



ANALISA PENGARUH PUTARAN DAN SUHU PADA RUANG TABUNG SANGRAI KOPI DENGAN PEMANAS LAMPU TERHADAP EFISIENSI WAKTU PADA KEMATANGAN BIJI KOPI

Erik Darmayuda⁽¹⁾. Ninik Martini⁽²⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: erikdarmayuda@gmail.com

ABSTRAK

Mesin penyangrai kopi adalah mesin yang dibutuhkan saat ini untuk pengolahan bahan kopi. Dalam pembuatan minuman berbahan dasar kopi dibutuhkan mesin penyangrai untuk memasak kopi dari bahan mentah hingga ke bahan yang matang dengan tingkat kematangan yang telah ditentukan oleh penyangrai. Pada zaman dahulu mesin penyangrai menggunakan manusia sebagai pemrosesannya dan kayu bakar sebagai bahan pemanasnya. Sejalan dengan itu inovasi-inovasi tersebut bertujuan untuk mengatasi masalah kelemahan penyangraian dengan cara tradisional. Dengan semakin pesat perkembangan teknologi segala sesuatu menjadi mudah dan praktis. Agar kopi bisa dikonsumsi, maka harus diproses terlebih dahulu. Metode penelitian dari alat Mesin Penyangrai dengan Pemanas Lampu dengan mengetahui pengaruh pada putaran tabung sangrai dan suhu pemanas yang berbeda pada ruang luar pada tabung dan dalam tabung. Sehingga bisa mendapatkan waktu yang pas dan mendapatkan tingkat kematangan yang diinginkan.

Pada proses penyangraian kopi peneliti menemukan bahwa semakin cepatnya putaran tabung sangrai proses penyangraian akan semakin lama, variasi yang digunakan peneliti kecepatan 10, 20, 30 RPM dan suhu 150°C, 180°C, 200°C. dan tabung penyangrai berkapasitas 250gr. Pada proses penyangraian waktu yang paling efisiensi ada pada kecepatan putaran sebesar 10 RPM dan Suhu 200°C, dengan waktu 26 menit dan mengalami penyusutan biji kopi sebesar 36,7 gr dengan tingkat kadar air 1,17%. Dan terjadi laju perpindahan sebesar 2357,5W. Pada proses penyangraian penyusutan terbanyak ada pada kecepatan putaran sangrai yaitu, 30 RPM pada suhu 200°C yaitu 62,7 gram dengan Tingkat kadar air 1,33% waktu penyangraian 37 Menit, dan laju perpindahan panas yang terjadi sebesar 1375,9W.

Kata kunci : Kopi, Lampu, Perkembangan Teknologi, Mesin Sangrai Kopi

ABSTRACT

Coffee roasting machine is a machine that is needed today for processing coffee materials. In making coffee-based drinks, a roasting machine is needed to cook coffee from raw materials to mature materials with a level of maturity that has been determined by the roaster. In the past, roasting machines still used firewood heaters as heaters and humans as the main process. In line with that, these innovations aim to overcome the problem of roasting weaknesses in the traditional way. With the rapid development of technology, everything has become easy and practical. In order for coffee to be consumed, it must be processed first. The research method of the roasting machine tool with a lamp heater by knowing the effect on the rotation of the roasting tube and the different heating temperatures in the outer space on the tube and in the tube. So that you can get the right time and get the desired level of maturity.

In the process of roasting coffee, researchers found that the faster the rotation of the roasting tube, the longer the roasting process will take, the variations used by researchers are speeds of 10, 20, 30 RPM and temperatures of 150 ° C, 180 ° C, 200 ° C. and roasting tubes with a capacity of 250gr. In the roasting process, the most efficient time is at a rotation speed of 10 RPM and a temperature of 200 ° C, with a time of 26 minutes and experiencing a shrinkage of 36.7 grams of coffee beans with a water content level of 1.17%. And there is a displacement rate of 2357.5W. In the roasting process, the most shrinkage is at the roasting rotation speed, namely, 30 RPM at a temperature of 200 ° C, namely 62.7 grams with a water content level of 1.33% roasting time of 37 minutes, and the heat transfer rate that occurs is 1375.9W.

Keywords: Coffee, Lights, Technology Development, Coffee Roasting Machine

PENDAHULUAN

Kopi atau biji kopi merupakan hasil minuman dari seduhan dari bubuk kopi dan yang telah melewati proses sangrai. Kopi juga merupakan komoditas di berbagai dunia, yang telah dibudidayakan diberbagai negara. Ada 2 kopi yang sudah dikenal oleh Masyarakat atau umum. 2 biji kopi yang dikenal yaitu :

1. Arabika
2. Robusta

Agar biji kopi bisa dikonsumsi, biji kopi tersebut harus melewati beberapa proses, dimulai dari pemanenan biji kopi, pemilihan biji kopi, dipisahkan antara biji kopi dan daging buah, pencucian biji kopi, kemudian pengeringan biji kopi, penyangraian biji kopi, dan yang terakhir yaitu penggilingan biji kopi menjadi bubuk.

Proses pengolahan biji kopi, penyimpanan biji kopi, lalu penjualan biji kopi mentah dalam bentuk (*green beans*), maka proses yang terjadi selanjutnya adalah proses menyangrai biji kopi. Bisa diketahui pada tahap-tahap ini biji kopi yang sebelum tidak mempunyai sebuah aroma, sehingga diproses terjadi timbulnya aroma, segala aroma yang didapat atau rasa, dipengaruhi dalam proses penyangraian ini.

Pada proses pengeringan dapat dilakukan dengan cara dipanaskan dibawa sinar matahari, pengeringan ini memang bisa efektif, maka dari hal tersebut suhu dalam pengeringan menggunakan paparan sinar matahari langsung harus mencapai suhu 35°C sampai 40°C.

Iklim di daerah wilayah tropis itu memiliki sumber yang sangat berpotensi, akan tetapi, pengeringan yang dilakukan dibawah sinar Terik matahari kurang efektif pada jaman sekarang ini.

Pada pengeringan alami ini juga mempunyai beberapa kendala yang membuat kurangnya efektif dalam prosesnya, ialah :

- Pengeringan tergantung pada kondisi cuaca
- Susahnya mengontrol kadar air yang terdapat pada bahan
- Mudahnya terkontaminasi
- Waktu yang diperlukan cukup banyak pada proses pengeringan

Pada pengeringan secara modern atau bisa disebut pengeringan menggunakan alat, dalam proses pengeringan bisa mendapatkan keuntungan yang bagus :

- Tidak terlalu ketergantungan pada kondisi cuaca yang ada
- Waktu yang dibutuhkan lebih cepat
- Dapat dikontrol Tingkat kadar airnya
- Tidak membutuhkan lahan yang luas

Pada proses pengeringan ini butuh beberapa energi, antara lain energi mekanis untuk memanaskan pada alat pengering, menyeimbangkan radiasi panas yang terjadi, mengatur tingkat kadar air pada bahan.

Penyangraian adalah perlakuan panas memanaskan kopi pada suhu tinggi (160°C-240°C) untuk rentang waktu antara 8 sampai 20 Menit tergantung pada karakteristik yang diinginkan dari produk akhir (Masani *et al.*, 1990)

Meski kedengarannya hanya sepele tetapi proses ini sangat berpengaruh dalam rasa pada biji kopi tersebut, sebenarnya proses ini kelihatannya mudah dalam menyangrai biji kopi tetapi proses tersebut ternyata susah. Banyak penyangrai biji kopi handal yang mengalami beberapa kegagalan dalam penyangraian biji kopi ini, sebelum penyangrai mendapatkan pola sangrai yang terbaik untuk biji kopi mereka.

Fase sangrai kopi ada tahapan yang dilakukan, sehingga bisa dikatakan dalam tahapan ini, sebagai berikut :

1. Fase pengeringan
2. Fase penguningan
3. Fase crack pertama (first crack)
4. Fase crack kedua (second crack)
5. Fase penghitaman

Menurut Lestari (2016), Terjadinya proses sangrai biji pada kopi tahapan yang diketahui yaitu:

1. Reaksi fisik-kimiawi yang dijalankan secara urut, yaitu dari penguapan air yang terjadi dari dalam biji,
2. Penguapan senyawa *volatile* (senyawa yang mudah menguap) yang terjadi antara lain furfural, keton, aldehyd, ester dan alkohol serta mengalami proses pirolisis atau bisa disebut pencoklatan pada bahan.

Proses pengeringan juga terdapat suatu faktor yang terjadi adalah penguapan kadar air, salah satu faktor yang mempengaruhi proses pada pengeringan untuk mengurangi pembusukan atau menghambat perkembangan organisme pembusuk.

Diperoleh dari hasil proses panas, karena beberapa adanya dukungan yang berawal dengan panas yang berubah dari sumber panas ke bahan, serta berupa udara/uap panas. Proses tersebut melibatkan suatu perpindahan panas serta perpindahan massa yang terjadi.

Pada teori perpindahan panas, atau bisa disebut perpindahan laju aksi kalo ratau bisa disebut dengan (*Heat Transfer*) adalah ilmu

peropindahan yang berpindahnya energi yang terjadi, karena adanya suatu perbedaan suatu material atau benda.

Adanya suatu energi yang berpindah bisa dinamakan kalor (*heat*). Kalor yang dapat kita ketahui dapat berpindah yang Dimana dapat kita ketahui berpindah dari tempat yang bersuhu tinggi ke tempat yang bersuhu rendah.

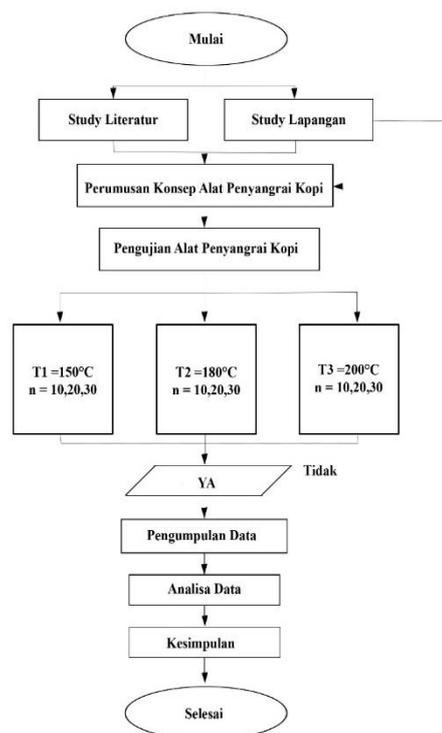
Perpindahan panas adalah suatu energi yang bisa bergerak suatu system ke system lain, karena adanya suatu perbedaan suhu yang tinggi ke suhu yang lebih rendah.

Berdasarkan yang diketahui cara perpindahan dapat kita bedakan mejadi 3 bagian, yaitu :

1. Konduksi
2. Konveksi
3. Radiasi

Syarat agar terjadinya suatu perpindahan panas yang terjadi adalah adanya suatu energi yang berpindah bisa disebut, suhu yang tinggi ke suhu yang lebih rendah

PROSEDUR EKSPERIMEN



Gambar.1 Diagram Peneliiian

Alat yang digunakan selama pengujian :

1. Tabung Penyangrai Kopi
2. Lampu Halogen Stick
3. Dinamo AC
4. Sensor kecepatan RPM
5. Termometer Suhu
6. Dimmer AC PWM
7. Stopwatch
8. Timbangan Digital
9. Sarung Tangan
10. Biji Kopi Arabika

Proses Penyangraian

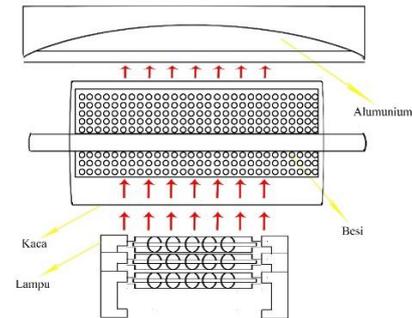
Pada proses penyangraian, yaitu dimulai dengan cara memanaskan tabung penyangrai biji kopi dari pemanas lampu. Pemanasan terjadi tersebut menghasilkan laju perpindahan panas secara konveksi dan konduksi. Ada hal yang perlu kita ketahui pada proses penyangraian kopi adalah, seberapa cepatnya biji kopi melewati masing-masing fase penyangraian terjadi dari biji kopi mentah hingga biji kopi matang dengan kematangan yang diinginkan

Pengujian

Pada pengujian yang telah dilakukan yaitu, pengujian mendapatkan waktu yang paling efisien saat proses penyangraian terjadi dengan beberapa variabel yang berbeda. yaitu kecepatan putaran tabung 10,20,30 RPM dan suhu 150°C,180°C ,200°C dan berat pada biji kopi sebesar 250gr dengan biji kopi yang masih mentah atau *green beans*. Pengujian juga mencatat penguapan kadar air yang terjadi dan dapat dihitung dengan rumus,

$$(\text{kadar air \%} = \frac{w}{w_1} \times 100\%)$$

serta mencatat penyusutan pada biji kopi setelah selesai proses penyangraian dengan cara menimbang biji kopi yang sudah matang. Dan menghitung terjadinya laju perpindahan panas. pada setiap kecepatan putaran dan suhu dengan perhitungan setiap terjadinya laju perpindahan panas.



Gambar.2 Perpindahan Panas yang Terjadi

Dengan perhitungan sebagai berikut :

Perpindahan panas dari lampu ke tabung kaca penyangrai, sehingga dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q = 2 \cdot \pi \cdot k \cdot L \cdot \frac{T_1 - T_0}{\ln \left(\frac{r_0}{r_1} \right)}$$

Perpindahan panas dari tabung kaca penyangrai ke as pada besi tabung, dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q = k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

Perpindahan panas dari tabung kaca penyangrai ke penutup tabung sangrai yaitu pada cover sangrai yang terbuat dari aluminium ,dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$q = k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

Dan juga menghitung daya Listrik dengan persamaan :

$$P = V \cdot I \cdot \text{lampu}$$

Setelah melakukan pengujian dan perhitungan kemudian didapatkan hasil dari Analisa.

Prinsip Kerja Penyangraian



Gambar.3 Prinsip Kerja Penyangraian

Prinsip kerja pada alat penyangrai kopi ini adalah untuk menyangrai dari biji kopi yang mentah menjadi biji kopi yang matang dengan cara biji kopi dimasukkan kedalam tabung sangrai dan dipanaskan dengan suhu yang bervariasi, yaitu 150°,180°,200° dan dengan kecepatan putaran yang bervariasi juga, yaitu : 10,20,30 RPM. Untuk menghasilkan waktu yang cepat (efisien) dengan tingkat kematangan yang diinginkan.

Namun secara detail prinsip kerja alat sangrai, seperti berikut :

1. On/Of

Sebelum melakukan penyangraian menghidupkan mesin sangrai yaitu dengan menekan tombol ON pada saklar ON/Off

2. Tabung Sangrai

Kemudian memasukkan tabung sangrai yang sudah di isi biji kopi mentah pada cover sangrai yg tersedia dan juga memasukkan dinamo ke kopling joint terus dikunci agar tabung sangrai dapat berputar.

3. On/Off Dinamo

Setelah memasukkan tabung sangrai kemudian nyalakan dinamo untuk putaran tabung sangrai, RPM yang ditentukan yaitu : 10,20,30

4. Dimmer Lampu

Setelah mengatur kecepatan RPM dilanjutkan yaitu mengatur suhu lampu, dengan variable yang sudah ditetapkan yaitu : 150°C,180°C,200°C

5. Stopwatch

Setelah mengatur suhu, kemudian secara bersamaan menekan stopwatch untuk mengetahui berapa lama proses penyangraian terjadi dengan variable yang berbeda yaitu: kecepatan RPM : 10,20,30

Suhu : 150°C,180°C,200°C sampai kopi matang.

6. Sensor RPM

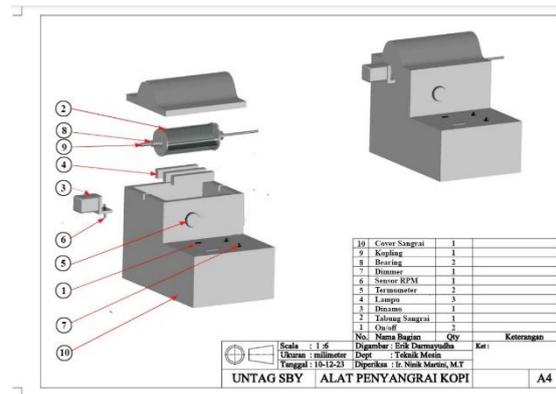
Untuk melihat kecepatan RPM

7. Termometer suhu

Untuk melihat suhu skala °C, thermometer yang digunakan adalah thermometer yang pada tabung penyangraian.

8. Selesai

Susunan Alat Penyangrai



Gambar.4 Rincian Mesin Sangrai

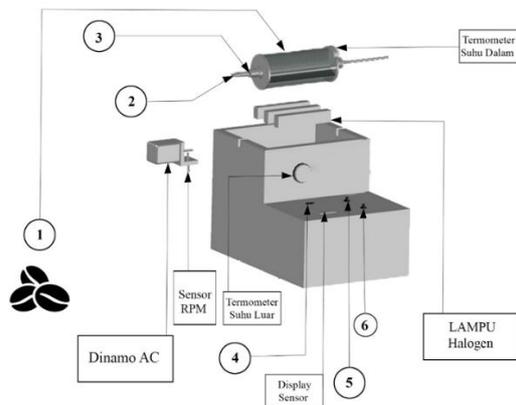
Tabel.1 Detail Kepala Gambar

No	Nama Bagian	Jumlah	Keterangan
1	On/Off	2	
2	Tabung Sangrai	1	IN: Ø85 mm OUT : Ø90 Tebal 2,5mm
3	Dinamo	1	0 - 30 Rpm / AC 220V
4	Lampu	3	Halogen 300 Watt
5	Termometer	2	0 -350°C
6	Sensor RPM	1	
7	Dimmer	1	Dimmer AC
8	Bearing	2	Ø8mm
9	Kopling	1	Ø8mm - Ø8mm
10	Cover Sangrai	1	

Penyangraian adalah perlakuan panas memanaskan kopi pada suhu tinggi (160C°-240C°) untuk

rentang waktu antara 8 sampai 20 Menit tergantung pada karakteristik yang diinginkan dari produk akhir (Masani *et al.*, 1990)

Rangkaian Percobaan



Gambar.5 Ilustrasi Mesin

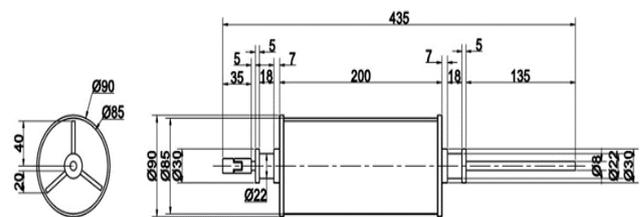
Uraian percobaan penelitian menggunakan penyangrai kopi dengan pemanas lampu, yaitu :

1. Menyiapkan biji kopi mentah, kemudian kopi di timbang dengan berat sebesar 250gr.
2. Setelah kopi ditimbang, kopi dimasukkan ke dalam tabung penyangrai kopi, kemudian tabung penyangrai kopi dimasukkan ke dalam cover sangrai yang sudah tersedia, dan juga as yang ada pada dinamo di masukkan ke lubang kopling joint lalu di kunci menggunakan kunci L.
3. Meletakkan bantalan (bearing) ditempat yang sudah disiapkan.
4. Kemudian nyalakan penyangrai kopi dengan menekan tombol ON
5. Setelah alat penyangrai kopi menyala, kemudian menyalakan dinamo dengan kecepatan putaran yang sudah ditentukan, kemudian cek kecepatan putaran tabung penyangrai kopi pada display sensor kecepatan RPM.
6. Kemudian memutar dimmer lampu, dan jangan lupa secara bersamaan menyalakan stopwatch untuk menghitung lama pada proses penyangraian.
7. Ketika penyangraian berjalan, kemudian mengecek suhu pada thermometer suhu dalam tabung, dengan suhu yang sudah ditentukan.

Kemudian atur suhu menggunakan dimmer lampu agar panas konstan.

8. Selalu mengecek kematangan biji kopi dengan Tingkat kematangan yang diinginkan.
9. Setelah kopi sudah matang, kemudian matikan lampu dan stopwatch. Biarkan dinamo berjalan agar mulai proses pendinginan.
10. Catat waktu penyangraian.
11. Lalu tuang kopi ke wadah, kemudian kopi ditimbang setelah proses penyangraian.
12. Selesai

Spesifikasi Tabung Sangrai



Gambar.6 Spesifikasi Tabung Sangrai

Tabung penyangrai memiliki ketebalan 2,5 mm dengan panjang 20 cm diameter tabung Ø90mm untuk diameter luar dan Ø85 mm untuk diameter dalam. Pengaduk sangrai ada 3 bagian dengan bagian pengaduk yang berbeda yaitu : Panjang 40mm, 1 sisi dan 2 sisi memiliki Panjang 20mm. Ø : In 85mm : Out 90mm.

Spesifikasi Dinamo

Ada 3 dinamo yang digunakan :

1. Input : 220V AC ,50Hz
RPM : 10 Rpm
Rated Power : 28W
2. Input : 220V AC ,50Hz
RPM : 20 Rpm
Rated Power : 14W
3. Input : 220V AC ,50Hz
RPM : 30 Rpm
Rated Power : 28W

Spesifikasi Termometer

Ada 2 termometer suhu yang digunakan :
Satuan : 0-350°C

Panjang : 4 cm

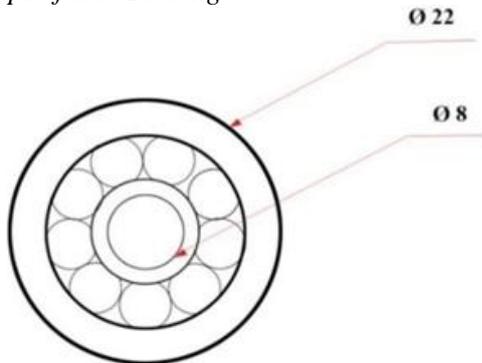
HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Lampu

Ada 3 lampu yang digunakan :

- Lampu halogen stick
- Daya Watt : 300W
- Merk Lampu : Phillips Halogen
- Warna : Kuning

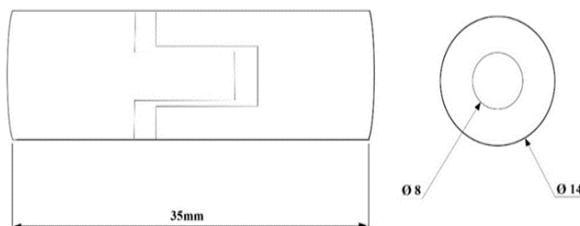
Spesifikasi Bearing



Gambar.7 Spesifikasi Bearing

- Diameter dalam Ø8 mm
- Diameteer luar Ø22 mm
- Bearing untuk bantalan as pada tabung sangrai

Spesifikasi Kopling Joint



Gambar.8 Spesifikasi Kopling Joint

- In : Ø8 – Ø8mm
- Out : Ø 14mm
- Panjang : 35mm

Kopling joint untuk menyambung as tabung dangrai dengan dinamo

Hasil Pengujian

Dibawah ini adalah hasil pengujian sangrai biji kopi dengan perbedaan kecepatan putaran 10,20,30 RPM dan Suhu 150°C,180°C,200°C yang sudah dilakukan pengujian, dicatat waktu penyangraian dari biji kopi yang mentah menjadi biji kopi yang sudah matang dan kemudian ditimbang berat biji kopi setelah selesai proses penyangraian.

Dalam penyangraian biji kopi, berat biji kopi yang awalnya 250gr akan mengalami penyusutan setelah mengalami proses penyangraian.

Kemudian menghitung penguapan kadar air yang terjadi, dan menghitung laju perpindahan panas selama proses penyangraian.

Hasil dari beberapa pengujian yang dilakukan 27 kali dan kemudian di rata-rata setiap pengujian penyangraian biji kopi dengan variabel kecepatan putaran dan suhu yang berbeda.

Hasil dari pengujian dilakukan dalam 3 kali percobaan. Pada pengujian yang terjadi peneliti mendapatkan hasil dari pengujian tersebut dengan hasil pada suhu 150°C sebagai berikut :

Tabel.2 Data Pengujian Suhu 150°C

No	RPM (n)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1	10	250	214,3	64 menit	150
2	20	250	220,5	72 menit	150
3	30	250	218,5	78 menit	150

Hasil dari pengujian dilakukan dalam 3 kali percobaan. Pada pengujian yang terjadi peneliti mendapatkan hasil dari pengujian tersebut dengan hasil pada suhu 180°C sebagai berikut :

Tabel.3 Data Pengujian Suhu 180°C

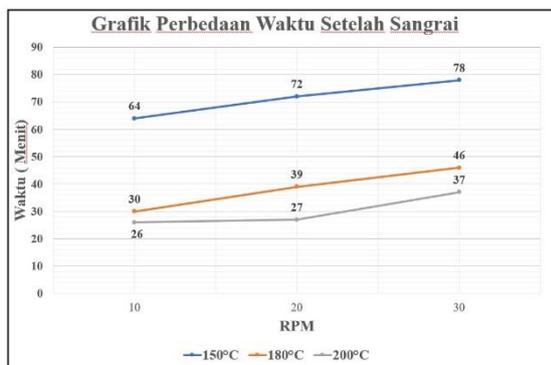
No	RPM (n)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1	10	250	214	30 menit	180
2	20	250	214	39 menit	180
3	30	250	203	46 menit	180

Hasil dari pengujian dilakukan dalam 3 kali percobaan. Pada pengujian yang terjadi peneliti mendapatkan hasil dari pengujian tersebut dengan hasil pada suhu 200°C sebagai berikut :

Tabel.4 Data Pengujian Suhu 200°C

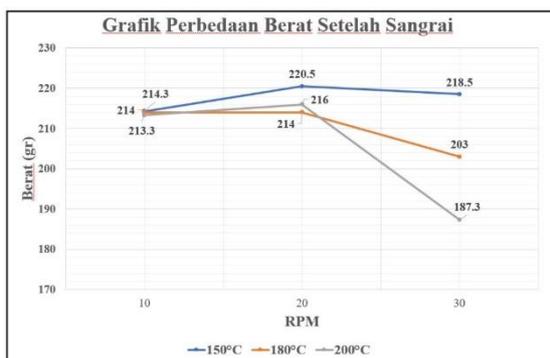
No	RPM (n)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1	10	250	213,3	26 menit	200
2	20	250	216	27 menit	200
3	30	250	187,3	37 menit	200

Dibawah ini adalah contoh grafik perbedaan waktu dengan suhu yang berbeda dan kecepatan putaran yang berbeda.



Gambar.9 Grafik Perbedaan Waktu Penyangraian

Dibawah ini adalah contoh grafik perbedaan berat setelah proses sangrai, kopi akan mengalami penyusutan yang terjadi dengan suhu yang berbeda dan kecepatan putaran yang berbeda.



Gambar.10 Grafik Perbedaan Berat setelah Penyangraian

Dalam proses penyangraian atau pengeringan biji kopi dengan metode sangrai akan terjadi pengurangan kadar air yang terjadi pada biji kopi ketika proses sangrai, dengan ini kita paham akan tingkat kering pada biji kopi dengan melihat penguapan kadar air yang terjadi pada biji kopi.

Setelah mencatat waktu penyangraian dan berat setelah biji kopi setelah proses sangrai kemudian perhitungan penguapan kadar air yang terjadi, berikut data hasil perhitungan penguapan kadar air :

Menghitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{kadar air \%} = \frac{w}{w1} \times 100\%$$

Dimana : w = Berat Kopi Sebelum Disangrai

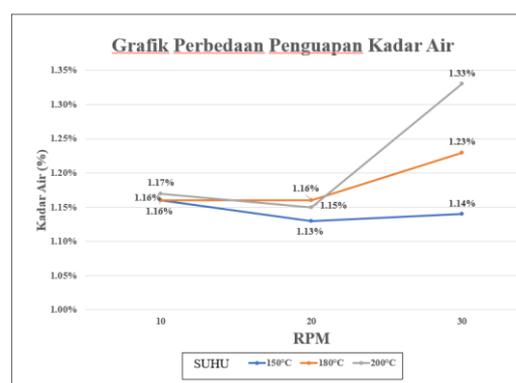
w1 = Berat Kopi Setelah Disangrai

Setelah melakukan perhitungan akan didapatkan hasil perhitungan pada tabel di bawah ini :

Tabel.5 Penguapan Kadar Air

No	RPM	Suhu °C		
		150	180	200
1	10	1,16%	1,16%	1,17%
2	20	1,13%	1,16%	1,15%
3	30	1,14%	1,23%	1,33%

Dibawah ini adalah contoh grafik perbedaan penguapan kadar air yang terjadi dengan suhu yang berbeda dan kecepatan putaran yang berbeda.



Gambar.11 Grafik Penguapan Kadar Air

Pada proses penyangraian biji kopi, terdapat laju perpindahan panas yang terjadi, secara konduksi dan konveksi, Dimana tabung silinder penyangrai kopi dihantarkan dari panas lampu halogen.

Setelah melakukan perhitungan penguapan kadar air maka, dilanjutkan dengan menghitung laju perpindahan panas yang terjadi selama proses penyangraian biji kopi, kemudian berikut hasil dari perhitungan laju perpindahan panas :

- Persamaan daya dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = V.I.lampu$$

Dimana :

- P = Daya. (Watt)
- V = Tegangan. (V)
- I = Arus. (A)
- Lampu = Jumlah Lampu

- A. Perpindahan panas dari lampu ke tabung kaca penyangrai, sehingga dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q = 2. \pi. k. L. \frac{T_1 - T_0}{\ln \left(\frac{r^0}{r^1} \right)}$$

- Dimana : q = laju aksi kalor. (Watt)
- k = konduktivitas. ($W/m^2. ^\circ C$)
- L = Panjang tabung silinder. (m)
- T^1 = suhu ruang dalam tabung, ($^\circ C$)
- T^0 = suhu permukaan luar tabung, ($^\circ C$)
- r^1 = jari-jari dalam. (m)
- r^0 = jari-jari luar. (m)

- B. Perpindahan panas dari tabung kaca penyangrai ke as pada besi tabung, dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q = k.A. \frac{dT}{dx}$$

- Dimana : q = Laju aksi kalor, (Watt)

k = Konduktivitas, ($W/m^2. ^\circ C$)

A = Luas Penampang, (m^2)

$\frac{dT}{dx}$ = Perbandingan suhu, ($^\circ C$)

- C. Perpindahan panas dari tabung kaca penyangrai ke penutup tabung sangrai yaitu pada cover sangrai yang terbuat dari alumunium , dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q = k.A. \frac{dT}{dx}$$

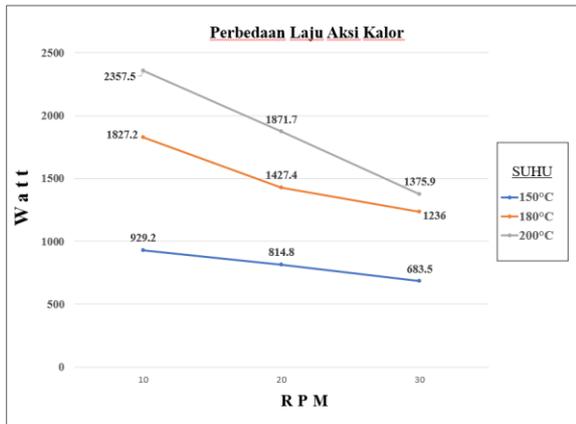
- Dimana : q = Laju aksi kalor, (Watt)
- k = Konduktivitas, ($W/m^2. ^\circ C$)
- A = Luas Penampang, (m^2)
- $\frac{dT}{dx}$ = Perbandingan suhu, ($^\circ C$)

Setelah melakukan perhitungan akan didapatkan hasil perhitungan pada tabel di bawah ini :

Tabel.6 Data Laju Aliran Panas saat Proses Penyangraian

No	RPM	SUHU $^\circ C$		
		150 $^\circ C$	180 $^\circ C$	200 $^\circ C$
Satuan (Watt)				
1	10	929,2	1827,2	2357,5
2	20	814,8	1427,4	1871,7
3	30	683,5	1236	1375,9

Dibawah ini adalah contoh grafik perbedaan penguapan kadar air yang terjadi dengan suhu yang berbeda dan kecepatan putaran yang berbeda.



Gambar.12 Grafik Perbedaan Laju Aksi Kalor

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari Analisa pengujian, didapatkan kesimpulan dari Tugas Akhir tersebut sebagai berikut :

1. Hasil pada penelitian proses sangrai biji kopi dengan suhu sebesar 200°C pada kecepatan putaran tabung penyangrai kopi sebesar 10 RPM. Menghasilkan waktu paling efisien sebesar 26 menit waktu penyangraian yang terjadi sampai kopi matang dengan tingkat kematangan yang diinginkan.
2. Hasil pada penelitian pada proses sangrai biji kopi dengan suhu sebesar 200°C pada kecepatan putaran tabung penyangrai kopi sebesar 10 RPM. Menghasilkan penguapan kadar air yang terjadi selama proses penyangraian sebesar 1,17%.
3. Hasil pada penelitian pada proses sangrai biji kopi dengan suhu sebesar 200°C pada kecepatan putaran tabung penyangrai kopi 10 RPM. Terdapat laju perpindahan panas yang terjadi selama proses penyangraian, dan menghasilkan laju perpindahan panas yaitu sebesar 2357,5W
4. Pada proses penyangraian biji kopi dengan kecepatan putaran tabung penyangrai kopi sebesar 30 RPM kematangan biji kopi yang didapat tidak merata dengan sempurna.

5. Daya Listrik yang didapat pada saat proses penyangraian yaitu sebesar 2640Watt

Saran

Berbagai saran diberikan peneliti pada hasil pengujian yang sudah dilakukan, yaitu :

1. Pada proses penyangraian perlu diperhatikan tingkat kematangan pada biji kopi . semakin lama proses sangrai kematangan pada biji kopi akan menjadi gosong dan akan merubah rasa karakteristik pada kopi tersebut.
2. Dalam pembuatan tabung penyangrai kopi, harus diperhatikan diameter pada tabung penyangrai dan sudu pengaduk biji kopi, agar biji kopi matang dengan sempurna.
3. Perlu adanya study lapangan yang lebih spesifik agar tidak adanya kesalahan pada saat memodifikasi alat yang sudah pernah ada.

REFERENSI

- Holman, J, P., (1989). *Heat Transfer*, sixth edition, McGraw Hill., Ltd., New York
- Incopera, F.P. and Weitt, D.P., (1981), *Fundamentals Of Heat Transfers*, John Willey & Sons Inc., New York.
- Suharto.,(1991) *Teknologi Pengawetan Pangan*. Rineka Cipta
- Earle, Nasution,Z., (1982) *Satuan Operasi Dalam Pengelolaan Pangan*, Sastra Hudaya
- <https://majalah.ottencoffe.co.id/tentang-coffee-roasting/>
- <https://JurnalBumi.com/>
- Pitts,D.R., and Sisson.L.E.,(1987). *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta
- Sofi', I, (2004), 'Rancang Bangun Penyangrai Kopi Dengan Pengaduk Berputar', *Tektan Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian*, 6,(April), pp. 1-70
- Sutarsi and Taruna, I. (2017) 'Rancang Bangun Mesin Penyangrai Kopi Tipe Rotari', *Jurnal Tekonologi*, 1,(November),pp. 1-44
- Yudiwidiyantoro, A. (2018). *PERBANDINGAN EFISIENSI DAYA LAMPU TERHADAP CAHAYA YANG DIKELUARKAN*. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO.
- Cristina, C, M., Luciana, K, and Juliana, A. *KACA UNTUK BANGUNAN CE Mediastika*.

- Manalu, A. (2022) *Variasi Kecepatan Fluida Pada Alat Pengering Biji Kopi Menggunakan Udara Panas*. Universitas Islam Sumatera.
- Prama, E. W., (2018) *Penentuan Kadar Air Pada Biji Kopi Arabika Dengan Teknik Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)*. *Institute Teknologi Sepuluh November*. Surabaya.
- Idawati Supu, B. U. (2016) *Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda*. *Jurnal Dinamika*. 62-37
- AA Mita, A Imron, ST Serena. (2017) *Rancang Bangun Alat Sangrai (Roaster) dan Penggiling (Grinder) Kopi Otomatis Berbasis Mikrokontroler*. *Politeknik Negri Perkapalan*. Surabaya.
- Badan Stadarisasi Nasional, 2004,. *Biji Kopi SNI 01-3542-2004*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Massani, R., M.C. Nicoli, A. Cassara, and C.R. Lerrici. 1990 *Study on Physical and Physicochemical changes in coffee beans during storage*. *Jurnal Food Sci*. Vol.2 : 123-130
- CV Lestari, R Rohmatulaili (2022) *Analisis Kadar Air Dan Sari Kopi Bubuk Menggunakan Metode Gravimetri Dan Ekstraksi*.,Prosiding Seminar Nasional. Vol.5. Hal 337-332. Universitas Islam Negri Raden Fatah Palembang.