

RANCANG BANGUN ALAT PENYANGRAI (ROASTING) KOPI OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE FUZZY

Diana Rahmawati¹, Nanda Muhendra Data², Haryanto³, Miftachul Ulum⁴

^{1, 2, 3, 4} Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang Perumahan Telang Indah, Telang Indah Kamal,
Kabupaten Bangkalan Jawa Timur 69162

diana.rahmawati@trunojoyo.ac.id¹, 140431100072@student.trunojoyo.ac.id²,
haryanto@trunojoyo.ac.id³, miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id⁴

Received: Maret 2021; Accepted: Mei 2021; Published: Juli 2021

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v3i1.62>

Abstrak

Salah satu proses dalam pembuatan kopi adalah proses penyangraian, proses ini merupakan pengolahan biji kopi mentah menjadi biji kopi matang. Setiap penyangraian memiliki cara yang berbeda-beda, baik itu secara tradisional maupun modern. Adapun untuk cara tradisional, dari proses yang dilakukan hasil kematangan biji kopi yang didapatkan masih kurang merata sehingga tidak sesuai keinginan dan penggunaan alat dalam proses penyangraiannya kurang efisien. Sedangkan cara modern, alat yang digunakan harus sesuai berdasarkan karakteristik sehingga jika penggunaannya tidak mengikuti aturan maka hasil dari penyangraian yang dilakukan tidak sesuai. Dari permasalahan tersebut maka akan dibuat alat penyangraian biji kopi yang efisien untuk menghasilkan kematangan biji kopi yang bermutu. Sistem kerja alat ini menggunakan input berat kopi yang menggunakan metode fuzzy logic untuk mendapatkan waktu kematangan biji kopi dan selanjutnya alat ini akan bekerja dengan cara memutar pengaduk biji kopi yang berada didalam tabung penyangraian dengan menggunakan motor dc (*dirrec current*) berdasarkan waktu yang didapat. Pemanasan menggunakan elemen pemanas, dengan sistem kontrol otomatis berdasarkan dari sensor suhu yang terdeteksi dan selanjutnya akan mengendalikan pemanas sampai suhu yang diinginkan. Jika suhu masih kurang dari set poin maka pemanasan akan tetap hidup, sedangkan jika suhu melebihi set poin maka pemanasan akan dimatikan. Sehingga didapatkan hasil suhu pemanasan yang stabil. Dari pengujian yang telah dilakukan alat ini dapat mematangkan 3 jenis biji kopi yaitu robusta, arabika, dan liberika. Alat ini memiliki 3 varian kematangan biji kopi antara lain *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*.

Kata kunci: Biji Kopi, Penyangraian, Suhu, Motor DC(Direct Current), Fuzzy logic

Abstract

One of the processes in making coffee is the roasting process, this process is the processing of raw coffee beans into ripe coffee beans. Each roasting has a different way, both traditional and modern. As for the traditional method, from the process

carried out the results of the ripeness of the coffee beans obtained are still not evenly distributed so that it is not as desired and the use of tools in the roasting process is less efficient. Meanwhile, in the modern way, the tools used must be appropriate based on the characteristics so that if they are not used according to the rules, the results of the roasting are not appropriate. From these problems, an efficient roasting tool will be made to produce quality coffee beans maturity. The working system of this tool uses a coffee weight input that uses the fuzzy logic method to get the ripening time of the coffee beans and then this tool will work by rotating the coffee bean stirrer inside the roasting tube using a dc motor (direct current) based on the time obtained. Heating uses a heating element, with an automatic control system based on the detected temperature sensor and will then control the heater to the desired temperature. If the temperature is still less than the set point then heating will remain on, whereas if the temperature exceeds the set point then heating will be turned off. So that a stable heating temperature is obtained. From the tests that have been done, this tool can ripen 3 types of coffee beans, namely robusta, arabica, and liberica. This tool has 3 variants of ripeness of coffee beans, including light roast, medium roast and dark roast.

Key words: *Coffee beans, Roasting, Temperature, Motor DC(Direct Current), Fuzzy logic*

I. PENDAHULUAN

Kopi merupakan hasil dari olahan biji kopi yang diproses dengan cara disangrai dan selanjutnya disajikan dalam bentuk minuman sebagai penghilang rasa kantuk. Secangkir kopi telah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat indonesia bahkan manca negara. Penikmat kopi tidak hanya para orang dewasa saja, bahkan di kalangan remaja banyak juga yang mengkonsumsi kopi. “Tingkat konsumsi kopi pada tahun 2015 berdasarkan hasil survei sosial ekonomi nasional (SUSENAS) yang dilakukan oleh badan pusat statistik (BPS) mencapai 0,896 kg/kapita/tahun” [1]. Artinya satu orang penduduk di indonesia bisa mengkonsumsi rata-rata 2,5 cangkir kopi perbulannya.

Penyangraian kopi merupakan suatu proses mengubah biji kopi mentah menjadi matang. Sebelum biji kopi disangrai, biji kopi harus melewati tahap pengeringan yaitu dengan menjemur biji kopi dibawah terik matahari atau menggunakan alat pengering biji kopi. Pengeringan ini dilakukan untuk mengurangi kadar air pada biji kopi sampai mencapai kurang lebih

12,5% yang bertujuan agar biji kopi tidak berjamur.

Setelah pengeringan barulah proses penyangraian dilakukan, cara-cara yang digunakan dalam penyangraian sangat bermacam-macam antara lain penyangraian secara tradisional, yaitu cara penyangraian menggunakan wajan dengan mengaduk biji kopi secara terus-menerus sampai dirasa cukup matang. Biji kopi yang dihasilkan pada proses ini dinilai memiliki hasil tingkat kematangan yang berbeda-beda atau tidak merata, akibat dari panas yang berlebih karena tanpa adanya kontrol suhu dan pengadukan yang dilakukan kurang merata. Sehingga dalam cara ini dinilai masih kurang efisien.

Sedangkan di era modern ini sudah ada mesin penyangrai dengan teknologi yang lebih canggih, biasanya digunakan sebagai produksi berskala besar yang banyak ditemui pada pabrik kopi. Untuk mendapatkan mesin ini dibutuhkan biaya yang cukup besar. Dalam penggunaan-nya, mesin penyangrai ini harus ber-dasarkan karakteristik yang diterapkan, karena sudah sesuai uji produksi mesin yang dilakukan. Antara suhu, kapasitas berat biji

kopi, kecepatan putar router harus sesuai dengan aturan pakai, sehingga jika tidak sesuai dengan ketetapan maka hasil kematangan biji kopi yang didapat tidak sesuai yang diinginkan [2].

Sedangkan saat ini banyak bermunculan cafe (tempat penjual kopi), yang mengolah kopi secara langsung dan disajikan pada pembeli. Pada alat penyangrai kopi dalam cafe ini memiliki harga yang lebih murah dibanding dengan alat pada pabrik, hal ini sesuai dengan kegunaan pada cafe. Kapasitas berat kopi pada alat penyangrai untuk cafe lebih sedikit yaitu berkisaran antara 50gram sampai 1kg, dibandingkan dengan pabrik yang dapat mencapai maksimal sampai 10kg atau bahkan lebih.

Dari permasalahan yang terjadi diperlukan solusi alat yang dapat memecahkan masalah tersebut, yaitu alat penyangraian dengan menggunakan teknologi agar didapatkan hasil kopi yang berkualitas. Alat yang dibuat menggunakan sistem kestabilan suhu dengan kontrol pada pemanas, proses pengadukan secara router atau putar untuk mendapatkan tingkat kematangan biji kopi yang merata berdasarkan uji coba, dan dilengkapi dengan waktu penyangraian otomatis berdasarkan penyesuaian berat kopi yang akan disangrai. Sehingga didapatkan ide penelitian yaitu Rancang bangun alat penyangrai (*roasting*) kopi otomatis menggunakan metode fuzzy.

II. METODE PENELITIAN

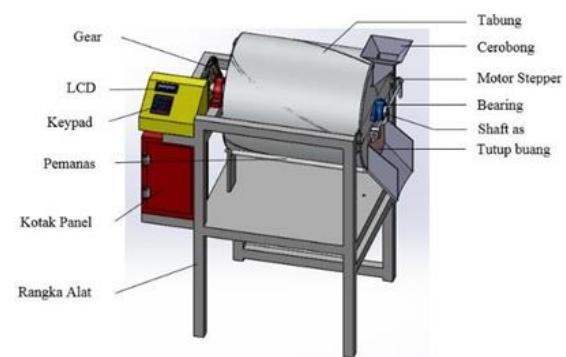
Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka ada beberapa tahapan, antara lain:

1. Identifikasi masalah.
2. Perumusan masalah.
3. Pengumpulan data.
4. Analisa sistem.
5. Perancangan sistem dan alat.
6. Implementasi.

7. Pengujian.
8. Kesimpulan dan saran.

a. Desain Alat

Alat penyangrai biji kopi ini memiliki kapasitas 1kg sampai dengan 5kg. Rancangan alat penyangrai ini memiliki dimensi pada rangka yang berukuran panjang 694mm X lebar 572mm X tinggi 850mm. Menggunakan besi dengan tipe L. Untuk tabung penyangraian memiliki ukuran dengan diameter 400mm X 500mm. Menggunakan plat stainless steel dengan ketebalan antara 2mm sampai 3mm. Untuk kotak panel memiliki ukuran dimensi dengan panjang 200mm X lebar 150mm X tinggi 300mm dan menggunakan plat besi ketebalan 0,5mm.



Gambar 1. Desain alat penyangrai kopi

Keterangan :

1. Cerobong, tempat untuk memasukkan biji kopi dalam tabung.
2. Bearing, digunakan agar shaft as dapat berputar tanpa bergesekan dengan tabung.
3. Shaft as, digunakan sebagai penghubung antara pengaduk dengan gear yang diputar oleh motor dc (*dirrec current*).
4. Tutup buang, digunakan untuk keluarnya biji kopi setelah disangrai.
5. Gear, sebagai torsi agar tenaga motor dc (*dirrec current*) bertambah kuat.
6. Lcd (*Liquid Crystal Display*), sebagai tampilan penggunaan alat sangrai.

7. Keypad, untuk memasukkan angka berat kopi yang akan disangrai.
8. Pemanas, digunakan untuk mematangkan biji kopi dalam tabung.
9. Kotak panel, sebagai tempat peletakan komponen kelistrikan.
10. Rangka alat, sebagai penompang seluruh kelengkapan alat.

b. Perangkat Keras

Pada alat penyangrai otomatis ini perangkat keras yang digunakan:

1. Minimum sistem Atmega16

Pada alat penyangrai, mikrokontroller digunakan sebagai alat kontrol untuk membaca inputan dari sensor suhu termokopel yang selanjutnya akan diolah berdasarkan program yang diberikan pada ic tersebut, dimana aktuator berupa servo yang bergerak sesuai pengandalian kutub tingkat pemanasan biji kopi dan motor dc yang digunakan sebagai kecepatan tabung putar (*router*) pada biji kopi.

2. Motor DC

Dalam alat penyangrai ini motor dc berfungsi untuk megaduk biji kopi yang ada dalam tabung penyangraian secara putar (*router*) agar tingkat kematangan pada biji kopi dapat merata. Kecepatan motor dc yang digunakan dikendalikan berdasarkan rangkaian driver.

3. Sensor termokopel

Dalam alat sangrai ini termokopel digunakan untuk mengetahui keadaan suhu pada ruang tabung penyangraian biji kopi. Peran termokopel ini merupakan bagian yang paling penting karena tanpa mengetahui adanya suhu pada proses penyangraian, seorang roaster tidak dapat mengolah kematangan biji yang sesuai. Adaikan dalam proses penyangraian suhu yang digunakan melebihi perkiraan dan tanpa adanya termokopel maka biji kopi tersebut akan terlalu matang

sehingga akan mempengaruhi cita rasa kopi yang dihasilkan.

4. Keypad

Dalam alat penyangraian ini keypad difungsikan sebagai alat untuk menginputkan nilai berat biji kopi yang akan disangrai.

5. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pada alat penyangraian ini LCD difungsikan sebagai interface antara manusia dan alat, LCD ini akan menampilkan nilai berat biji kopi, waktu, dan suhu dalam alat penyangraian ini.

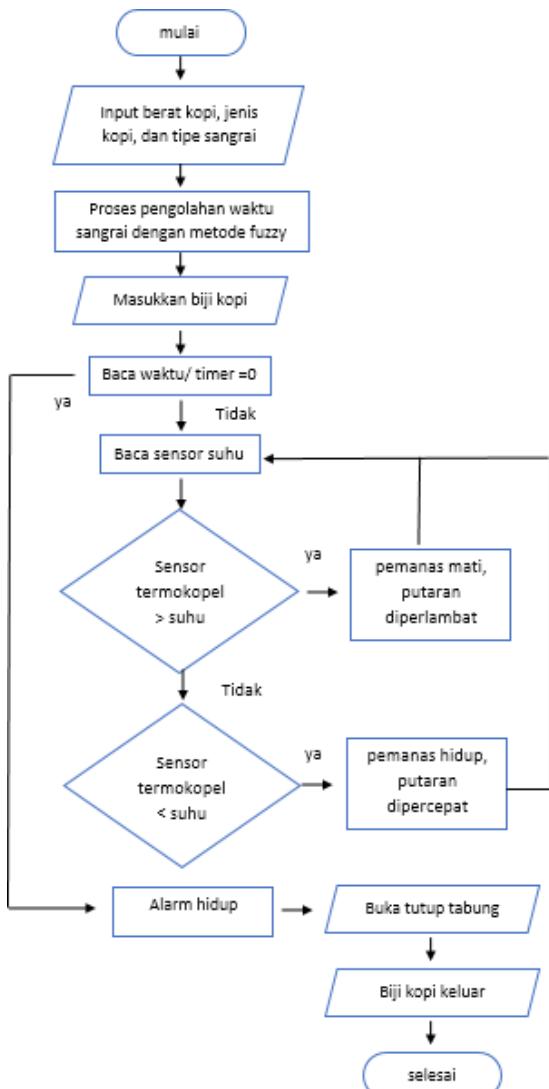
c. Flowchart Sistem

Proses diawali dengan menginputkan nilai berat biji kopi yang akan disangrai dalam bentuk digit, dari nilai berat tersebut akan diproses berdasarkan metode fuzzy untuk mendapatkan lama waktu penyangraian. Proses selanjutnya menginputkan biji kopi dalam tabung penyangraian. Jika biji kopi semua sudah dalam tabung maka proses penyangraian akan berlangsung sesuai waktu yang didapat sebelumnya.

Dimana jika waktu yang terbaca dalam program masih bernilai bukan “0” maka proses akan berlangsung dengan sensor suhu akan membaca keadaan panas dalam tabung. Jika suhu dalam tabung yang terbaca oleh sensor lebih dari suhu penyangraian yang ditetapkan, maka mikrokontroller akan memberikan respon kepada pengontrol pemanas dengan memutuskan aliran listrik dan putaran tabung akan diperlambat.

Namun jika suhu dalam tabung yang terbaca oleh sensor kurang dari suhu penyangraian yang ditetapkan, maka mikrokontroller akan memberikan respon kepada pengontrol pemanas dengan tetap memberikan aliran listrik dan putaran tabung akan dipercepat. Jika waktu yang terbaca dalam program bernilai “0” maka penyangraian selesai dilakukan. Selanjutnya buka tutup keluaran biji kopi pada

tabung. Maka biji kopi akan keluar dan proses penyangraian sudah selesai.



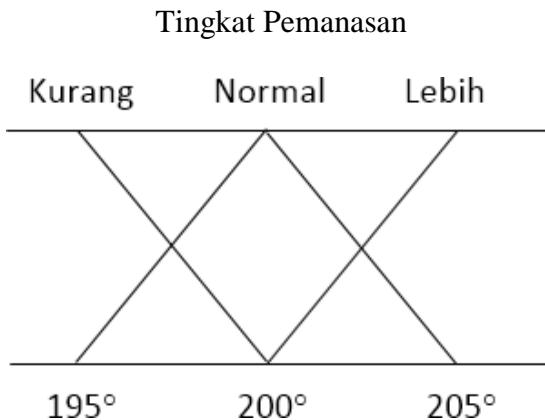
Gambar 2. Flowchart sistem

d. Metode Fuzzy

Dalam sistem yang digunakan memuat metode fuzzy sesuai dengan tipe penyangraian biji kopi.

1. Grafik Suhu Penyangraian Light Roast

Himpunan keanggotaan, merupakan pemetaan dari tiap-tiap suhu penyangraian yang biasanya berbentuk grafik.



Gambar 3. Grafik tipe light roast

$$u[x]_{kurang} = \begin{cases} 1, x < 195 \\ \frac{(x-195)}{(200-195)} & 195 \leq x \leq 200 \\ 0, x > 200 \end{cases}$$

$$u[x]_{normal} = \begin{cases} 0, x \leq 195 \\ \frac{(x-195)}{(200-195)} & x > 195 \leq 200 \\ \frac{(205-x)}{(205-200)} & x > 200 \leq 205 \\ 0, x \geq 205 \end{cases}$$

$$u[x]_{lebih} = \begin{cases} 0, x < 200 \\ \frac{(x-200)}{(205-200)} & 200 \leq x \leq 205 \\ 1, x > 205 \end{cases}$$

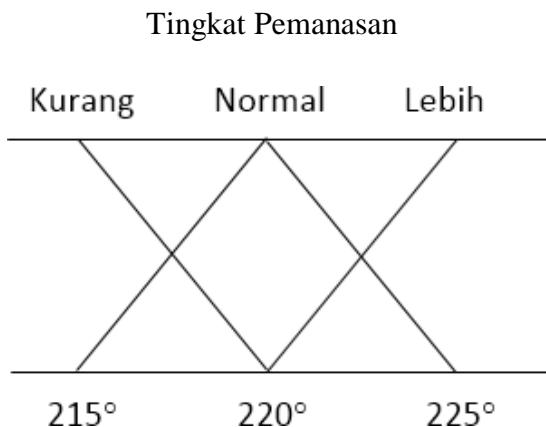
Rule base, sebagai aturan-aturan yang digunakan dalam dasar maupun acuan hasil output pada tipe *light roast* sebagai berikut:

If suhu 195°C *then* pemanas hidup & pwm 24

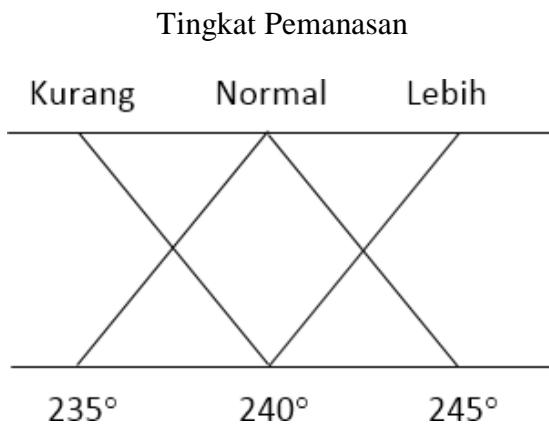
If suhu 200°C *then* pemanas mati & pwm 25

If suhu 205°C *then* pemanas mati & pwm 26

2. Grafik Suhu Penyangraian Medium Roast

**Gambar 4.** Grafik tipe medium roast

3. Grafik Suhu Penyangraian Dark Roast

**Gambar 5.** Grafik tipe dark roast

$$u[x]_{kurang} = \begin{cases} 1, x < 215 \\ \frac{(x - 215)}{(220 - 215)} \quad 215 \leq x \leq 220 \\ 0, x > 220 \end{cases}$$

$$u[x]_{normal} = \begin{cases} 0, x \leq 215 \\ \frac{(x - 215)}{(220 - 215)} \quad x > 215 \leq 220 \\ \frac{(225 - x)}{(225 - 220)} \quad x > 220 \leq 225 \\ 0, x \geq 205 \end{cases}$$

$$u[x]_{lebih} = \begin{cases} 0, x < 220 \\ \frac{(x - 220)}{(225 - 220)} \quad 220 \leq x \leq 225 \\ 1, x > 225 \end{cases}$$

Aturan-aturan yang digunakan dalam dasar maupun acuan hasil output pada tipe *medium roast* sebagai berikut:

If suhu 215°C *then* pemanas hidup & pwm 27

If suhu 220°C *then* pemanas mati & pwm 28

If suhu 225°C *then* pemanas mati & pwm 29

$$u[x]_{kurang} = \begin{cases} 1, x < 235 \\ \frac{(x - 235)}{(240 - 235)} \quad 235 \leq x \leq 240 \\ 0, x > 240 \end{cases}$$

$$u[x]_{normal} = \begin{cases} 0, x \leq 235 \\ \frac{(x - 235)}{(240 - 235)} \quad x > 235 \leq 240 \\ \frac{(245 - x)}{(245 - 240)} \quad x > 240 \leq 245 \\ 0, x \geq 245 \end{cases}$$

$$u[x]_{lebih} = \begin{cases} 0, x < 240 \\ \frac{(x - 240)}{(245 - 240)} \quad 240 \leq x \leq 245 \\ 1, x > 245 \end{cases}$$

Aturan-aturan yang digunakan dalam dasar maupun acuan hasil output pada tipe *dark roast* sebagai berikut:

If suhu 235°C *then* pemanas hidup & pwm 30

If suhu 240°C *then* pemanas mati & pwm 31

If suhu 245°C *then* pemanas mati & pwm 32

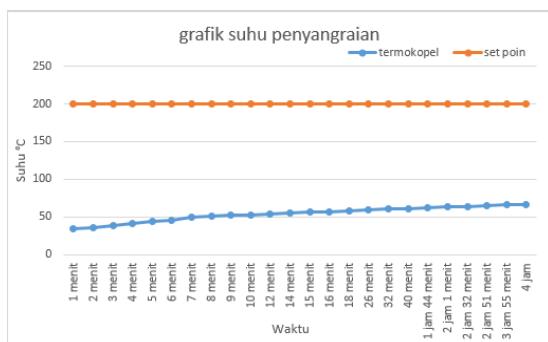
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian Alat

Sebelum pengujian terlebih dahulu daya, alat penyangrai diukur menggunakan watt meter. Nilai yang terukur sebesar 702 watt. Pada pengujian kapasitas alat didapatkan hasil maksimal 5 kg biji kopi yang dapat ditampung. Untuk pengujian suhu pada penyangraian ini, Suhu set point yang diinginkan yaitu 200 °C namun proses pemanasan pada alat penyangrai selama 4 jam hanya mencapai suhu 66 °C. Kecepatan putar yang dicapai pada pengujian ini sebesar 6 rpm. Grafik karakteristik pemanasan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Alat penyangrai kopi



Gambar 7. Grafik suhu penyangraian

Tabel 1. Waktu penyangraian biji kopi robusta

Robusta	Waktu			
	Berat	Light roast	Medium roast	Dark roast
1 kg	4jam 12menit	8jam 6menit	12jam 20menit	
3 kg	6jam 22menit	10jam 24menit	15jam 16menit	
5 kg	8jam 8menit	14jam 52menit	21jam 39menit	

Pada pengujian kopi robusta, yang disangrai dengan berat 1kg, 3kg dan 5kg. Untuk mencari kematangan tipe biji kopi light roast, medium roast, dan dark roast. Waktu tercepat dicapai pada proses penyangraian biji kopi robusta dengan berat 1kg dan tipe sangrai light roast selama 4 jam 12 menit. Untuk waktu lama dicapai pada berat 5kg dengan tipe penyangraian dark roast selama 21 jam 39 menit. Selanjutnya pengujian penyangrai biji kopi arabika dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu penyangraian biji kopi arabika

Arabika	Waktu			
	Berat	Light roast	Medium roast	Dark roast
1 kg	4jam 22menit	8jam 35menit	12jam 31menit	
3 kg	6jam 34menit	10jam 28menit	15jam 36menit	
5 kg	7jam 56menit	14jam 31menit	21jam 42menit	

Pada pengujian setelah kopi robusta, menggunakan kopi jenis arabika yang disangrai dengan berat 1kg, 3kg dan 5kg. Untuk mencari kematangan tipe biji kopi light roast, medium roast, dan dark roast. Waktu tercepat dicapai pada proses penyangraian biji kopi arabika dengan berat 1kg dan tipe sangrai light roast selama 4 jam 22 menit. Untuk waktu lama dicapai pada berat 5kg dengan tipe

penyangraian dark roast selama 21 jam 42 menit. Selanjutnya pengujian penyangrai biji kopi liberika dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Waktu penyangraian biji kopi liberika

Liberika	Waktu			
	Berat	Light roast	Medium roast	Dark roast
1 kg	4jam 18menit	8jam 52menit	13jam 2menit	
3 kg	6jam 21menit	10jam 26menit	15jam 41menit	
5 kg	7jam 48menit	14jam 35menit	21jam 31menit	

Pada penelitian setelah kopi arabika, menggunakan kopi jenis liberika yang disangrai dengan berat 1kg, 3kg dan 5kg. Untuk mencari kematangan tipe biji kopi *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*. Waktu tercepat dicapai pada proses penyangraian biji kopi liberika dengan berat 1kg dan tipe sangrai *light roast* selama 4 jam 18 menit. Waktu lama dicapai pada berat 5kg dengan tipe penyangraian *dark roast* selama 21 jam 31 menit selama 4 jam 18 menit. Waktu lama dicapai pada berat 5kg dengan tipe penyangraian *dark roast* selama 21 jam 31 menit.

Hasil uji coba yang telah dilakukan, warna biji kopi yang dihasilkan berdasarkan karakteristik dari tingkatan penyangraian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8. Biji kopi light roast

Biji kopi *light roast* merupakan tingkatan awal dalam penelitian ini, memiliki karakter biji kopi kering, rasa asam yang tinggi, aroma kopi sedang dan rasa manis yang rendah. Pada penyangraian ini suhu yang digunakan sebesar 200 °C dengan kecepatan putaran motor 25 rpm.



Gambar 9. Biji kopi medium roast

Biji kopi *medium roast* merupakan tingkatan kedua dalam penelitian ini, memiliki karakter biji kopi berminyak, rasa asam yang rendah, aroma kopi sedang dan rasa manis yang sedang. Pada penyangraian ini suhu yang digunakan sebesar 220 °C dengan kecepatan putaran motor 28 rpm.



Gambar 10. Biji kopi dark roast

Biji kopi *dark roast* merupakan tingkatan ketiga dalam penelitian ini, memiliki karakter biji kopi banyak minyak, rasa asam yang paling rendah, aroma kopi

seperti sangrai dan rasa manis tidak ada. Pada penyangraian ini suhu yang digunakan sebesar 240°C dengan kecepatan putaran motor 31rpm.

IV. SIMPULAN

Dari hasil pengujian alat penyangrai biji kopi sudah dapat bekerja dengan baik. Namun alat ini masih belum dapat bekerja dengan maksimal. Sesuai dengan percobaan, membuktikan bahwa pemanasan yang terjadi sangat lama sehingga waktu dirasa kurang efisien dan suhu masih belum dapat mencapai set poin yang diinginkan. Meskipun alat sudah dapat menghasilkan biji kopi yang matang sesuai tipe kopi yang diinginkan.

Dari pengujian sistem alat sudah mampu mengolah waktu otomatis dengan berat biji kopi minimal 1kg sampai maksimal 5kg, pada biji kopi jenis robusta, arabika dan liberika. Yang masing-masing jenis kopi memiliki tipe penyangraian *light roast*, *medium roast* dan *dark roast*.

Dari hasil penelitian ini, dapat menciptakan alat penyangrai kopi dengan waktu otomatis. Alat ini sudah menggunakan kontrol suhu dan putaran secara otomatis dan memiliki banyak fitur dibandingkan dengan alat penyangrai kopi secara manual.

V. RUJUKAN

- [1] D. R. Triyanti. “*Outlook Kopi*”, Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian, 2016.
- [2] F. Amir, D. Rahmawati and M. Ulum, “*Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Telepon Seluler Pintar dan Jaringan Sensor Fuzzy Tanpa Kabel*,” Vol. 21, pp. 355- 361, 2017.
- [3] S. B. Utomo, J. Teknik, E. Fakultas, and T. Universitas, “*Kopi Berbasis Logika Fuzzy*”, Vol. 6, No. 2, pp. 107–110, 2015.
- [4] A. P. B. Amiq, Bahrul and Jurusan, “*Rancang Bangun Mesin Penyangrai Kopi Semi Otomatis Dengan Kapasitas 5 Kg*”, Vol. 02, pp. 40–46, 2015.
- [5] K. A. Siregar, A. P. Munir, and S. Panggabean, “*Modification of Mechanical Coffee Roasters Equipment Rotary Type*”, Vol. 5, No. 2, pp. 350–357, 2017.
- [6] S. W. Sutarsi, S. Soekarno, “*Performance Evaluation of Rotating Cylinder Type Coffee Bean Roaster*”, pp. 33–38, 2000.
- [7] N. W. M. S. D. I Ketut Suherman, Wayan Suwirya, “*Horizontal Coffee Roaster Design With Temperature And Time Control*,” vol. 20, no. 1, pp. 40–45, 2020.
- [8] L. A. Zadeh, “*Fuzzy logic*”, in *Computational Complexity: Theory, Techniques, and Applications*, 2013.
- [9] T. Takagi and M. Sugeno, “*Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control*”, *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, 1985, doi: 10.1109/TSMC.1985.6313399.
- [10] A. R. Anggraini and J. Oliver, “*Motor DC*,” *J. Chem. Inf. Model.*, 2019.
- [11] M. Amiruddin, B. Sutopo, and Rochmadi, “*Sistem Kontrol Suhu dan Laju Pemanasan Alat Pirolisis*”, *Jnteti*, 2012