol. 19, no. 1, pp. 6-8, Oct. 2016. <https://doi.org/10.14710/qt.v19i1.21949>
- [6] Comaro, J., Malik, I., & K, "Perancangan Dan Pengembangan Alat Uji Tarik Mini Berbasis Arduino Untuk Spesimen Non-Ferro", *Machinery: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 55–61. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4540926>
- [7] Grinias, J, P, Whitfield, J, T, Guetschow, E, D, Kennedy, R, T, "An Inexpensive, Open-Source USB Arduino Data Acquisition Device for Chemical Instrumentation", *J, Chem, Educ*, vol. 93, no. 7, pp.1316-1319, Jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00262>
- [8] Mabbott, G,A, "Teaching Electronics and Laboratory Automation Using Microcontroller Boards", *J, Chem, Educ*, vol. 91, no. 9, pp. 1458-1463. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed4006216>
- [9] Pitra, Dapin, "Rancang Bangun Alat Penyangrai Dan Pendingin Biji Kopi Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega 2560": Universitas Lampung, ISBN: 9781415031049. Dec. 2018
- [10] E. Rosiana and Y. Risaldi, "Rancang Bangun Mesin Sangrai Kopi Dengan Mikrokontroler Arduino Uno", *EPIC*, vol. 4, no. 1, pp. 53–61, Jun. 2021., <https://doi.org/10.32493/epic.v4i1.12865>