

# Implementasi Teknologi Mesin Sangrai Biji Kopi Semi Otomatis

Ahmad Sulisty, Suhono\*

Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\*akhisuhono@ugm.ac.id

**Abstrak**—Informasi tentang pengolahan kopi khususnya penyangraian kopi banyak beredar secara *online*. Namun, literasi dan penggunaan teknologi dalam pengolahan kopi masih dalam skala yang rendah karena masih terdapat produsen kopi yang berasal dari pedesaan di mana akses informasi masih terbatas. Selain itu, harga alat pengolahan kopi otomatis, khususnya pada proses sangrai (*roasting*) juga cukup mahal sehingga tidak terjangkau oleh produsen kopi skala kecil-menengah. Dengan memadukan antara pemahaman tentang pengolahan kopi dan teknologi kendali yang telah berkembang, penelitian ini bertujuan untuk membuat alat sangrai semi otomatis dengan kategori tingkat kematangan biji kopi berdasarkan pada suhu. Alat ini menggunakan desain sangrai manual dengan tetap mempertahankan pemanasnya menggunakan kompor gas *portabel*. Sistem elektronisnya menggunakan Arduino Uno. Algoritma yang diberikan pada sistem yaitu ketika suhu terukur lebih besar atau sama dengan suhu yang diatur maka *buzzer* akan aktif sebagai pemberitahuan bahwa proses sangrai sudah terpenuhi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemanasan saat proses sangrai biji kopi adalah rata-rata pada target suhu 170 °C membutuhkan waktu 19 menit sedang pada target suhu 150 °C membutuhkan waktu 16 menit. Durasi tersebut bervariasi tergantung pada jenis sangrainya, yaitu *light*, *medium*, dan *dark*. Sangrai semi otomatis ini juga lebih hemat gas, yang mana 1 kaleng gas dapat digunakan untuk menyangrai 6-7 kali, sedangkan pada sangrai mesin manual hanya 3 kali saja.

**Kata Kunci**— Arduino Uno, kontrol suhu, sangrai, biji kopi.

DOI: 10.22441/jte.2023.v14i1.002

## I. PENDAHULUAN

Pada proses produksi kopi, salah satu hal yang harus diperhatikan adalah proses sangrai (*roasting*) kopi sebelum dilakukan penggilingan. Namun informasi dan produksi tentang pengolahan kopi khususnya dalam menyangrai biji kopi masih dalam skala yang rendah [1] karena masih terdapat produsen kopi yang berasal dari pedesaan dimana peran teknologi masih minim jangkauannya [2]. Dengan penggunaan mesin sangrai manual kapasitas 1 kg, rata-rata kapasitas kopi yang dapat di produksi tiap bulannya 75 kg – 100 kg [3]. Hasil produksi ini tergantung pada jumlah sumberdaya manusia dan jumlah dari mesin sangrai manual yang digunakan. Produksi ini masih tergolong kecil apabila di dibandingkan dengan mesin sangrai biji kopi yang sudah semi otomatis. Pada salah satu referensi, mesin sangrai biji kopi yang diberikan tambahan motor listrik mampu meningkatkan kapasitas sangrai dari 400 gram menjadi 2 kilogram [4] sedangkan menurut [5] penggunaan mesin sangrai modern mampu meningkatkan produksi dari 200 Kg/bulan menjadi 300 Kg/bulan.

Dengan memadukan antara pengolahan kopi dan teknologi yang telah berkembang maka muncul ide untuk membuat alat sangrai semi otomatis dengan kategori tingkat kematangan biji kopi berdasarkan pada suhu. Dari kategori hasil sangrai biji kopi tersebut akan menghadirkan cita rasa kopi yang berbeda sesuai dengan minat konsumen.

Tujuan dari pembuatan mesin sangrai semi otomatis ini adalah untuk membuat dan mengimplementasikan mesin sangrai biji kopi semi otomatis untuk menurunkan kadar air biji kopi sebesar 5% - 7%. Selain itu, penggunaan gas *portabel* pada mesin ini juga dianalisis. Kemudian, dilakukan juga analisis waktu dan suhu yang diperlukan untuk memperoleh jenis biji kopi hasil sangrai *light roast*, *medium roast* dan *dark roast*.

## II. PENELITIAN TERKAIT

### A. Proses Sangrai Biji Kopi

Dalam proses produksi kopi salah satu hal yang harus diperhatikan adalah proses sangrai kopi sebelum dilakukan penggilingan. Proses sangrai diawali dengan penguapan air dan diikuti dengan reaksi pirolisis [6]. Waktu pada proses sangrai bervariasi mulai dari 20 menit sampai 30 menit tergantung pada jenis alat, mutu biji kopi dan tingkat suhu sangrai yang diinginkan. Tingkat awal yang dapat dikatakan matang dapat dilihat pada proses sangrai dimana *first crack* atau pecahan pertama menandakan bahwa sangrai kopi sudah matang [7] dalam kriteria *light roast*. Hasil sangrai biji kopi ini memiliki warna coklat kekuningan.

Hasil dari sangrai biji kopi secara umum dapat dikategorikan menjadi 3 kriteria tingkat kematangan. Menurut [8] kisaran suhu sangrai adalah sebagai berikut:

- Light roast*, suhu 196-205 °C, biji dipanggang tepat hingga terjadi letupan pertama. Warnanya coklat kekuningan dan hasil sangrai jenis ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Light roast coffee bean*

- Medium roast*, suhu 210-219 °C, biji dipanggang melewati letupan pertama namun tidak sampai letupan

kedua. Warnanya coklat gelap dan hasil sangrai jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Medium roast coffee bean*

- c. *Dark roast*, suhu 225 °C ke atas, biji dipanggang hingga letupan kedua. Warna coklat gelap dengan minyak dipermukaan dan hasil sangrai jenis ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Dark roast coffee bean*

### B. Perubahan Sifat Biji Kopi

Menurut [9][10] perubahan sifat biji kopi dapat diketahui. Secara kimiawi, proses ini ditandai dengan evolusi gas CO<sub>2</sub> dalam jumlah banyak dari ruang sangrai. Sedangkan, secara fisik, pirolisis ditandai dengan perubahan warna biji kopi yang semula kehijauan menjadi kecoklatan. Kisaran suhu sangrai yang umum antara 195 sampai 205°C.

Perubahan sifat fisik biji kopi ini dapat di kategorikan menjadi 3 yaitu sebagai berikut ini[11]:

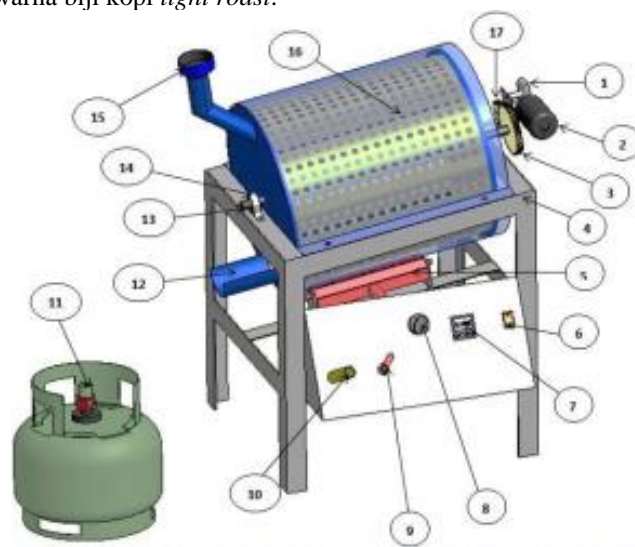
- a. Perubahan kadar air  
Akan terjadi perpindahan panas dari media sangrai ke bahan dan perpindahan massa air selama proses sangrai berlangsung. Panas penguapan mengakibatkan terjadinya perubahan massa air. Air yang terkandung dalam bahan berubah dari cair menjadi uap karena kandungan air pada bahan telah sampai pada kondisi jenuh.
- b. Perubahan tekstur  
Variasi suhu dan lamanya waktu sangraian adalah pemicu terjadinya perubahan tekstur pada biji kopi. Kekerasan biji kopi akan semakin kecil seiring makin tingginya suhu pada proses sangraian karena suhu pada proses sangraian mempengaruhi laju penguapan kadar air dalam biji kopi.
- c. Perubahan Warna  
Pigmen alami pada suatu tanaman adalah hal yang menentukan warna pada tanaman. Pengaruh kimia dan fisik selama proses pengolahan terutama panas adalah beberapa hal yang membuat pigmen sangat peka untuk berubah. Karamelisasi gula menjadi warna cokelat tua adalah penyebab perubahan warna yang dialami biji kopi ketika sudah matang. Reaksi kimia antara gula dan asam amino dari protein yang dikenal sebagai pencoklatan non-enzimatik atau reaksi reaksi Maillard

juga dapat menimbulkan perubahan warna pada biji kopi.

### C. Mesin Sangrai Biji Kopi

Mesin sangrai biji kopi milik Anilatul Bahroin dan Agung Prijo Budijono [12] sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, memiliki sistem sangrai biji kopi yang menggunakan suhu sebagai acuan dalam proses sangrai. Sistem pada mesin sangrai ini menggunakan komponen termokopel untuk merespon suhu dan *thermocontrol* untuk kendali suhu yang ditetapkan unit produksi. Apabila suhu pada termokopel terpenuhi, maka *thermocontrol* akan memutuskan aliran arus AC ke *solenoid valve*. *Solenoid valve* digunakan sebagai penutup saluran gas yang masuk ke kompor sehingga kompor akan mati.

Pada bagian kontrol putaran sangrai mesin ini menggunakan *pulse width modulation (PWM)* sebagai kontrol kecepatan yang diatur melalui potensiometer, sehingga pengguna dapat mengubah kecepatan sesuai keinginan berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan. Kinerja dari sistem kontrol mesin sangrai ini menggunakan putaran 30 rpm dan 60 rpm. Suhu yang diatur yaitu pada 140 °C, 150 °C dan 160 °C, sehingga kinerja dari sistem kontrol ini mendapatkan variasi hasil sangraian biji kopi yang mendekati standar kopi. Pada putaran 60 rpm dengan suhu 150°C dan waktu sangrai 25 menit, diperoleh penurunan kadar air biji kopi sebesar 22% dan warna biji kopi *light roast*.



Gambar 4. Mesin Sangrai Semi Otomatis

## III. METODOLOGI PENELITIAN

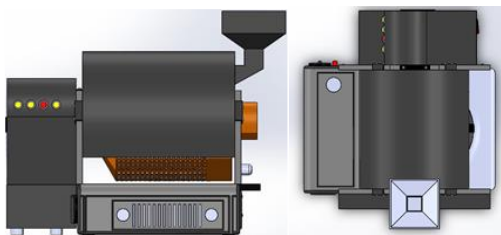
### A. Perancangan Sistem Mekanik

Perancangan sistem mekanik dimodifikasi dari alat sangrai biji kopi manual menjadi alat sangrai biji kopi yang dapat dikontrol secara semi otomatis menggunakan mikrokontroler. Perancangan yang berbasis alat sangrai biji kopi manual kapasitas 1 kg ini memiliki maksud untuk meningkatkan efisiensi alat. Efisiensi yang diharapkan dari penggunaan alat sangrai ini adalah terkait tenaga untuk menggerakkan alat sangrai dan waktu atau durasi tunggu hingga biji kopi masak dibandingkan proses secara manual penuh. Mesin sangrai

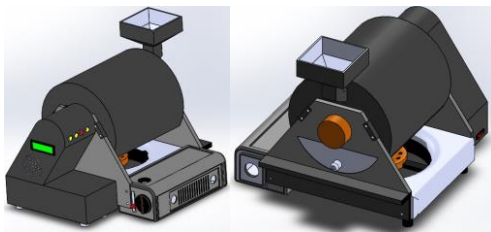
manual ditunjukkan pada Gambar 5 sedangkan gambar rancangan dari alat sangrai yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 5. Mesin sangrai manual 1kg



Gambar 6. Desain sangrai tampak depan dan atas



Gambar 7. Desain mesin sangrai semi otomatis tampak samping kiri (gambar kiri) dan kanan (gambar kanan)

Desain pada Gambar 6 dan 7 menggunakan basis mesin sangrai manual dengan tetap mempertahankan pemanasnya yaitu kompor gas portabel. Desain ini menggunakan bahan *stainless steel* dengan material yang aman terhadap makanan (*food grade*), tahan lama dan mudah dibersihkan. Pada bagian elektronis yang mengontrol sangrai diberikan isolasi dan pendingin supaya tahan terhadap panas yang timbul akibat dari pemanasan sangrainya. Pada mesin sangrai semi otomatis ini menggunakan penggerak motor searah (*direct current-DC*) dihubungkan menggunakan gear dan rantai. Gear yang digunakan memiliki rasio 1:2 yaitu pada gear besar memiliki mata gigi sebanyak 34 dan gear kecil memiliki mata gigi sebanyak 17 dan panjang rantai yang digunakan menyesuaikan. Tampilan gear dan rantai dapat dilihat pada Gambar 8 sedangkan untuk penempatan pada sangrai seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Sistem pemanas menggunakan kompor gas portabel dan proses menyalakan pematiknya dengan cara manual serta menutup knop gas portabel. Sistem alat sangrai ini disebut semi otomatis dikarenakan pemanas pada sangrai masih menggunakan sistem yang bekerja secara manual.



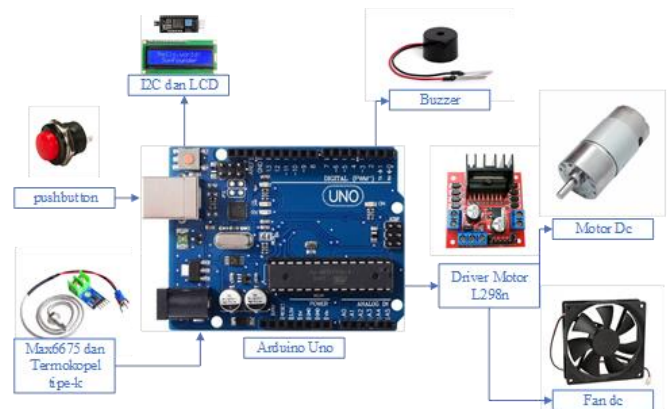
Gambar 8. Gear dan rantai



Gambar 9. Posisi gear dan rantai pada mesin sangrai

### B. Perancangan Sistem Kontrol

Gambar 10 menunjukkan skema sistem elektronis dari rancangan mesin sangrai semi otomatis. Sistem ini merupakan sistem kontrol semi otomatis yang di implementasikan pada alat sangrai biji kopi manual. Komponen dirancang berbasis pada Arduino Uno.



Gambar 10. Rancangan *hardware* sistem mesin sangrai semi otomatis

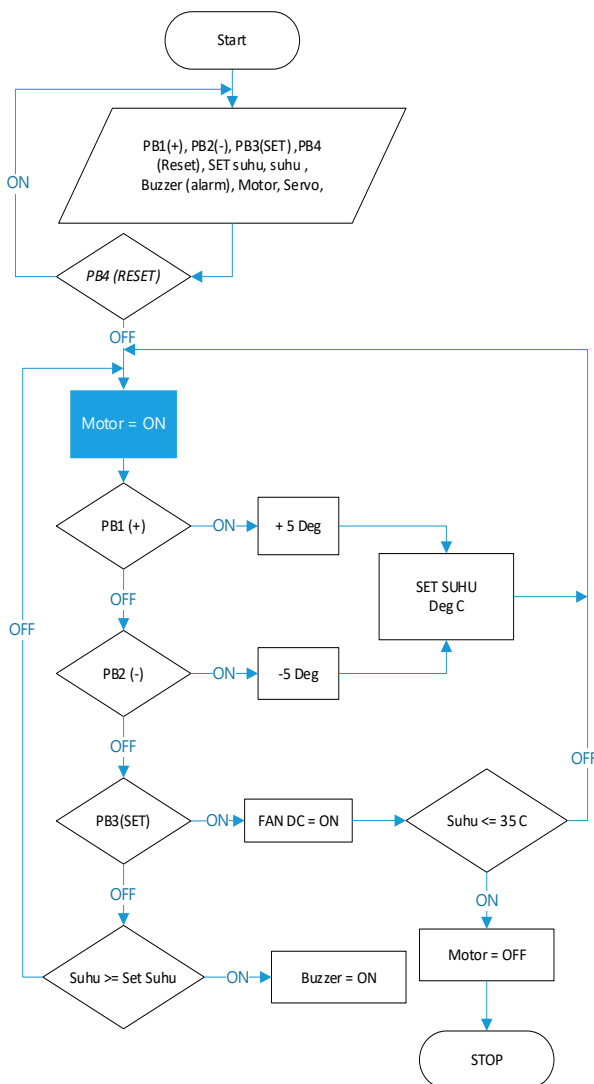
Pada proses kontrol, algoritma diprogramkan pada Arduino Uno yang diberikan tegangan masukan sebesar 7 volt. Sistem akan membaca olah data dari modul Max6675 yang terhubung dengan termokopel tipe-k yang merespon suhu pada proses sangrai biji kopi. Dari olah data tersebut kemudian menghasilkan luaran dari arduino ke *liquid crystal display* (LCD) dengan *inter integrated circuit* (I2C). Luaran yang tertampil pada LCD yaitu suhu yang terukur pada termokopel tipe-k dalam satuan derajat celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan juga suhu yang akan di atur sesuai keinginan dari penggunanya. Proses sangrai ini akan otomatis menyalakan motor DC ketika sistem dinyalakan. Hal ini untuk melindungi dari resiko pemaian sangrai akibat dari menyalnya api kompor, sedangkan mesin sangrai belum berputar. Algoritma yang diberikan pada sitem yaitu ketika suhu terukur lebih besar atau sama dengan suhu yang diatur maka



buzzer akan aktif sebagai pemberitahuan bahwa proses sangrai sudah terpenuhi. Pada pengatur suhu yang diinginkan terdapat empat fungsi tombol yang dapat dilihat pada Tabel 1. Proses secara keseluruhan disajikan dalam diagram alir sistem yang dapat dilihat pada Gambar 11.

Tabel 1. Fungsi *push button*

Perangkat	Fungsi
Push Button 1 (+)	Memberikan perintah menambah digit angka pada suhu yang akan diatur.
Push Button 2 (-)	Memberikan Perintah mengurangi digit angka pada suhu yang akan diatur.
Push Button 3 (SET)	Mengaktifkan perintah pendinginan mesin sangrai ke suhu ruangan $\leq 35^{\circ}\text{C}$ . Mengaktifkan kipas pendingin sampai suhu pendinginan terpenuhi.
Push Button 4 (RST)	Memberikan perintah <i>reset</i> sistem.



Gambar 11. Diagram alir sistem

#### IV. HASIL DAN ANALISIS

Suhu yang diatur atau *temperature setting* pada pengaturan awalnya adalah  $170^{\circ}\text{C}$  sebagai target suhu pemanasan alat sebelum mulai menyangrai biji kopi. Namun, pengguna juga dapat mengubah suhu pemanasan yang sesuai yang diinginkan sesuai dengan kriteria sangrai masing-masing atau tidak harus  $170^{\circ}\text{C}$ .

##### A. Pemanasan Mesin Sangrai

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam proses sangrai biji kopi yaitu rata-rata pada target suhu  $170^{\circ}\text{C}$  membutuhkan waktu 19 menit sedangkan pada target suhu  $150^{\circ}\text{C}$  membutuhkan waktu 16 menit.

Tabel 2. Pengujian pemanasan mesin sangrai

Uji	Suhu Awal	Pemanasan sangrai	Waktu (Menit)
1	18 °C	170 °C	18.23
2			19.14
3			19.06
4			15.57
5	150 °C	16.03	

##### B. Pendinginan Mesin Sangrai

Pada sistem dimana target suhu pendinginan dibawah  $35^{\circ}\text{C}$ , maka kipas akan mati dengan sendirinya saat mencapai suhu di bawah nilai tersebut. Dari hasil pengujian waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan alat sangrai biji kopi dapat dilihat pada Tabel 3. Rata-rata waktu pendinginan yang dibutuhkan untuk mendinginkan sangrai biji kopi pada suhu awal  $170^{\circ}\text{C}$  adalah 26 menit, sedangkan pada suhu awal  $150^{\circ}\text{C}$  dibutuhkan waktu selama 21 menit.






Tabel 3. Pendinginan mesin sangrai

Uji	Suhu Awal	Pendinginan sangrai	Waktu (Menit)
1	170 °C	< 35 °C	25.42
2			26.07
3	150 °C		21.37
4			21.33

##### C. Sangrai Biji Kopi Light Roast

Sangrai biji kopi arabika jenis ini menghasilkan warna coklat cerah, sangrai jenis ini ditandai dengan *first crack* (letupan pertama atau pecahan pertama biji kopi). Hasil yang ditunjukkan Tabel 4 adalah hasil dari sangrai jenis *light roast* pada suhu yang diatur yaitu  $155^{\circ}\text{C}$ . Dari kelima pengujian dalam jenis sangrai *light roast* tidak diperoleh perbedaan hasil yang signifikan dan masih dalam kondisi wajar. Perbedaan terjadi pada waktu sangrai biji kopi yaitu karena pengaruh dari suhu pemanasan alat sangrai biji kopi yang dilakukan. Namun, hal ini tidak mempengaruhi rasa dan hasil sangrai. Perbedaan waktu yang didapat dari perbedaan tingkat pemanasan alat sangrai biji kopi untuk *light roast* rata-rata selisih waktunya 8 menit lebih lama untuk pemanasan pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$ .

Tabel 4. Hasil sangrai *light roast*






Uji	Pemanasan	Penurunan Kadar Air Biji Kopi	Waktu (Menit)	Berat Kopi Akhir (gram)	Hasil
1	170 °C	6%	12.33	587	
2		6,1%	12.24	588	
3		6%	12.22	585	
4	150 °C	6%	20.59	585	
5		6,2%	21.02	589	

\*Biji kopi arabika (*light roast*) pada suhu *roasting* 155 °C, berat biji kopi 700 gram dan kadar air biji kopi 11%

#### D. Sangrai Biji Kopi Medium Roast

Sangrai biji kopi arabika jenis ini menghasilkan warna lebih gelap apabila dibandingkan dengan *light roast* dan akan lebih terang apabila dibandingkan dengan *dark roast*. Untuk rasanya sedikit manis apabila diseduh dan aromanya tercium karena dalam proses sangrainya mengeluarkan lebih banyak asap dibandingkan dengan proses *light roast*. Pada pengujian ini menggunakan sampel data pengujian *medium roast* dengan suhu 160 °C. Untuk hasil dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil sangrai *medium roast*

Uji	Pemanasan	Penurunan Kadar Air Biji Kopi	Waktu (Menit)	Berat Kopi Akhir (gram)	Hasil
1	170 °C	5,8%	14.42	582	
2		5,9%	15.06	584	
3		5,82%	14.56	583	
4	150 °C	5,76%	21.49	581	
5		5,8%	21.32	582	

\*Biji kopi arabika (*medium roast*) pada suhu *roasting* 160 °C, berat biji kopi 700 gram dan kadar air biji kopi 11%






Hasil yang ditunjukkan Tabel 5 adalah hasil dari sangrai jenis *medium roast* pada suhu yang diatur pada sangrai biji kopi yaitu 160 °C yang memiliki perbedaan waktu dari jenis *light roast* rata-rata 2 menit lebih lama. Dari kelima pengujian dalam jenis sangrai *medium roast* tidak diperoleh perbedaan hasil yang

signifikan dan masih dalam kondisi wajar. Perbedaan terjadi pada waktu sangrai biji kopi yaitu karena pengaruh dari suhu pemanasan alat sangrai biji kopi yang dilakukan. Namun, hal ini tidak mempengaruhi rasa dan hasil sangrai. Perbedaan waktu yang disebabkan oleh perbedaan tingkat pemanasan alat sangrai biji kopi untuk *medium roast* rata-rata selisih waktunya 7 sampai 8 menit lebih lama untuk pemanasan pada suhu 150 °C.

#### E. Sangrai Biji Kopi Dark Roast

Sangrai biji kopi arabika jenis ini menghasilkan coklat gelap atau mendekati warna kehitaman. Jenis sangrai ini dalam prosesnya akan terdengar banyak letupan pemecahan biji kopi dan asap serta aromanya akan tercium. pada pengujian ini menggunakan sampel data pengujian *dark roast* dengan suhu 170 °C. Untuk hasil lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil sangrai *dark roast*

Uji	Pemanasan	Penurunan Kadar Air Biji Kopi	Waktu (Menit)	Berat Kopi Akhir (gram)	Hasil
1	170°C	5,04%	22.09	563	
2		5,4%	21.36	571	
3		5,3%	22.12	568	
4	150°C	5,26%	25.08	562	
5		5,26%	25.24	567	

\*Biji kopi arabika (*dark roast*) pada suhu *roasting* 170 °C, berat biji kopi 700 gram dan kadar air biji kopi 11%

Hasil pada Tabel 6 adalah hasil dari sangrai jenis *dark roast* pada suhu yang diatur pada sangrai biji kopi yaitu 170 °C yang memiliki perbedaan waktu dari jenis *medium roast* rata-rata 7 menit lebih lama. Dari kelima pengujian dalam jenis sangrai *dark roast* tidak didapat perbedaan hasil yang signifikan dan masih dalam kondisi wajar. Perbedaan terjadi pada waktu sangrai biji kopi yaitu karena pengaruh dari suhu pemanasan alat sangrai biji kopi yang dilakukan. Namun, hal ini tidak mempengaruhi rasa dan hasil sangrai. Perbedaan waktu yang didapat dari perbedaan tingkat pemanasan alat sangrai biji kopi untuk *light roast* rata-rata selisih waktunya 3 sampai 4 menit lebih lama untuk pemanasan pada suhu 150 °C.

#### F. Penggunaan gas dalam proses sangrai

Dalam proses sangrai manual 1 buah gas portabel mampu digunakan dalam 2-3 kali proses sangrai. Di sisi lain, pada proses sangrai semi otomatis mampu digunakan dalam 6-7 kali sangrai termasuk pemanasan mesin sangrainya. Perbedaan penggunaan gas dalam proses sangrai antara keduanya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Penggunaan gas dalam proses sangrai

Pemakaian Gas	Manual	Semi Otomatis
1 kaleng	2 kali sangrai	6 kali sangrai
1 kaleng	3 kali sangrai	6 kali sangrai
1 kaleng	3 kali sangrai	7 kali sangrai

Faktor yang menyebabkan adanya perbedaan konsumsi gas dapat diuraikan sebagai berikut:

- Desain mekanik dari sangrai biji kopi semi otomatis lebih tertutup dibandingkan dengan mesin sangrai biji kopi manual. Sehingga proses pemanasan mesin sangrai semi otomatis lebih cepat dan sedikit tidak terpengaruh udara ruangan. Perbedaan desain dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 12. Perbedaan desain mekanik mesin sangrai

- Putaran mesin sangrai yang konstan sehingga pemanasan mesin sangrai semi otomatis lebih merata dan konstan.

## V. KESIMPULAN

Dalam perancangan mesin sangrai biji kopi semi otomatis mampu menurunkan kadar air biji kopi dengan kadar air mula adalah 11% menjadi 7% -5% dengan waktu 12 sampai 25 menit tergantung pada suhu pemanasan mesin sangrai. Alat sangrai biji kopi semi otomatis ini selain mempermudah proses sangrai biji kopi, juga lebih hemat gas dibandingkan dengan sangrai manual. Pada sangrai manual, 1 kaleng gas digunakan untuk 3 kali sangrai biji kopi, sedangkan pada mesin sangrai semi otomatis ini 1 kaleng gas mampu digunakan untuk menyangrai biji kopi 6-7 kali. Alat sangrai semi otomatis ini mampu menghasilkan 3 jenis hasil sangrai, yaitu *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast*.

Sangrai biji kopi *light roast* pada suhu 155 °C memerlukan waktu rata-rata 12 menit untuk pemanasan sampai 170 °C sedangkan pada pemanasan 150 °C rata-rata waktu sangrainya 20 menit. Di sisi lain, sangrai biji kopi *medium roast* pada suhu 160 °C memerlukan waktu rata-rata 14 menit untuk pemanasan sampai 170 °C dan pada pemanasan 150 °C rata-rata waktu sangrainya 21 menit. Berbeda dengan dua proses lainnya, *roasting dark roast* pada suhu 170 °C memerlukan waktu rata-rata 21 menit untuk pemanasan 170 °C sedangkan pada pemanasan 150 °C rata-rata waktu sangrainya 25 menit.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan terhadap pihak-pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini, terutama

UMKM Kopi Petruk dan Departemen Teknik Elektro dan Informatika. Ucapan terima kasih juga disampaikan terhadap tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutarsi, S. Soekarno, and S. Widyotomo, "Performance Evaluation of Rotating Cylinder Type Coffee Bean Roaster," *J. Keteknikan Pertan.*, vol. 24, no. 1, pp. 33–38, 2010.
- [2] R. Rahmahwati, "Perbaikan Tingkat Risiko Musculoskeletal Disorders Berdasarkan Pendekatan Nordic Body Map dan Rapid Upper Limb Assessment Pada Hasil Rancang Bangun Mesin Roasting Kopi Digital Otomatis," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 191–200, 2021, doi: 10.26593/jrsi.v10i2.4694.191-200.
- [3] A. Sulisty and Suhono, "Rancang Bangun Mesin Roasting Biji Kopi Semi Otomatis," Universitas Gadjah Mada, 2020. [Online]. Available: <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/189171>
- [4] F. J. Daywin, L. Gozali, L. Widodo, C. O. Doaly, and M. Wildan Hendri Ross, "Community service report: Designing the ergonomic roasting machine for coffee seed with additional electrical motor at Seduh Kopi coffee shop," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 852, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/852/1/012091.
- [5] R. Manurung, E. Aprilianto, and O. I. A. Nugroho, "The Effect of the Coffee Roasting Machine on Increasing Production of Arabic Coffee KSM Galuh Lestari Dusun Gunungmalang in Indonesia," *Proc. 1st Int. Conf. Law Hum. Rights 2020 (ICLHR 2020)*, vol. 549, no. Iclhr 2020, pp. 259–266, 2021, doi: 10.2991/assehr.k.210506.036.
- [6] O. A. Ogunjirin, O. M. Odeniyi, A. S. Olubo, A. J. Farounbi, O. A. Ola, and S. A. Adeleke, "Design and construction of an electrically powered coffee roasting machine," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 445, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/445/1/012009.
- [7] M. Münchow, J. Alstrup, I. Steen, and D. Giacalone, "Roasting conditions and coffee flavor: A multi-study empirical investigation," *Beverages*, vol. 6, no. 2, pp. 1–14, 2020, doi: 10.3390/beverages6020029.
- [8] Sasame Coffee, "Perbedaan Tiga Tingkat Roasting Kopi agar Anda Tidak Salah Beli," 2022. <https://www.sasamecoffee.com/kopipedia/perbedaan-berbagai-level-roasting-kopi/>
- [9] D. Rahadian, "Proses pembuatan kopi instan," 2018. <http://coffeecology.blogspot.com/2012/10/proses-pembuatan-kopi-instan-skala.html>
- [10] R. Y. Sari and L. Pujiatoro, "Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian Terhadap Sifat Fisik-Mekanis Biji Kopi Robusta," Bogor Agricultural University, 2018. [Online]. Available: <https://repository.ugm.ac.id/33122/>
- [11] J. Nugroho, J. Lumbanbatu, and R. Sri, "Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian Terhadap Sifat Fisik-Mekanis Biji Kopi Robusta," *Makal. Bid. Tek. Prod. Pertan.*, vol. 6, no. 2006, pp. 217–225, 2009, [Online]. Available: [https://repository.ugm.ac.id/33122/1/a20\\_Joko\\_Nugroho.pdf](https://repository.ugm.ac.id/33122/1/a20_Joko_Nugroho.pdf)
- [12] A. Bahroin and A. P. Budijono, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Dan Putaran Pada Mesin Penyangrai Kopi Semi Otomatis," *Jrm*, vol. 02, no. 03, pp. 35–39, 2015.