

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 1, Maret 2021

**PENINGKATAN MUTU DAN KEEKONOMIAN KOPI ARABIKA MELALUI
PENYANGRAIAN KOMPLEKS**

***QUALITY AND TECHNO-ECONOMIC IMPROVEMENT ON COFFEA ARABICA THROUGH
COMPLEX ROASTING***

* Muhammad Rifqi Maulid¹, Eko Heri Purwanto², Efri Mardawati¹, Budi Mandra Harahap¹, Saefudin³

¹⁾ **Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian,
Universitas Padjadjaran**

Jalan Raya Bandung–Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363 Indonesia

²⁾ **Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar**

Jalan Raya Pakuwon Km. 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

³⁾ **Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan**

Jalan Tentara Pelajar No. 1, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor 16111 Indonesia

* *muhammad17052@mail.unpad.ac.id*

(Tanggal diterima: 19 Februari 2021, direvisi: 23 Maret 2021, disetujui terbit: 30 Maret 2021)

ABSTRAK

Peningkatan mutu dan keekonomian merupakan hal yang sangat penting untuk meningkatkan nilai ekspor kopi di Indonesia. Kopi Arabika Sigarar Utang yang merupakan salah satu jenis kopi terbaik di Indonesia dapat ditingkatkan nilai tambahnya melalui penyangraian kompleks yang merupakan metode penyangraian terbaik. Penelitian dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, Jawa Barat, mulai Januari sampai November 2020, dengan tujuannya untuk: (1) mengevaluasi pengaruh temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap kualitas biji kopi Arabika Sigarar Utang, dan (2) mengevaluasi neraca massa dan kelayakan ekonomi pada perlakuan penyangraian terbaik. Percobaan dilakukan dengan rancangan acak lengkap faktorial, 2 faktor, dan 2 ulangan. Faktor pertama adalah temperatur awal yang terdiri dari 2 taraf, yaitu: temperatur 185 °C dan 210 °C. Faktor kedua adalah derajat sangrai yang terdiri dari 2 taraf, yaitu: derajat ringan-sedang dan derajat sedang-gelap. Peubah yang diamati adalah kadar air, kadar abu, densitas kamba, nilai *brix*, total asam tertitrasi, pH, aktivitas antioksidan, dan kadar kafein. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode penyangraian kompleks dengan temperatur awal 210 °C dan derajat penyangraian ringan-sedang menghasilkan mutu kopi Sigarar Utang yang diperoleh dari Kebun Percobaan Gunung Putri, Balittri, paling mendekati mutu I SNI 01-3542-2004. Biji kopi sangrai yang dihasilkan memiliki cita rasa istimewa (skor 86,51) sehingga dapat memberikan nilai tambah yang tinggi. Nilai kelayakan ekonomi produksi sangat meyakinkan sehingga layak untuk diadopsi oleh industri kopi skala kecil-menengah.

Kata kunci: Keekonomian; kopi Arabika; mutu; neraca massa; penyangraian kompleks

ABSTRACT

Quality and techno-economic improvement is important to increase export value of coffee in Indonesia. Complex roasting is one excellent method in increasing the added value of coffee, such as *Coffea arabica* var. Sigarar Utang which is the best coffee variety in Indonesia. The study was carried out at The Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, West Java, from January to November 2020 which aimed: (1) to evaluate the effect of initial temperature and roasting degree on the quality of Sigarar Utang coffee bean, and (2) to evaluate the mass balance and economic feasibility of the best roasting treatment. This study was designed in a factorial completely randomized design, using 2 factors, and 2 replications. The first factor was the initial temperature which consisted of 2 levels (185 °C dan 210 °C), and the second factor was the roasting degree which consisted of 2 levels (light-medium and medium-dark). The variables observed were the water content, ash content, bulk density, brix, titratable acidity, pH, radical scavenging (antioxidant) activity, and caffeine content. The results showed that the complex roasting method with an initial temperature of 210 °C and mild-moderate roasting degrees generated a quality of Sigarar Utang coffee originating from Gunung Putri, IIBCRI, closest to the quality 1 of SNI 01-3542-2004. The roasted coffee beans have a special taste (score 86.51) which is a high added value. The production economic value is feasible to be adopted by small-medium scale coffee industry.

Keywords: Arabica coffee; complex roasting; cup quality; mass balance; techno-economic

PENDAHULUAN

Nilai ekspor kopi Indonesia tahun 2018-2019 berada pada peringkat ke-9 di bawah Brazil, Kolombia, Swiss, Vietnam, Jerman, Italia, Perancis dan Honduras (Workman, 2020). Indonesia mampu bersaing dari segi kuantitas, hal ini terlihat dari kapasitas produksi kopi sebesar 729.074 ton pada tahun 2019 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019). Selain itu kopi Indonesia memiliki kualitas cita rasa yang menarik, kompleks dan diakui dunia, maka perlu diiringi dengan peningkatan nilai tambah untuk meningkatkan total nilai ekspor kopi Indonesia. Salah satu jenis kopi yang unggul di Indonesia adalah kopi Arabika Sigarar Utang yang tahan terhadap hama, memiliki cita rasa yang sangat baik dan biji yang besar (Wahyudi *et al.*, 2016). Selain itu proses pengolahan kopi secara basah dapat mendukung terciptanya cita rasa yang optimum dalam penyangraian kompleks (Flament, 2001), oleh karena itu kopi Arabika Sigarar Utang yang melalui proses basah dipilih pada penelitian ini.

Penyangraian adalah proses yang paling berpengaruh dalam pengolahan kopi. Di samping itu, terdapat beberapa variabel yang berpengaruh terhadap penyangraian. Maka berdasarkan penelitian terdahulu, kualitas terbaik dari penyangraian dapat diperoleh melalui penyangraian tertutup dan metode penyangraian kompleks yang memperhatikan temperatur awal dan derajat penyangraian (Nagaraju *et al.*, 1997; Schenker *et al.*, 2002). Beberapa studi menunjukkan bahwa temperatur awal berpengaruh terhadap kualitas biji Kopi Arabika. Penambahan kompleksitas rasa dapat diperoleh dari temperatur awal yang tinggi, dan kadar kafein yang sesuai dapat diperoleh dari temperatur awal 180-222 °C (Gloess *et al.*, 2018; Jung *et al.*, 2017; Mubarak *et al.*, 2019). Derajat penyangraian merupakan indikator keberadaan komponen cita rasa di dalam kopi yang terbentuk dari reaksi *Maillard*. Selain itu, derajat penyangraian

memiliki pengaruh terhadap aktivitas antioksidan berdasarkan beberapa penelitian. Somporn *et al.* (2011) mengatakan bahwa aktivitas antioksidan menurun seiring peningkatan derajat penyangraian dari 92% (ringan) menjadi 86% (gelap). Derajat ringan-sedang dan sedang-gelap merupakan batas awal dan akhir dari penyangraian kompleks dan merupakan rentang perolehan aktivitas antioksidan yang tinggi (Kwak *et al.*, 2017; Somporn *et al.*, 2011). Nilai warna L (*lightness*) untuk derajat penyangraian ringan-sedang adalah 24 ± 1 dan sedang-gelap adalah 27 ± 1 (Somporn *et al.*, 2011; Vignoli *et al.*, 2014). Tekanan gas merupakan variabel yang berpengaruh pada kadar kafein biji kopi. SNI 01-3542-2004 menentukan persyaratan kadar kafein dalam kopi sebesar 4,5-20 mg/g. Beberapa penelitian yang memenuhi kriteria tersebut menggunakan tekanan gas di antara 0,23-0,41 kPa (Gloess *et al.*, 2014; Jung *et al.*, 2017).

Penyangraian kompleks saat ini dibutuhkan untuk memaksimalkan potensi dari kopi Arabika Jawa Barat. Selain itu dibutuhkan kapasitas yang lebih besar dan perhatian terhadap variabel penyangraian yang lebih luas pada penelitian penyangraian agar lebih mudah diterapkan pada industri kecil dan menengah. Evaluasi neraca massa diperlukan untuk mengetahui perolehan pada penyangraian kopi. Analisis ekonomi diperlukan untuk menghitung harga jual, prospek pengembangan dan kelayakan usaha kopi Arabika. Penyangraian kompleks, evaluasi neraca massa dan analisis kelayakan usaha merupakan tiga hal penting dalam meningkatkan daya saing kopi Arabika Sigarar Utang Gunung Putri di pasar nasional dan internasional. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap kualitas biji Kopi Arabika Sigarar Utang Gunung Putri skala lima kilogram. Tujuan lainnya adalah untuk mengevaluasi neraca massa dan kelayakan ekonomi pada perlakuan penyangraian terbaik dari penelitian ini.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari sampai bulan November 2020.

Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah biji kopi gabah Arabika Sigarar Utang yang diperoleh melalui proses basah dengan lama fermentasi 36 jam. Biji kopi tersebut diperoleh dari Kebun Percobaan Gunung Putri, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, pada ketinggian 1450 mdpl, tipe iklim D, dan jenis tanah Andosol. Sedangkan beberapa bahan kimia yang digunakan pada tahap analisis adalah kafein anhidrat (Merck), CaCO_3 (Merck), kloroform (Merck), DPPH (Himedia) dan metanol (Merck).

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan analisis eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dua faktor, masing-masing faktor terdiri dari dua taraf pengujian dan dua ulangan. Faktor pertama adalah temperatur awal penyangraian pada level 185 °C dan 210 °C. Faktor kedua adalah derajat penyangraian yang diwakili dengan warna, berada pada level $L*27 \pm 1$ untuk ringan-sedang dan $L*24 \pm 1$ untuk sedang-gelap.

Persiapan Bahan

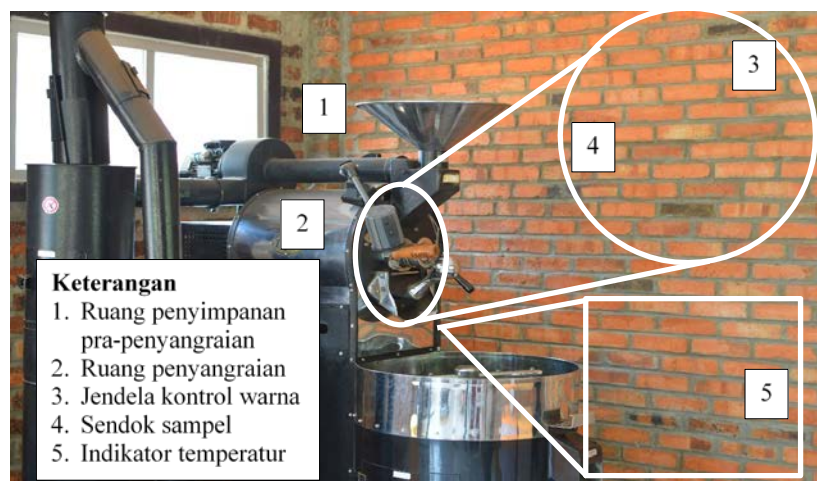
Biji kopi gabah kering dijemur di bawah sinar matahari selama satu jam, dan disosoh untuk menghasilkan biji kopi beras. Selanjutnya dilakukan

sortasi pada setiap 300 gram biji kopi beras dengan memperhatikan keberadaan cacat perkamen, kulit tanduk, rusak/potong, serangan serangga, hitam sebagian, mengambang, tempurung, batu kecil, kayu kecil dan serangan air (belum kering).

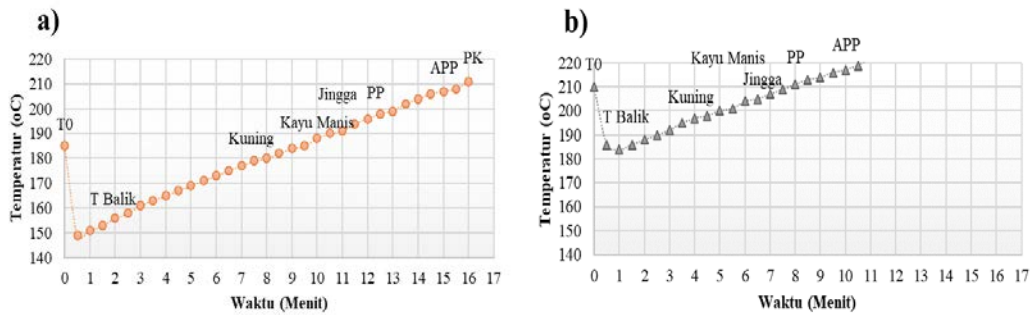
Penyangraian

Penyangraian dilakukan dengan menggunakan mesin Toper Turkey p262773 Drum Roaster berkapasitas 5 kilogram (Gambar 1). Temperatur biji diukur setiap 30 detik berdasarkan indikator temperatur yang terdapat pada mesin. Tekanan gas diatur sebesar 3 mbar (0,3 kPa). Derajat penyangraian diukur dengan alat Hunterlab Miniscan EZ. Seluruh hasil penyangraian disimpan dalam kemasan plastik selama satu pekan pada temperatur 25 °C sebelum dianalisis.

Langkah pertama penelitian dilakukan dengan memastikan titik konsistensi derajat penyangraian biji kopi melalui proses penyangraian pendahuluan. Penyangraian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui seluruh tahapan perubahan derajat penyangraian yang terjadi pada biji kopi (kalibrasi). Beberapa penelitian penyangraian kopi di Indonesia seperti Saloko *et al.* (2019) dan Fadri *et al.*, (2019) tidak menyertakan kurva perubahan temperatur terhadap waktu yang disertai keterangan perubahan fase. Padahal penyangraian kopi pada skala industri memerlukan gambaran berdasarkan kurva tersebut seperti yang dilakukan Gloess *et al.* (2014). Untuk memperkuat ketepatan saat penelitian dilakukan, fase-fase derajat penyangraian dicatat berdasarkan waktu tempuh penyangraian yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 1. Bagian-bagian mesin penyangrai Toper Turkey p262773 Drum Roaster
Figure 1. Part of Toper Turkey p262773 Drum Roaster



Gambar 2. Kurva perubahan temperatur dan derajat penyangraian terhadap waktu penyangraian pendahuluan: a) $T_0=185^\circ\text{C}$ dan b) $T_0=210^\circ\text{C}$

Keterangan: T_0 =temperatur awal; T balik= Titik balik temperatur; PP= pecahan pertama; APP= akhir pecahan pertama; PK= pecahan kedua

Figure 2. Temperature and roasting degree changing curve to time on preliminary roasting; a) $T_0=185^\circ\text{C}$ and b) $T_0=210^\circ\text{C}$

Note: T_0 =initial temperature; T balik= turning point; PP= first crack; APP= end first crack; PK= second crack

Analisis Sifat Fisik

Analisis sifat fisik dilakukan pada tiga indikator kualitas biji kopi, yaitu kadar air, kadar abu dan densitas kamba. Analisis kadar air dan kadar abu dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian SNI 01-2891-1992, sedangkan densitas kamba dilakukan sesuai metode yang diterapkan Budijanto *et al.* (2011).

Analisis Sifat Kimia

Analisis sifat kimia dilakukan pada lima indikator kualitas biji kopi, yaitu nilai *brix*, nilai pH, total asam tertitrasi, aktivitas antioksidan dan kadar kafein. Sebagai sampel pengujian nilai *brix*, pH dan total asam tertitrasi, kopi diseduh dengan akuades pada temperatur 93°C dan konsentrasi 10% (b/v). Padatan dipisahkan dengan menggunakan kertas saring Whatman No. 1. Filtrat ditera ke dalam labu ukur 100 ml. Nilai *brix* diperoleh menggunakan refraktometer sesuai prosedur yang ditunjukkan (Asiah *et al.*, 2019). pH diukur dengan instrumen pH meter elektroda (Consort C861), sedangkan total asam tertitrasi menggunakan metode Nielsen (2010). Pengujian kadar kafein dan aktivitas antioksidan menggunakan metode penyeduhan berbeda dari ketiga analisis yang telah disebutkan di awal, yaitu sesuai dengan prosedur masing-masing metode. Analisis aktivitas antioksidan dilakukan sesuai prosedur pada penelitian Somporn *et al.* (2011). Analisis kadar kafein mengacu pada prosedur SNI 01-2891-1992 dengan instrumen Rotavapor Buchi R215. Persamaan kurva standar untuk analisis kadar kafein adalah $y=0,499x+0,0063$ dengan $R^2= 0,9986$. Pengukuran serapan pada analisis aktivitas antioksidan dan kadar kafein menggunakan instrumen spektrofotometri uv-vis (GENESYS™ 10S).

Analisis Cita Rasa (SCAA, 2015)

Analisis cita rasa dilakukan pada 15 orang panelis tereduksi di dalam ruangan tertutup bertemperatur 24°C . Masing-masing panelis diberikan sendok khusus *cupping* dan gelas untuk melakukan *cup-off* (kopi dikeluarkan setelah dirasakan). Sampel kopi diseduh dengan air mineral pH 8,5 bertemperatur 93°C . Konsentrasi sampel terhadap air mineral adalah 10% (b/b). Parameter yang diuji adalah aroma, rasa, durasi singgah (*aftertaste*), keasaman, kemanisan, ketebalan rasa, keseimbangan rasa, kebersihan karakter (*clean cup*), keseragaman dan nilai keseluruhan. Penilaian kategori skala kualitas yang diamati adalah baik (6,00-6,75), sangat baik (7,00-7,75), istimewa (8,00-8,75) dan luar biasa (9,00-9,75) (Specialty Coffee Association of America, 2015).

Neraca Massa

Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa massa awal biji kopi beras, massa akhir biji kopi sangrai, kadar air dan kadar kafein. Data dikelompokkan berdasarkan posisinya pada proses, yaitu sebagai masukan atau keluaran (Geankoplis, 1993). Total massa yang terakumulasi pada masukan dan keluaran disajikan dalam bentuk persentase rendemen.

$$\text{Rendemen}_{\text{Penyangraian (b)}} = \frac{\text{Massa biji kopi sangrai (kg)}}{\text{Massa biji kopi beras (kg)}}$$

$$\text{Rendemen}_{\text{Air (b/b)}} = \frac{\text{Massa air (g)}}{\text{Massa biji kopi sangrai (g)}}$$

$$\text{Rendemen}_{\text{Keseluruhan (b/b)}} = \frac{\text{Massa biji kopi sangrai (kg)}}{\text{Massa biji kopi gabah (kg)}}$$

Secara keseluruhan, proses penyangraian kopi menghasilkan keluaran lainnya berupa limbah partikulat. Limbah tersebut menyebabkan adanya kehilangan massa pada produk biji kopi. Data tersebut perlu diolah menjadi persentase massa hilang yang dapat diperoleh melalui perhitungan berikut.

$$\% \text{ Hilang}_{(b/b)} = \frac{\text{Massa biji kopi beras} - \text{Massa biji kopi sangrai (kg)}}{\text{Massa biji kopi beras (kg)}}$$

Harga Pokok Produksi

Harga pokok produksi menunjukkan biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan proses produksi. Analisis harga pokok produksi kopi sangrai dilakukan melalui persamaan berikut menurut (Kastaman, 2004).

$$HPP = \frac{\text{Biaya primer} + \text{Biaya Tak Langsung} + \text{Biaya Komersial}}{\text{Jumlah produk}}$$

Biaya primer terdiri atas biaya bahan langsung dan biaya buruh langsung. Biaya primer merupakan keseluruhan biaya variabel yang dibutuhkan secara langsung pada suatu produk, bahan yang digunakan akan diperoleh pada produk. Contoh dari biaya primer pada penyangraian kopi adalah harga biji kopi beras dan upah tenaga kerja penyangrai.

Biaya tak langsung terdiri dari biaya bahan tak langsung dan biaya buruh tak langsung. Biaya tak langsung merupakan keseluruhan biaya variabel yang bersifat melengkapi dan mendukung kebutuhan primer. Contoh dari biaya tak langsung pada penyangraian kopi adalah harga gas tabung dan upah tenaga kerja pembersih ruangan.

Biaya komersial adalah biaya yang berada di luar biaya produksi. Biaya ini mencakup pengeluaran dari usaha administrasi dan pengenalan produk ke pasar. Contoh dari biaya komersial pada penyangraian kopi adalah biaya pengurusan sertifikasi Pangan Industri Rumah Tangga (PIRT).

Titik Impas (Break Even Point / BEP)

Analisis titik impas dilakukan untuk mengetahui unit atau jangka waktu pengembalian modal yang dapat diperoleh dari penjualan produk. Analisis titik impas dihitung melalui persamaan berikut menurut (Kastaman, 2004).

$$\text{Titik Impas}_{\text{Unit}} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Harga Jual Produk} - \text{Biaya Variabel}}$$

$$\text{Titik Impas}_{\text{Rupiah}} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{1 - (\text{Biaya Variabel} / \text{Titik Impas}_{\text{Unit}})}$$

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan peralatan yang menunjang proses produksi maupun bagian pendukungnya. Contoh dari biaya tetap pada proses penyangraian kopi adalah mesin penyangrai.

Biaya variabel merupakan keseluruhan harga pokok produk. Contoh dari biaya variabel adalah harga biji kopi beras. Harga jual produk adalah penambahan dari harga pokok produk dengan keuntungan yang ingin diperoleh.

Pengembalian Investasi (Return on Investment / ROI)

Analisis pengembalian investasi dilakukan untuk mengetahui persentase profit yang dapat diperoleh dari penyangraian biji kopi. Bila ROI bernilai negatif maka sebuah investasi dinilai merugikan. Semakin besar persentase ROI maka sebuah investasi dinilai menguntungkan dan usaha layak untuk dijalankan. Analisis pengembalian investasi dilakukan melalui persamaan berikut menurut (Adiwinata *et al.*, 2017).

$$ROI = \frac{\text{Laba Bersih}}{\text{Total Investasi}} \times 100\%$$

Rasio Manfaat-Biaya (Benefit Cost Ratio / B/C)

Analisis manfaat-biaya dilakukan untuk mengetahui kelayakan ekonomi selama proses produksi berjalan. Bila nilai B/C lebih besar dari satu maka usaha dapat dikatakan layak untuk dijalankan, sedangkan bila rasionya lebih kecil dari satu maka usaha tidak layak untuk dijalankan karena berpotensi mengalami kerugian. Analisis rasio manfaat-biaya dilakukan melalui persamaan berikut menurut (Zulnadi, Indovilandri, 2016).

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{\text{Hasil Penjualan Sekarang}}{\text{Total Biaya Sekarang}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Temperatur Awal terhadap Waktu Penyangraian

Penyangraian eksperimental untuk menguji hipotesis penelitian ini dilakukan setelah melalui tahapan penyangraian pendahuluan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan temperatur awal yang lebih tinggi (210 °C) dapat mempercepat waktu untuk mencapai titik pecahan pertama bila dibandingkan dengan temperatur awal 185 °C seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Hal ini dapat disebabkan oleh semakin tingginya temperatur dari biji kopi yang membuat

kandungan volatil lebih banyak menguap dan semakin cepat terjadinya reaksi *Maillard*. Dibandingkan dengan hasil penelitian Gloess *et al.*(2014), penyangraian pada penelitian ini memiliki waktu tempuh menuju titik pecahan pertama yang lebih singkat, karena temperatur awal yang digunakan pada penelitian ini lebih tinggi. Derajat penyangraian dan temperatur awal menghasilkan nilai yang berbeda nyata pada waktu tempuh pecahan pertama dan nilai L, sedangkan waktu tempuh titik balik tidak berbeda nyata.

Analisis Fisik Biji Kopi

Analisis fisik biji kopi yang dilakukan pada penelitian ini adalah kadar air, kadar abu dan densitas kamba. Ketiga indikator kualitas tersebut akan berbeda-beda sesuai dengan perlakuan penyangraian yang digunakan. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Terdapat pengaruh nyata interaksi temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap kadar air. Selain itu, Tabel 2 menunjukkan bahwa temperatur awal berpengaruh signifikan hanya terhadap perbedaan kadar air, sedangkan derajat penyangraian dapat mempengaruhi kadar air, kadar abu dan densitas kamba.

Kadar Air

Pada bahan hasil pertanian, kadar air dapat mempengaruhi masa simpan. Kadar air yang tinggi dapat memperpendek umur simpan biji kopi. Penelitian ini menunjukkan bahwa interaksi temperatur awal dan derajat penyangraian berpengaruh terhadap perbedaan kadar air. Kenaikan derajat penyangraian menurunkan kadar air secara signifikan, karena derajat penyangraian yang tinggi menunjukkan waktu kontak yang panjang antara biji kopi dengan kalor sehingga kandungan air lebih banyak teruapkan (Gambar 3). Penelitian ini menghasilkan biji kopi sangrai dengan kadar air yang berkisar antara 1,29-2,51%, seluruhnya memenuhi SNI. Interaksi perlakuan temperatur awal 210 °C derajat penyangraian ringan-sedang menghasilkan perbedaan kadar air tertinggi. Sedangkan perbedaan kadar air terendah dihasilkan dari interaksi perlakuan temperatur awal 210 °C dan derajat penyangraian sedang-gelap. Kadar air pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Tarigan & Towaha (2017) dengan kadar air 1,10-1,36% pada penyangraian 10-13 menit serta penelitian Musa *et al.*, (2019) dengan kadar air 0,97-1,57% pada penyangraian 12-18 menit.

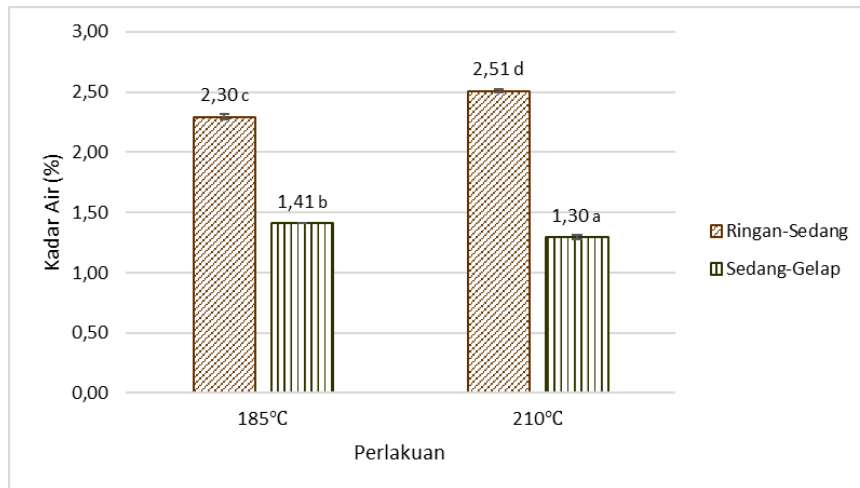
Tabel 1. Hasil Uji Penyangraian Kompleks
 Table 1. Experimental Results of Complex Roasting

	185 °C		210 °C	
	Ringan-sedang	Sedang-gelap	Ringan-sedang	Sedang-gelap
Hilang massa (%)	14,58	20,83	16,67	20,83
Titik balik (menit)	1,00±0,70	1,00±0,70	1,00±0,00	1,00±0,00
Pecahan pertama (menit)	11,50±0,00	11,63±0,18	8,00±0,00	8,50±0,70
Akhir pecahan pertama (menit)	-	14,00±0,00	-	10,25±0,00
Pecahan kedua (menit)	16,00±0,00		11,00±0,00	
Temp. Akhir (°C)	195,50±4,94	203,50±3,50	204,50±13,4	210,50±16,26
L	26,98±0,07	23,02±0,33	26,48±0,03	23,98±0,07
a	10,24±0,76	8,42±0,29	11,05±0,28	9,05±0,94
b	18,16±2,32	12,69±0,05	17,91±0,13	12,86±1,01

Tabel 2. Nilai peluang hasil analisis ragam sifat fisik biji kopi
 Table 2. Probability value of variance analysis for physical properties

Perlakuan	Kadar Air	Kadar Abu	Densitas Kamba
Temperatur awal	0,013*	0,57	0,13
Derajat penyangraian	9,32 x 10 ⁻⁸ *	0,008*	0,0001*
Interaksi	0,0001*	0,10	0,64

Keterangan: *signifikan pada taraf 5% berdasarkan uji ANOVA
 Note : *significant at 5% based on ANOVA test

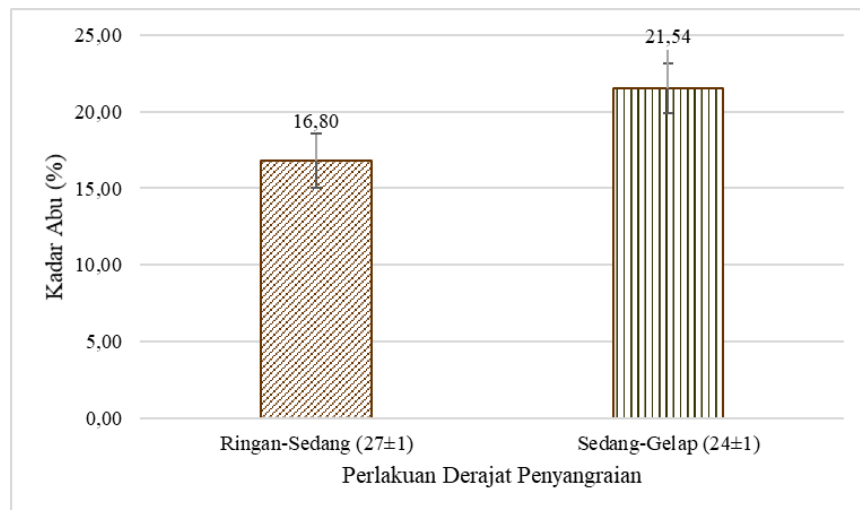


Gambar 3. Kadar air biji kopi sangrai.

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan taraf 5%

Figure 3. Water content of roasted coffee beans.

Note: Numbers followed by the same letters are not significantly different according to Duncan test at 5% levels



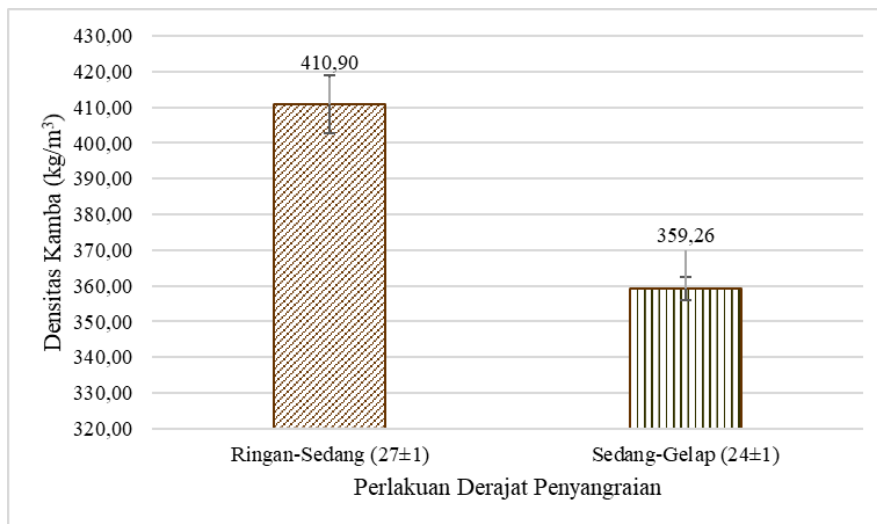
Gambar 4. Kadar abu biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh derajat penyangraian

Figure 4. Ash content of roasted coffee beans influenced by roasting degree

Kadar Abu

Kadar abu merupakan persentase kandungan mineral yang terdapat pada biji kopi, semakin kecil kadar abu menandakan bahan anorganik di dalamnya semakin sedikit. Pada penelitian ini, derajat penyangraian sedang-gelap menghasilkan kadar abu yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan ringan-sedang (Gambar 4). Kadar abu pada penyangraian ini terlalu tinggi apabila dibandingkan dengan penelitian lainnya yang berkisar pada rentang 4-5,39% (Kim *et al.*, 2020; Saloko *et al.*, 2019; W. B. Sunarharum *et al.*,

2019). Hal ini disebabkan adanya perbedaan metode analisis, penelitian ini menggunakan metode kadar abu gravimetri, sedangkan penelitian lainnya menggunakan metode kadar abu yang diendapkan sebagai sulfat sehingga hasilnya dapat lebih rendah. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Tarigan & Towaha (2017) yang menggunakan metode analisis kadar abu yang sama, dengan hasil fermentasi selama 24-36 jam dapat menyebabkan peningkatan kadar abu hingga 17,47-18,18%.



Gambar 5. Densitas kamba biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh derajat penyangraian
 Figure 5. Bulk density of roasted coffee beans influenced by roasting degree

Tabel 3. Nilai peluang hasil analisis ragam sifat kimia biji kopi
 Table 3. Probability value of variance analysis for chemical properties

Indikator	Brix	Total asam tertitrasi	pH	Aktivitas antioksidan	Kafein
Temperatur Awal	0,0025*	0,37	0,003*	0,26	0,21
Derajat Penyangraian	0,0025*	0,03*	0,00004*	0,26	0,05
Interaksi	0,25	0,37	0,15	0,80	0,38

Keterangan: *signifikan pada taraf 5% berdasarkan uji ANOVA
 Note: *significant at 5% based on ANOVA test

Densitas Kamba

Densitas kamba merupakan indikator kualitas biji kopi, semakin tinggi bobotnya maka kualitas kopi semakin baik. Derajat penyangraian berpengaruh signifikan dalam menurunkan densitas kamba dari sedang-gelap menuju ringan-sedang sebagaimana yang dapat terlihat pada Gambar 5. Densitas kamba pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Anisa *et al.*, (2017) yang mencapai densitas optimum sejumlah 296 kg/m³. Hal ini disebabkan varietas Sigarar Utang yang digunakan pada penelitian ini memiliki bobot kering biji lebih tinggi dibandingkan jenis kopi lainnya (Saefudin & Wardiana, 2013).

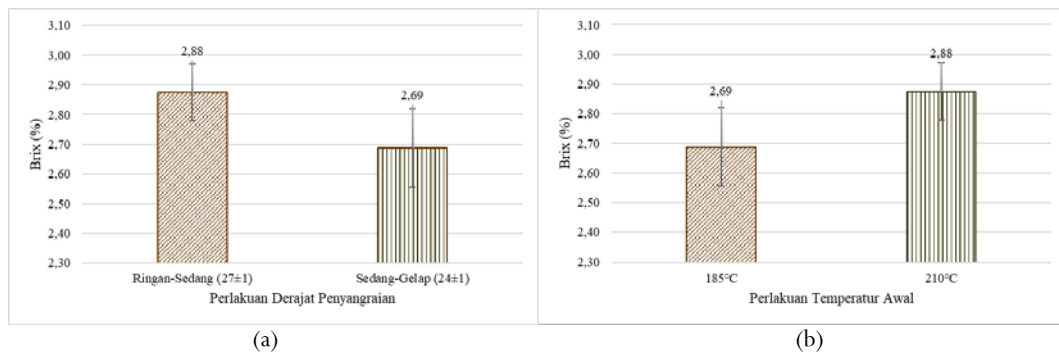
Analisis Kimia Biji Kopi

Analisis kimia dilakukan dengan menguji persentase brix, total asam, nilai pH, aktivitas antioksidan dan kafein pada biji kopi. Persentase brix dan total asam tertitrasi dipilih sebagai indikator kualitas karena berhubungan dengan aspek cita rasa biji kopi. Sedangkan nilai pH, aktivitas antioksidan dan kafein dipilih karena berhubungan dengan aspek kesehatan konsumen. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara temperatur awal dan derajat

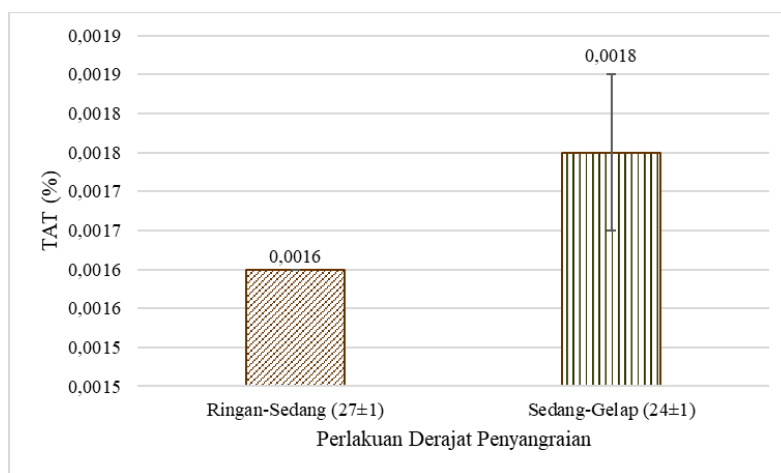
penyangraian terhadap beberapa indikator tersebut sesuai yang terlihat pada Tabel 3. Di samping itu temperatur awal mempengaruhi nilai brix dan pH, sedangkan derajat penyangraian mempengaruhi nilai brix, total asam tertitrasi dan pH. Tidak ditemukan pengaruh kedua variabel tersebut terhadap aktivitas antioksidan dan kadar kafein.

Nilai Brix

Nilai brix merupakan persentase gula terlarut dalam suatu larutan. Tingginya nilai brix menunjukkan cita rasa kopi yang semakin baik. Penurunan nilai brix dapat disebabkan oleh reaksi karamelisasi yang mengubah monomer gula menjadi furan dan hidroksi-metilfurfural (Yeretzian *et al.*, 2002). Penelitian ini menunjukkan kenaikan temperatur awal berpengaruh sangat signifikan terhadap kenaikan nilai brix. Hal tersebut berlawanan dengan derajat penyangraian yang sangat signifikan menurunkan nilai brix. Fenomena tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Nilai brix penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan penelitian Kim *et al.*, (2020) pada metode penyeduhan yang sama sebesar 1,28%.



Gambar 6. Nilai brix biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh (a) derajat penyangraian dan (b) temperatur awal
Figure 6. Brix value of roasted coffee beans influenced by (a) roasting degree and (b) initial temperature



Gambar 7. Total asam tertitiasi biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh derajat penyangraian
Figure 7. Titratable total acidity of roasted coffee beans influenced by roasting degree

Total Asam Tertitiasi

Total asam tertitiasi akan berpengaruh pada munculnya cita rasa asam yang tidak nyaman, sehingga penelitian perlu mencari perlakuan dengan total asam titrasi terendah (Rao & Fuller, 2018). Total asam tertitiasi dipengaruhi secara nyata oleh derajat penyangraian, dapat dilihat pada Gambar 7. Total asam tertitiasi pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan penelitian Gloess *et al.* (2014) dan Kim *et al.* (2020) pada derajat penyangraian sedang. Rendahnya kadar total asam tertitiasi menunjukkan efektifnya konversi prekursor komponen asam menjadi cita rasa.

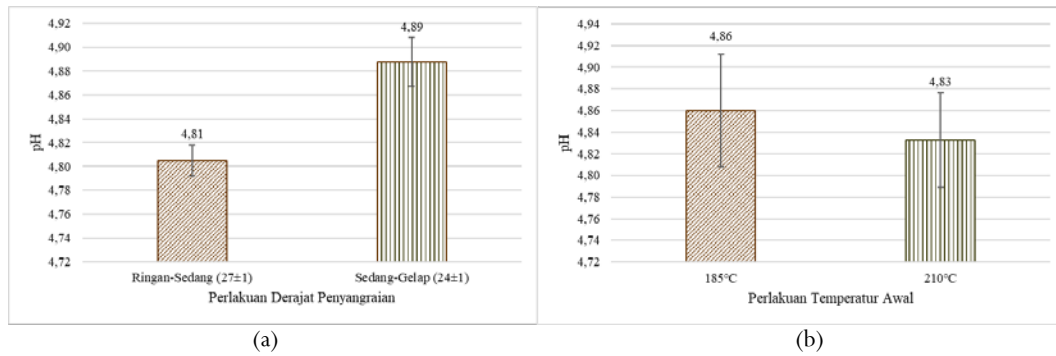
Nilai pH

Nilai pH merupakan derajat keasaman yang dimiliki oleh sampel hasil seduh biji kopi. Nilai pH yang rendah dapat mengindikasikan adanya kandungan asam klorogenat yang tinggi (Gloess *et al.*, 2014; Rao & Fuller, 2018). Pada penelitian ini, temperatur awal dan derajat penyangraian memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai pH. Peningkatan temperatur awal signifikan menurunkan nilai pH, sedangkan peningkatan

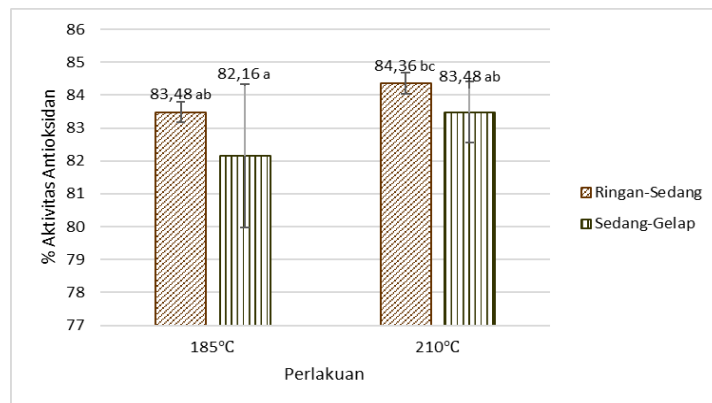
derajat penyangraian dapat meningkatkan nilai pH. Nilai pH penelitian ini lebih rendah dibandingkan Rao & Fuller (2018) dan Fadri *et al.* (2019). Hasil pengamatan analisis pH dapat dilihat pada Gambar 8.

Aktivitas Antioksidan

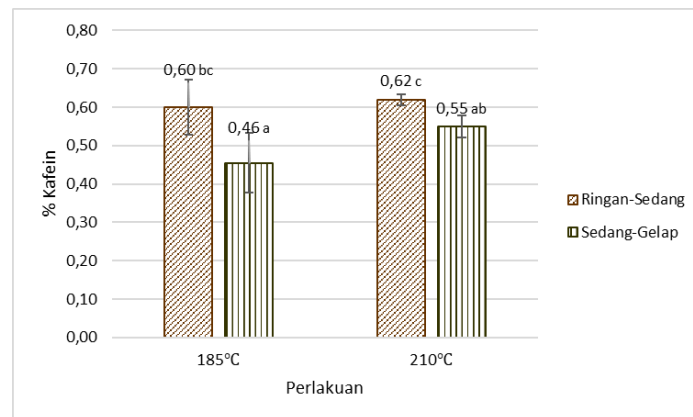
Aktivitas antioksidan pada ekstrak biji kopi dianalisis melalui metode DPPH. Aktivitas antioksidan berbanding lurus dengan kadar asam klorogenat pada biji kopi, fenomena peningkatan aktivitas antioksidan dapat berbanding terbalik dengan nilai pH seperti yang tercantum pada Gambar 9. Tidak terdapat interaksi maupun pengaruh signifikan dari temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap perbedaan aktivitas antioksidan. Namun dapat diketahui bahwa interaksi dengan perbedaan aktivitas antioksidan tertinggi pada penelitian ini didapatkan pada perlakuan temperatur awal 210 °C sebesar 84,36% pada derajat penyangraian ringan-sedang, lebih tinggi dari perlakuan terbaik Kwak *et al.* (2017).



Gambar 8. Nilai pH biji kopi sangrai yang dipengaruhi oleh (a) derajat penyangraian dan (b) temperatur awal
 Figure 8. pH value of roasted coffee beans influenced by (a) roasting degree and (b) initial temperature



Gambar 9. Aktivitas antioksidan biji kopi sangrai
 Figure 9. Antioxidant activity of roasted coffee beans

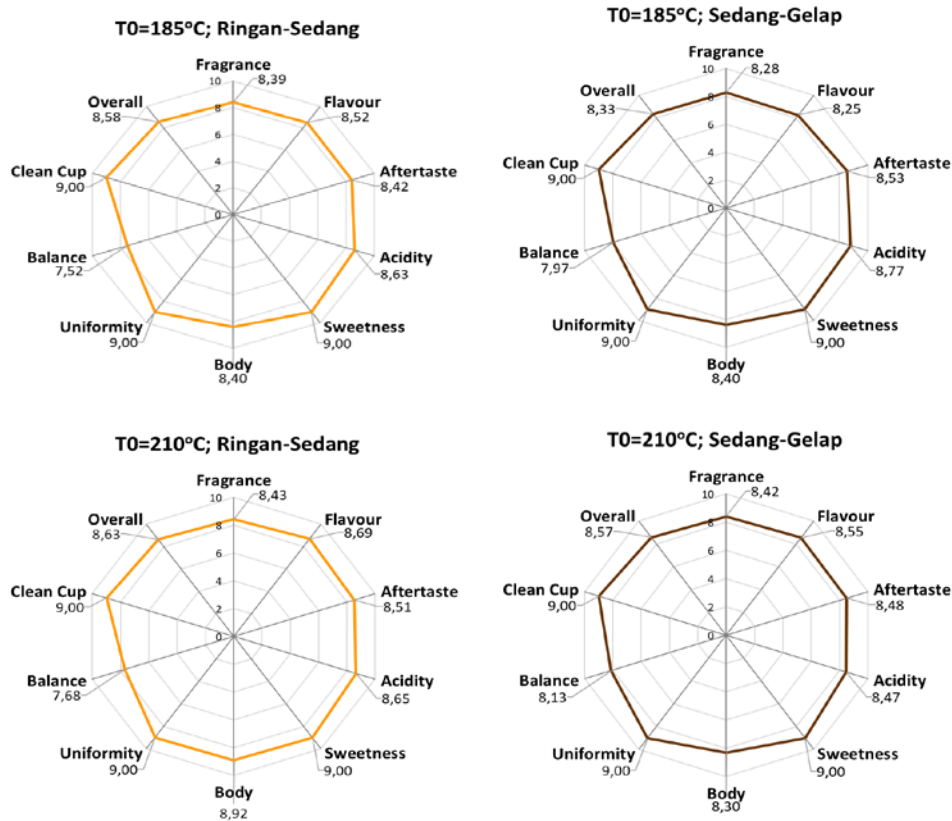


Gambar 10. Kadar kafein biji kopi sangrai
 Figure 10. Caffeine content of roasted coffee beans

Kadar Kafein

Kafein dihindari karena dapat berefek pada kenaikan tekanan darah, di sisi lain berdampak baik dalam menjaga stress (Samoggia & Riedel, 2019). Maka kadar kafein perlu disesuaikan dengan standar, yaitu rentang 0,45-2%(b/b) pada SNI 01-3542-2004 dan 0,32-1,06% (b/b) pada El Ente Costarricense de Acreditacion (EECA). Seluruh kopi yang diperoleh pada penelitian ini berada pada rentang 0,45-0,62% kafein, sesuai dengan SNI 01-3542-2004 dan EECA.

Pada penelitian ini tidak ditemukan interaksi maupun pengaruh signifikan dari temperatur awal dan derajat penyangraian terhadap kadar kafein. Namun dapat diketahui bahwa interaksi dengan perbedaan kadar kafein tertinggi diperoleh dari perlakuan temperatur awal 210 °C derajat penyangraian ringan-sedang, sedangkan perbedaan terendah diperoleh dari perlakuan temperatur awal 185 °C derajat penyangraian sedang-gelap (Gambar 10).



Gambar 11. Cita rasa biji kopi sangrai
Figure 11. Cup quality of roasted coffee beans

Tabel 4. Total nilai cita rasa biji kopi sangrai
Table 4. Cupping test total score of roasted coffee beans

Jenis Perlakuan	Total Nilai Uji Cita Rasa	Kategori
185 Ringan-Sedang	85,46	Istimewa
185 Sedang-Gelap	85,53	Istimewa
210 Ringan-Sedang	86,51	Istimewa
210 Sedang-Gelap	85,92	Istimewa

Nilai Cita Rasa

Penyangraian dengan cita rasa tertinggi diperoleh dari perlakuan temperatur awal 210 °C derajat penyangraian ringan-sedang. Rasa yang ditimbulkan lebih kompleks karena proses tersebut mampu mempersempit waktu antara titik puncak asam, aroma dan ketebalan rasa. Kompleksitas rasa terlihat dari Gambar 11, didapatkan keseimbangan yang tinggi dari setiap atribut penilaian. Umumnya panelis mendapatkan rasa khas jeruk nipis dan rempah-rempah pada kopi dengan perlakuan ringan-sedang. Skor dari seluruh perlakuan layak dikategorikan sebagai kopi specialty bercita rasa istimewa karena memiliki nilai total pada rentang 80-87,5 (Tabel 4). Hasil ini lebih baik dari penelitian Tarigan *et al.* (2020) pada kopi Arabika Sigarar Utang dengan nilai total 82,64-84,88.

Rekapitulasi Data Hasil Uji

Tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis neraca massa dan kelayakan ekonomi, untuk itu perlu dilakukan pengambilan pada satu perlakuan yang paling mendekati standar mutu I SNI 01-3542-2004 dengan kadar kafein 0,9-2%. Hal tersebut dikarenakan seluruh sampel memenuhi standar, namun seluruh sampel hanya terkualifikasi pada mutu II SNI 01-3542-2004. Maka perlakuan yang dipilih untuk dilakukan analisis neraca massa dan kelayakan ekonomi adalah temperatur awal 210°C derajat penyangraian ringan-sedang sesuai yang dapat dilihat pada Tabel 5. Perbandingan antara kualitas biji kopi pada penelitian ini dengan penelitian lainnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Rekapitulasi data hasil uji
 Table 5. Recapitulation of test data

Jenis Perlakuan	Kadar Air (%)	Kadar Kafein (g kafein/g kopi)	SNI 01-3542-2004
185 Ringan-Sedang	2,30±0,00 c	0,60±0,07	Mutu II
185 Sedang-Gelap	1,41±0,00 b	0,45±0,07	Mutu II (Paling dekat)
210 Ringan-Sedang	2,51±0,00 d	0,62±0,01	Mutu II
210 Sedang-Gelap	1,30±0,00 a	0,55±0,02	Mutu II

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji Duncan taraf 5%
 Note: Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan test at 5% levels

Tabel 6. Perbandingan kualitas hasil sangrai pada berbagai penelitian
 Table 6. Comparisons of roasting quality in various research variable

Sampel Kopi	Massa (kg)	Mesin sangrai	Kondisi			Aktivitas Antioksidan (%)	Kafein (%)	Skor Cita Rasa	Sumber
			To (°C)	Derajat Sangrai	Tekanan gas (kPa)				
Arabika Meksiko	-	R-105 Fuji Royal	220	-	1	48,79-64,89%	-	-	(Kwak <i>et al.</i> , 2017)
Arabika Brazil	0,2	Kn-8828-2 Hottop	180	Agtron 57,7-95,4	0,41	-	0,09	-	(Jung <i>et al.</i> , 2017)
Arabika Kintamani	6	Gene Cafe	220-250	a* 6,13-11,36	-	-	-	1,6-3,3/4	(Purnamayanti <i>et al.</i> , 2017)
Arabika Gunung Arjuno Proses Basah	3	Drum roaster	-	Sedang	-	-	-	74,4/9,75	(Wenny B. Sunarharum <i>et al.</i> , 2018)
Arabika Malaysia	-	-	222-226	Sedang-Gelap	-	-	1,1	-	(Mubarak <i>et al.</i> , 2019)
Arabika Singgalang	5	Berto	200-240	a* 6,07-11,02)	-	-	-	1,9-3,2/4	(Fadri <i>et al.</i> , 2019)
Robusta	0,25	Gene Cafe	-	-	-	58,13	2,17	-	(Saloko <i>et al.</i> , 2019)
Arabika Bourbon El Salvador	-	Aillio Bullet R1 Roaster	170	Agtron 27,8-66,6	-	-	0,18-0,76	-	(Kim <i>et al.</i> , 2020)
Robusta Sanggabuana	-	Drum roaster	200	-	-	-	1,9	-	(Wahyuni <i>et al.</i> , 2020)
Arabika Etiopia var. Yirgacheffe, Harar dan Sidama	1	BRZ Probat dan V3 IKAWA	-	Agtron 97,8-25,1	-	-	0,8-1,634	7,33-8,56	(Bolka & Emire, 2020)
Arabika Sigarar Utang Gunung Putri Proses Basah	5 kg	Topper	210	L*26,48	0,3	84,36	0,62	86,51/9,75	Penelitian ini

Analisis Neraca Massa

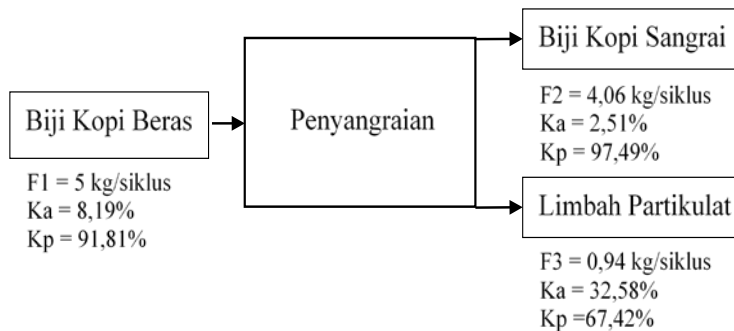
Aspek kualitas perlu diiringi dengan kuantitas yang baik. Salah satu cara menilai aspek kuantitas adalah dengan mengidentifikasi neraca massa produksi. Pengolahan sekunder kopi meliputi proses penyosohan, penyortiran dan penyangraian. Ketiga proses ini ditujukan untuk mengolah biji kopi gabah menjadi biji kopi sangrai. Neraca massa pengolahan sekunder biji kopi dapat dilihat pada Gambar 12.

Tahapan terakhir adalah penyangraian yang merupakan proses terpenting dari pengolahan kopi, bertujuan untuk meningkatkan cita rasa dari biji kopi.

Proses ini menggunakan temperatur tinggi, khususnya pada penelitian ini biji kopi melepaskan 11,46% limbah partikulat dan menghasilkan 76,78% biji kopi sangrai. Limbah partikulat merupakan konstituen yang terdiri dari uap air, kulit perak (*silver skin*), gas CO₂ dan kandungan volatil lainnya (Klingel *et al.*, 2020). Perhitungan massa limbah partikulat beserta kadar air dan kadar padatannya merupakan asumsi dari sisa pengurangan antara biji kopi sangrai terhadap biji kopi beras yang digambarkan pada Gambar 13.



Gambar 12. Diagram Alir blok pengolahan sekunder kopi
Figure 12. Block flow diagram of secondary coffee processing



Gambar 13. Diagram alir blok penyangraian kopi (F= Aliran massa; Ka= Kadar air; Kp= Kadar padatan)
Figure 13. Block flow diagram of secondary coffee processing (F= Mass flow; Ka=Water content; Kp= Solid content)

Analisis Kelayakan Ekonomi

Penelitian ini disimulasikan per-siklus produksi yang mampu menghasilkan 20 produk biji kopi sangrai dalam kemasan 200 gram. Kebutuhan bahan langsung pada produksi biji kopi sangrai adalah biji kopi beras, label dan kemasan kantung kapasitas 200 gram. Kebutuhan bahan tidak langsung terdiri dari listrik dan gas. Kebutuhan buruh langsung meliputi kegiatan penyangraian, pembubukan dan pengemasan. Kebutuhan buruh tidak langsung meliputi kegiatan perawatan mesin. Biji kopi sangrai yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai cita rasa 86,51 (istimewa). Menurut Magalhães Júnior *et al.* (2021) kopi dengan nilai cita rasa 85-90 dapat dijual dengan harga US\$ 40,92/kg atau senilai dengan Rp573.352. Harga jual tersebut dapat memberikan keuntungan hingga empat

kali lipat untuk perusahaan karena mampu meningkatkan nilai tambah sejumlah 14 kali lipat sesuai yang dijabarkan pada Tabel 7.

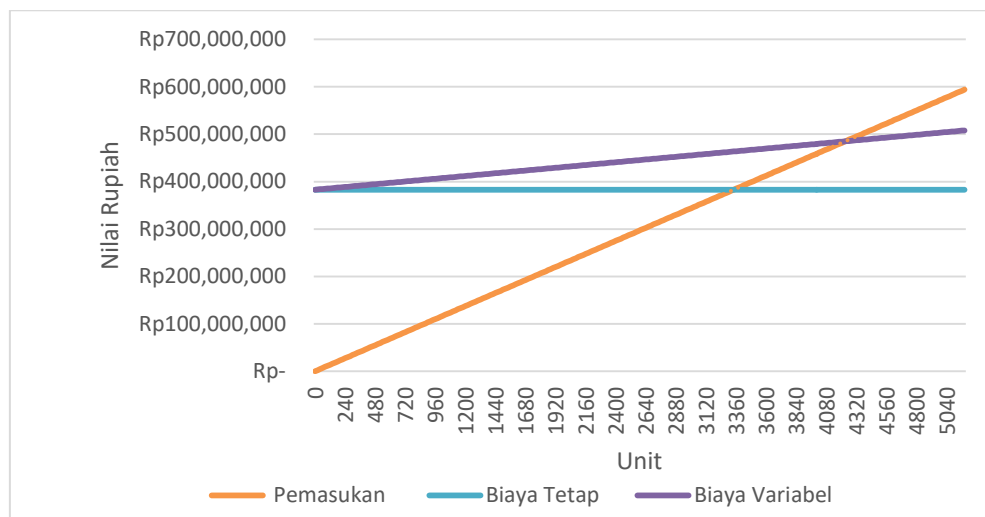
Setelah membahas mengenai harga pokok produksi yang merupakan representasi dari biaya variabel, selanjutnya adalah membahas kebutuhan biaya tetap. Tujuannya untuk mengetahui besarnya biaya yang dikeluarkan dalam memenuhi kebutuhan barang-barang tidak habis pakai. Pada usaha biji kopi sangrai terdapat tiga mesin utama yang membutuhkan biaya besar. Ketiga mesin tersebut di antaranya mesin penyangrai (*drum roaster*), mesin pembubuk (*grinder*) dan mesin pengemas. Khususnya mesin penyangrai yang digunakan pada penelitian ini bermerek Toper Drum Roaster, biaya yang dibutuhkan sebesar Rp375.000.000.

Tabel 7. Kebutuhan biaya produksi biji kopi sangrai
 Table 7. Production cost of roasted coffee beans

Kebutuhan Biaya	Jumlah
Biaya Bahan Langsung	Rp298.000
Biaya Buruh Langsung	Rp57.750
Biaya Primer ^a	Rp355.750
Biaya Tak Langsung	Rp127.029
Biaya Komersial	Rp0
Harga Pokok Produk Per-Siklus ^b	Rp482.779
Harga Pokok Produk Per-Produk	Rp24.139
Keuntungan	375%
Harga Jual	Rp114.670
PPN	10%
Harga Setelah PPN	Rp126.137

Keterangan: a) Jumlah antara biaya bahan langsung dan biaya buruh langsung; b) Jumlah biaya primer, biaya tak langsung dan biaya komersial.

Note: a) The sum of direct material costs and direct labor cost; b) The sum of primary costs, indirect costs and commercial costs.



Gambar 14. Titik impas produksi biji kopi sangrai Arabika Sigarar Utang Gunung Putri
 Figure 14. Break even point of Arabica Sigarar Utang Gunung Putri roasted coffee beans production

Tabel 8. Analisis kelayakan ekonomi produksi biji kopi sangrai Arabika Sigarar Utang Gunung Putri
 Table 8. Techno-economic analysis of Arabica Sigarar Utang Gunung Putri roasted coffee beans production

Indikator Kelayakan Usaha	Jumlah
Biaya Tetap	Rp382.926.000
Biaya Variabel	Rp24.139
Produk Per-Siklus	20
Harga Jual	Rp114.670
BEP unit	4230
BEP harga	Rp382.926.000
BEP siklus	212
Rasio B/C	4,75

Pada Tabel 8 terlihat bahwa besarnya biaya tetap pada produksi biji kopi Arabika Sigarar Utang Gunung Putri tidak menghambat kelayakan ekonomi usaha. Hal tersebut dikarenakan tingginya nilai jual dari biji kopi sangrai, sehingga titik impas (BEP) dapat diperoleh sebelum satu tahun apabila perusahaan

memutuskan untuk melakukan satu siklus produksi per-harinya (Gambar 14). Selain itu kelayakan ekonomi dapat dilihat dari besar rasio untung-biaya (*b/c ratio*) yang memiliki indikator kelayakan rasio lebih dari satu. Penyangaian kopi Arabika Sigarar Utang Gunung Putri pada penelitian ini dinyatakan layak.

KESIMPULAN

Metode penyangraian kompleks dengan temperatur awal 210 °C dan derajat penyangraian ringan-sedang menghasilkan mutu kopi Sigara Utang paling mendekati mutu I SNI 01-3542-2004. Biji kopi sangrai yang dihasilkan memiliki cita rasa istimewa (skor 86,51), sehingga dapat memberikan nilai tambah yang tinggi. Nilai kelayakan ekonomi produksi sangat meyakinkan sehingga layak untuk diadopsi oleh industri kopi skala kecil-menengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah memfasilitasi seluruh kebutuhan penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Muhammad Rifqi Maulid (Kontributor Utama)
2. Eko Heri Purwanto (Kontributor Utama)
3. Efri Mardawati (Kontributor Anggota)
4. Budi Mandra Harahap (Kontributor Anggota)
5. Saefudin (Kontributor Anggota).

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwinata, D., AR, M., & Saifi, M. (2017). Analisis Return on Investment (ROI) dan Residual Income (RI) guna menilai kinerja keuangan perusahaan (Studi pada PT Nippon Indosari Corpindo, Tbk yang terdaftar di bursa efek Indonesia periode 2012-2015). *Jurnal Administrasi Bisnis S1 Universitas Brawijaya*, 45(1), 111–117.
- Anisa, A., Solomon, W. K., & Solomon, A. (2017). Optimization of roasting time and temperature for brewed hararghe coffee (*Coffea arabica* L.) using central composite design. *International Food Research Journal*, 24(6), 2285–2294.
- Asiah, N., Aqil, M., Dwiranti, N. S., David, W., & Ardiansyah, A. (2019). Sensory and chemical changes of cold and hot brew Arabica coffee at various resting time. *Asia Pacific Journal of Sustainable Agriculture, Food and Energy*, 7(2), 2017–2020. <https://doi.org/10.36782/apjsafe.v7i2.1948>
- Bolka, M., & Emire, S. (2020). Effects of coffee roasting technologies on cup quality and bioactive compounds of specialty coffee beans. *Food Science and Nutrition*, 8(11), 6120–6130. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1904>
- Budijanto, S., Sitanggang, A. B., & Murdiati, W. (2011). Karakterisasi sifat fisiko-kimia dan fungsional isolat protein biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 22(2), 130–136.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2019). *Produksi Kopi Menurut Provinsi di Indonesia, 2015-2019*. Direktorat Jenderal Perkebunan - Kementerian Pertanian. pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61
- Fadri, R. A., Sayuti, K., Nazir, N., & Suliansyah, I. (2019). The effect of temperature and roasting duration on physical characteristics and sensory quality of Singgalang Arabica coffee (*Coffea Arabica*) agam regency. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 3(2), 189–201. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.967.113>
- Flament, I. (2001). *Coffee Flavor Chemistry*. Wiley. <https://books.google.co.id/books?id=NQi1LYjxFvU>
- Geankoplis, C. J. (1993). Transport Process and Unit Operations, 3rd Ed. In *Transport Process and Unit Operations*.
- Gloess, A. N., Yeretizian, C., Knochenmuss, R., & Groessl, M. (2018). Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-TOF-MS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 424, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2017.11.017>
- Gloess, A. N., Vietri, A., Wieland, F., Smrke, S., Schönbächler, B., López, J. A. S., Petrozzi, S., Bongers, S., Kozirowski, T., & Yeretizian, C. (2014). Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-ToF-MS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 365–366, 324–337. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2014.02.010>
- Jung, S., Kim, M. H., Park, J. H., Jeong, Y., & Ko, K. S. (2017). Cellular antioxidant and anti-inflammatory effects of coffee extracts with different roasting levels. *Journal of Medicinal Food*, 20(6), 626–635. <https://doi.org/10.1089/jmf.2017.3935>
- Kastaman, R. (2004). *Ekonomi Teknik untuk Pengembangan Kewirausahaan*. Pustaka Giratuna dan ELOC-Universitas Padjadjaran.
- Kim, I., Jung, S., Kim, E., Yun, H. Y., Zhang, S., Ha, J. H., & Jeong, Y. (2020). Physicochemical characteristics of El Salvadoran coffee Arabica cv. Bourbon coffee extracts with various roasting conditions. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 212–219. <https://doi.org/10.3839/10.9721/KJFST.2020.52.3.212>

- Klingel, T., Kremer, J. I., Gottstein, V., De Rezende, T. R., Schwarz, S., & Lachenmeier, D. W. (2020). A review of coffee by-products including leaf, flower, cherry, husk, silver skin, and spent grounds as novel foods within the European union. *Foods*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/foods9050665>
- Kwak, H. S., Ji, S., & Jeong, Y. (2017). The effect of air flow in coffee roasting for antioxidant activity and total polyphenol content. *Food Control*, 71(October), 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.047>
- Magalhães Júnior, A. I., de Carvalho Neto, D. P., de Melo Pereira, G. V., da Silva Vale, A., Medina, J. D. C., de Carvalho, J. C., & Soccol, C. R. (2021). A critical techno-economic analysis of coffee processing utilizing a modern fermentation system: Implications for specialty coffee production. *Food and Bioprocess Processing*, 125, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.010>
- Mubarak, A., Croft, K. D., Bondonno, C. P., Cowan, E., & Din, N. S. (2019). Comparison of Liberica and Arabica coffee: Chlorogenic acid, caffeine, total phenolic and DPPH radical scavenging activity. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 7(1), 130–136.
- Musa, B. P., Charnia, I. R., & Salma, S. (2019). The effect of temperature and duration roasting of the physical characteristics of Arabica coffee. *Green Materials and Technology*, 967, 113–117. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.967.113>
- Nagaraju, V. D., Murthy, C. T., Ramalakshmi, K., & Srinivasa Rao, P. N. (1997). Studies on roasting of coffee beans in a spouted bed. *Journal of Food Engineering*, 31(2), 263–270. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(96\)00026-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(96)00026-X)
- Nielsen, S. (2010). *Food Analysis* (4th editio). Springer. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>
- Purnamayanti, N. P. A., Gunadnya, I. B. P., & Arda, G. (2017). Pengaruh suhu dan lama penyangraian terhadap karakteristik fisik dan mutu sensori kopi Arabika (*Coffea arabica L.*). *Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Unud*, 5(2), 39–48.
- Rao, N. Z., & Fuller, M. (2018). Acidity and antioxidant activity of cold brew coffee. *Scientific Reports*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34392-w>
- Saefudin, & Wardiana, E. (2013). Pengaruh varietas dan tingkat kematangan buah terhadap perkecambah dan fisik benih kopi Arabika. *Buletin RISTRI*, 4(3), 245–256.
- Saloko, S., Sulastri, Y., Murad, & Rinjani, M. A. (2019). The effects of temperature and roasting time on the quality of ground Robusta coffee (*Coffea Robusta*) using Gene Café roaster. *AIP Conference Proceedings*, 2199(December). <https://doi.org/10.1063/1.5141310>
- Samoggia, A., & Riedel, B. (2019). Consumers' perceptions of coffee health benefits and motives for coffee consumption and purchasing. *Nutrients*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/nu11030653>
- Schenker, S., Heinemann, C., Huber, M., Pompizzi, R., Perren, R., & Escher, F. (2002). Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. *Journal of Food Science*, 67(1), 60–66. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11359.x>
- Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P., & Siriamornpun, S. (2011). Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica Coffee Beans (*Coffea arabica L. cv. Catimor*). *International Journal of Food Science and Technology*, 46(11), 2287–2296. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02748.x>
- Specialty Coffee Association of America. (2015). SCAA Protocols cupping specialty coffee. *Specialty Coffee Association of America*, 1–10. <http://www.scaa.org/?page=resources&d=coffee-protocols>
- Sunarharum, W. B., Yuwono, S. S., & Aziza, O. F. (2019). Study on the effect of roasting temperature on antioxidant activity of early-roasted Java coffee powder (Arabica and Robusta). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 230(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012045>
- Sunarharum, Wenny B., Yuwono, S. S., & Nadhiroh, H. (2018). Effect of different post-harvest processing on the sensory profile of Java Arabica coffee. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*, 1(1), 9–14. <https://doi.org/10.21776/ub.afsaae.2018.001.01.2>
- Tarigan, E. B., Iflah, T., & Purwanto, E. H. (2020). Pengaruh starter dan lama fermentasi terhadap kandungan kimia dan citarasa kopi Arabika Gunung Putri. *Peran Pangan Fungsional Dan Nutrasetikal Dalam Meningkatkan Sistem Imun Mencegah Covid - 19*.
-

- Tarigan, E., & Towaha, J. (2017). Penyangraian biji kopi terhadap karakter fisikokimia kopi Robusta. *Journal of Industrial and Beverage Crops*, 4(November), 163–170.
- Vignoli, J. A., Viegas, M. C., Bassoli, D. G., & Benassi, M. de T. (2014). Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of Arabica and Robusta coffees. *Food Research International*, 61, 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.006>
- Wahyudi, T., Pujiyanto, & Misnawi. (2016). *KOPI : Sejarah, Botani, Proses Produksi, Pengolahan, Produk Hilir Dan Sistem Kemitraan* (1st ed.). Gadjah Mada University Press.
- Wahyuni, N. L. E., Rspiandi, R., & Hariyadi, T. (2020). Effect of bean maturity and roasting temperature on chemical content of Robusta coffee. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/2/022019>
- Workman, D. (2020). *Coffee Exports by Country*. <http://www.worldstopexports.com/coffee-exports-country/>
- Yeretzian, C., Jordan, A., Badoud, R., & Lindinger, W. (2002). From the green bean to the cup of coffee: Investigating coffee roasting by on-line monitoring of volatiles. *European Food Research and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00217-001-0424-7>
- Zulnadi, & Indovilandri, I. (2016). Rancang bangun alat mesin Hammer Mill untuk pengolahan jagung pakan. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 20(1), 35–43.

