

## ANALISIS PENGARUH VARIASI WAKTU TERHADAP KARAKTERISTIK PROSES PEMANGGANGAN BIJI KOPI LIBERIKA

Faisal\*, Suryadi, Iryan Syahputra

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Bukit Indah, Lhokseumawe, 24352, Indonesia

\*Corresponding Author: faisal@unimal.ac.id

**Abstract** – Coffee is one of the world's most traded commodities, which is produced in large quantities in Indonesia, including Liberica coffee. Roasting is one of the phases in the coffee production process, and time is an important factor to consider. Determining the impact of time variation on the roasting process properties of Liberica coffee beans was the aim of this study. An electric stirring grill was used for the test. The raw material used was 200 grams of Liberica green bean. Each sample was roasted at 220°C with a time variation of 8 and 10 minutes, with 5 repetitions for each time variation. Two thermocouples are connected to the Artisan visual roaster scope equipment and software on a computer to measure and record changes in drum and bean temperature over time. A loudspeaker and sound recorder were used along with the sound effect Spesifikasi Note 10 to detect crack sounds during the roasting process. Digital scales were used to measure the mass change as a function of roasting time. The roasted coffee beans were immediately cooled after the procedure was finished. Data on the average temperature of the drum and beans, cracking, and average mass that vary over time, as well as the yield, specific volume, and density of Liberica roasted coffee beans, were analyzed. The test findings revealed a high positive association between roasting time and temperature and a substantial negative correlation with mass change. The first crack was detected after 6 minutes. The yields for roasting Liberica coffee beans for 8 and 10 minutes were 92.29 and 89.46%, respectively, with specific volumes of 1.75 and 1.90 cm<sup>3</sup>/g. However, time does not significantly affect the average yield, specific volume, or density of Liberica coffee beans.

**Abstrak** – Kopi merupakan salah satu komoditas perdagangan paling diminati di dunia dan banyak dihasilkan di Indonesia, salah satunya adalah jenis kopi Liberika. Salah satu proses dalam pengolahan kopi adalah pemanggangan dan waktu merupakan parameter penting yang harus diperhatikan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap karakteristik proses pemanggangan biji kopi liberika. Pengujian dilakukan menggunakan pemanggang listrik yang berpengaduk. Bahan baku yang digunakan adalah liberika *green bean* sebanyak 200g. Tiap sampel dipanggang pada temperatur 220°C dengan variasi waktu 8 dan 10 menit, dengan 5 kali pengulangan untuk tiap variasi waktu. Dua buah termokopel dihubungkan dengan alat dan perangkat lunak *Artisan visual roaster scope* pada komputer untuk mengukur dan merekam perubahan data temperatur drum dan biji kopi terhadap waktu. Alat pengeras dan perekam suara dengan aplikasi *sound effect* spesifikasi note 10 digunakan untuk mendeteksi suara *crack* selama proses pemanggangan. Timbangan digital digunakan untuk mendeteksi perubahan masa terhadap waktu pemanggangan. Setelah proses selesai kopi segera didinginkan. Analisis dilakukan terhadap data rata-rata perubahan temperatur drum dan bean terhadap waktu, *cracking time*, data rata-rata perubahan massa terhadap waktu, nilai rendemen, volume dan massa jenis biji kopi hasil pemanggangan. Hasil pengujian menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat antara waktu pemanggangan dengan temperatur dan korelasi negatif yang sangat kuat dengan perubahan massa. *First crack* terdeteksi mulai terjadi setelah menit ke 6. Pemanggangan biji kopi liberika selama 8 dan 10 menit masing-masing menghasilkan rendemen 92,29 dan 89,46 %, volume jenis 1,75 dan 1,90 cm<sup>3</sup>/g. Namun waktu tidak berpengaruh signifikan terhadap rata-rata rendemen, volume jenis dan massa jenis kopi Liberika.

**Keywords:** Pemanggangan, Biji kopi, Liberika, Variasi waktu, Karakteristik

## 1. Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu komoditas perdagangan paling diminati setelah minyak bumi [1]. Indonesia termasuk 4 besar negara pengekspor kopi ke pasar dunia dalam bentuk *green bean* [2], [3]. Kopi memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, berperan penting sebagai sumber devisa dan penghasilan bagi petani di negara-negara penghasil kopi seperti Indonesia [4], [5]. Luas areal perkebunan kopi Indonesia, 1.257.793 Ha, dengan produksi mencapai 786.192 ton [6]. Jambi merupakan salah satu provinsi yang banyak melakukan budidaya tanaman kopi khususnya Liberika. Kopi Liberika merupakan nama lain dari kopi Excelsa yang sekarang lebih populer [7]. Namun peneliti lain menyatakan bahwa Liberika dan Excelsa keduanya digolongkan sebagai kopi Liberoid yang memiliki karakteristik yang berbeda [8], [9].

Tanaman kopi Liberika memiliki keunggulan yang lebih tahan hama penyakit [10] dan beradaptasi dengan baik pada lahan gambut [11]. Liberika adalah alternatif jenis kopi yang mulai diminati yang memperkaya variasi produk kopi [12]. Kopi Liberika memiliki kelebihan sendiri tidak sepahit kopi Robusta, rasa asam mirip kopi Arabika. Selain itu kopi Liberika juga mempunyai keunikan, dimana bila dicicipi akan terasa aroma khas buah nangka [13], [14]. Keunggulan ini dapat menjadi andalan bagi Indonesia dalam diversifikasi produk [15] guna mengurangi masalah kelangkaan komoditas dan monopoli harga kopi di pasar internasional [16], [17].

Biji kopi yang telah dipanen akan melalui tahapan pengolahan primer [18], yang meliputi sortasi buah sehat, pengupasan kulit buah, pengeringan, sortasi *green bean*, pengemasan dan penggudangan. Pengolahan primer umumnya dilakukan oleh Negara-negara produsen. Pengolahan dilanjutkan dengan pemanggangan, pendinginan, penghalusan, dan pengemasan. Kontribusi cita rasa kopi sangat ditentukan oleh 3 tahap proses yaitu 60% dari budidaya hingga pasca panen, 30% oleh proses pemanggangan, dan 10% ditentukan barista saat penyeduhan [19] dengan berbagai metode [20].

Pemanggangan sendiri merupakan tahapan proses penting, selain berkontribusi terhadap aroma dan cita-rasa, pemanggangan juga memberi nilai tambah yang tinggi [21], selama ini banyak dinikmati Negara-negara roaster yang bukan penghasil kopi [22]. Kualitas maksimal biji kopi hasil pemanggangan dapat dicapai bila prosesnya dilakukan pada temperatur dan waktu yang tepat [23]. Proses pemanggangan yang dilakukan tidak hanya untuk menurunkan kadar air dan tingkat keasaman [24]. Selama pemanggangan, senyawa aromatik dihasilkan karena berbagai reaksi, seperti reaksi Maillard, degradasi Strecker, degradasi gula dan

pemecahan asam amino yang penting untuk pembentukan warna, rasa dan aroma [25].

Kenyataannya, biji kopi memiliki perbedaan bentuk dan ragam ukuran, sehingga pemanggangan merupakan seni yang memerlukan, ketelitian, keakuratan [26], [27], keterampilan dan pengalaman [28]. Proses ini sangat kompleks karena jumlah panas yang dipindahkan ke biji sangat penting. Secara garis besar tingkat kematangan biji kopi dapat dihasilkan dengan 3 teknik *roasting* yang berbeda seperti *fast roasting* dimana temperatur tinggi dan waktu singkat, *slow roasting* dilakukan dengan temperatur yang rendah dan waktu yang lama dan *complex roasting* dengan *balance* antar waktu dan temperatur [29].

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan baku dan alat yang digunakan

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah *Liberika green bean* yang dibeli dari toko *online* dan disortir. Tabel 2.1 memperlihatkan karakteristik hasil analisis proksimat dari biji kopi Liberika [30].

Tabel 2. 1 Karakteristik *Liberika green bean*

Proksimat (%)	
<i>Carbohydrate</i>	57.19
<i>Crude Protein</i>	4.08
<i>Crude Fiber</i>	18.95
<i>Crude Fat</i>	0.08
<i>Ash Content</i>	6.82
<i>Caffeine</i>	0.04
<i>Moisture Content</i>	12.16

### 2.2 Metode pemanggangan biji kopi

Gambar 2.1 menunjukkan foto kegiatan pengujian dan peralatan yang digunakan. Uji pemanggangan dilakukan sesuai SNI 01-3542-2004. Proses pemanggangan menggunakan 1200 W *electric coffee roaster*, model no: JMS-270. Alat pemanggang dinyalakan dan ditunggu sampai temperatur drum mencapai 220 °C sebagai temperatur awal pemanggangan [31]. Setelah temperatur awal tercapai maka sampel kopi sebanyak 200 g dimasukkan ke dalam pemanggang. Pengujian dilakukan dengan 5 kali pengulangan untuk tiap variasi waktu yaitu 8, dan 10 menit. Setiap sampel biji kopi hasil pengujian dikemas dengan plastik siper dan diberi kode yang sesuai.

### 2.3 Metode Pengukuran temperatur terhadap waktu

Termokopel digunakan untuk mengukur temperatur drum dan biji. Sensor termokopel temperatur drum ditempatkan pada posisi yang menyentuh drum, sedangkan sensor termokopel temperatur biji tidak

selalu menyentuh biji, tetapi lebih banyak mengenai udara dalam ruang drum. Ujung sensor termokopel membaca temperatur biji hanya ketika biji-biji kopi melewati dibawahnya saat terbawa oleh pengaduk yang berputar dan menyentuh sensor tersebut. Kedua termokopel dihubungkan dengan alat *Artisan visual roaster scope* dan perangkat lunak *Artisan 2.4.2* pada komputer untuk mengukur dan merekam perubahan data temperatur drum dan biji terhadap waktu.



Gambar 2.1 Foto kegiatan pengujian dan peralatan yang digunakan.

#### 2.4 Metode pengukuran crack

Alat penguji suara dan alat perekam suara dengan aplikasi *sound effect* spesifikasi *note 10* digunakan untuk mendeteksi suara *crack* selama proses pemanggangan.

#### 2.5 Metode Pengukuran massa

Perubahan massa biji kopi yang dipanggang dilakukan dengan menggunakan alat ukur massa digital merek *Sayaki ACS-RS electronic scale*. Perubahan massa dicatat untuk tiap 30 s. Data hasil pengukuran ditabulasikan dan dirata-ratakan untuk 5 kali pengulangan untuk tiap variasi sampel. Berdasarkan data rata-rata tersebut kemudian dibuat grafik hubungan perubahan massa terhadap waktu.

#### 2.6 Metode penentuan rendemen

Rendemen (yield) adalah persentase kehilangan massa. Rendemen dihitung berdasarkan persentase massa akhir produk yang dihasilkan terhadap massa bersih bahan baku yang digunakan.

#### 2.7 Metode pengukuran massa jenis dan volume Jenis

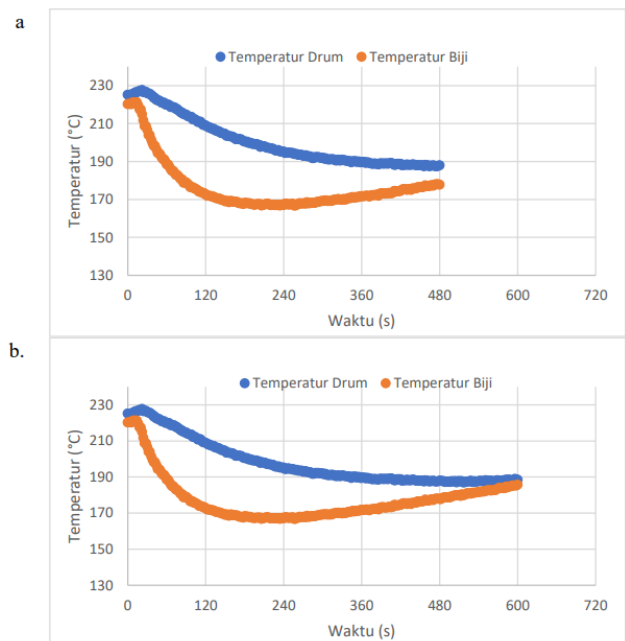
Massa (m) biji kopi dapat ditentukan berdasarkan neraca massa, sedangkan penambahan volume (v) dilakukan berdasarkan prinsip hukum Archimedes dengan menggunakan fluida air dalam gelas ukur. Suatu saringan dari logam digunakan yang berfungsi sebagai kemasan sekaligus pemberat biji kopi agar tidak mengapung saat dimasukkan ke dalam air. Kenaikan air dalam gelas ukur menunjukkan penambahan volume biji kopi dan kemasan. Pengurangan terhadap volume

kemasan tanpa kopi merupakan volume dari kopi yang diukur. Berdasarkan data massa dan volume biji kopi maka massa jenis biji kopi dapat ditentukan. Massa jenis biji kopi merupakan ratio antara massa dengan volume biji kopi, sedangkan volume jenis adalah sebaliknya.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Profil temperatur terhadap waktu pemanggangan

Gambar 3.1 memperlihatkan kurva perubahan temperatur drum (kurva biru) dan biji (kurva merah) terhadap waktu pemanggangan. Saat awal terlihat bahwa temperatur drum berada pada posisi 220 °C dan temperatur biji sedikit berada dibawahnya. Temperatur biji merupakan temperatur udara dalam pemanggang. Temperatur drum dan biji kemudian terlihat mengalami penurunan drastis, hal ini disebabkan oleh adanya proses pengisian biji kopi ke dalam pemanggang. Terjadi proses endotermik yaitu penyerapan panas oleh biji-biji kopi yang baru dimasukkan ke dalam pemanggang.



Gambar 3.1 Grafik temperatur vs waktu pemanggangan biji kopi Liberika a) 8, dan b) 10 menit.

Temperatur drum mengalami penurunan drastis hingga 190 °C dengan waktu 240 s setelah itu mengalami proses penurunan yang landai, hingga sedikit di bawah 190 °C dengan waktu hingga 480 s. Temperatur biji mengalami penurunan yang drastis hingga di bawah 170 °C dengan waktu sedikit melebihi 120 s, setelah itu mengalami proses isotermal pada temperatur sekitar 170 °C dan kenaikan (eksotermik) hingga mendekati temperatur 180 °C dan waktu 480 s.

Grafik temperatur drum terlihat selalu lebih tinggi dari biji. Hal ini mengindikasikan bahwa saat pemanggangan, terjadi proses perpindahan panas dari

permukaan drum ke biji dan udara dalam drum. Panas tersebut menyebabkan terjadinya perubahan temperatur biji. Perpindahan panas akan terus berlangsung sampai temperatur biji terus meningkat mendekati temperatur drum.

Kedua grafik temperatur pada proses pemanggangan dengan variasi waktu 8 dan 10 menit adalah sama. Perbedaan yang terlihat adalah setelah menit ke 8 (480 s) hingga menit ke 10 (600 s) pada proses pemanggangan dengan durasi waktu 10 menit. Profil temperatur biji setelah menit ke 8 terus meningkat hingga mendekati temperatur drum 190 °C dan pada menit ke 10 (600 s). Hal ini mengindikasikan bahwa proses eksotermis yang terus berlanjut dari menit ke 8 hingga 10. Grafik temperatur biji dan drum bersentuhan pada detik-detik akhir pengujian.

Analisa statistik terhadap data-data temperatur menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal artinya data tidak memenuhi prasyarat uji parametrik. Analisis statistik kemudian dilanjutkan dengan metode uji non parametrik. Uji korelasi yang sesuai adalah uji rank Spearman. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai korelasi ( $r$ ) nya adalah 1,000. Artinya, terdapat korelasi yang sangat tinggi (sangat terpercaya) antara perubahan waktu dan temperatur. Nilai  $r$  adalah positif yang berarti bahwa hubungan antara waktu dengan besarnya kenaikan temperatur pemanggangan kopi adalah berbanding lurus.

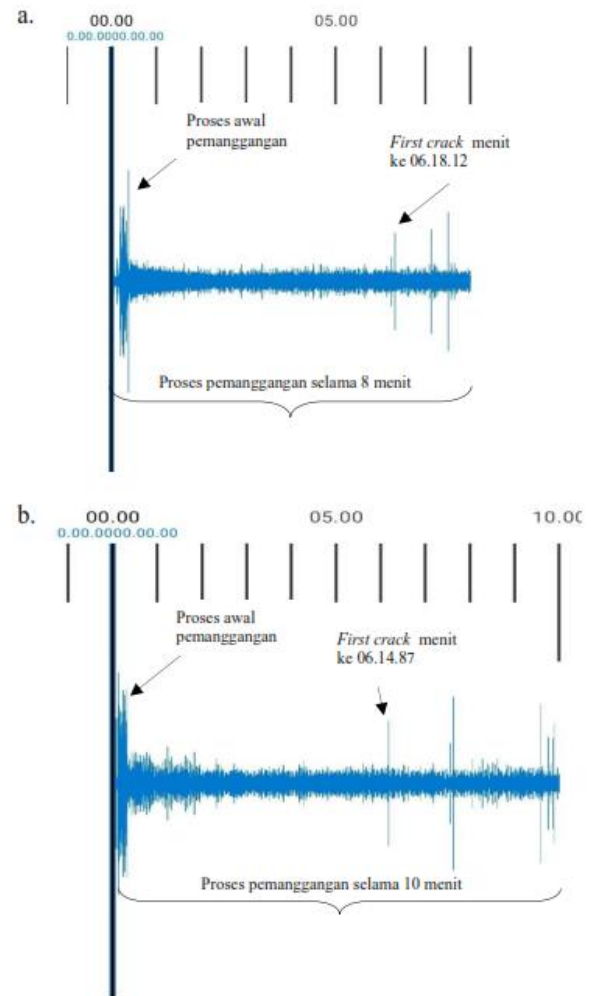
### 3.2 First crack dan second crack

*First crack* merupakan peristiwa awal terjadinya retakan pada biji kopi yang mengembang akibat panas yang diterima saat-saat awal pemanggangan. Hal ini terjadi karena tekanan uap yang terakumulasi hingga menyebabkan biji kopi pecah-pecah dan mengeluarkan uap bersama dengan senyawa volatil lainnya. Peristiwa ini ditandai dengan adanya suara dari retakan tersebut.

Gambar 3.2 memperlihatkan grafik profil gelombang suara selama pemanggangan biji kopi Liberika dengan waktu a. 8 dan b. 10 menit. Detik-detik awal terlihat adanya gelombang suara yang besar pada kedua grafik, hal ini merupakan suara yang berasal dari proses pengisian biji ke dalam pemanggang. Selama proses pemanggangan biji kopi juga mengalami proses pengadukan yang menyebabkan adanya suara baik dari gerakan pengadukan maupun gesekan antara biji dan permukaan drum. Suara dari pengaduk dan gesekan biji kopi selama pengadukan berlangsung dengan besaran gelombang yang hampir konstan dari awal hingga akhir proses.

Kedua grafik masing-masing memperlihatkan adanya gelombang suara yang melebihi gelombang suara dari pengadukan biji kopi, yang terjadi pada sekitar menit ke 6. Hal ini mengindikasikan terjadinya peristiwa *first crack* saat pemanggangan. Berdasarkan kedua grafik terlihat bahwa peristiwa *first crack* tepatnya terjadi pada saat yang hampir sama yaitu menit ke-6.18.12 dan pada

menit 6.14.87.



Gambar 3.2 Grafik gelombang suara vs waktu pemanggangan biji kopi Liberika a) 8 dan b) 10 menit.

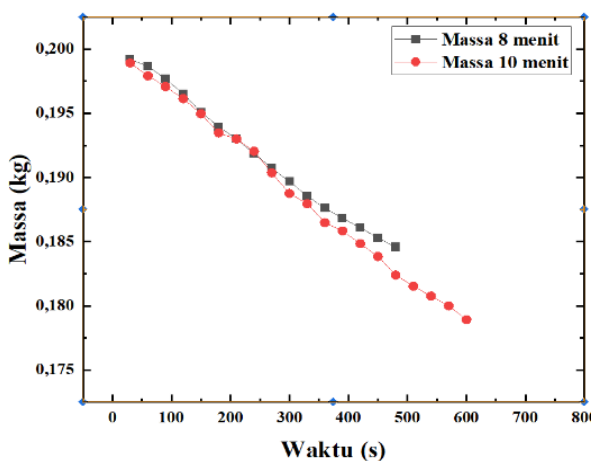
Fase pertama retakan atau *first crack* ini disebabkan adanya pemanasan air dalam biji kopi sehingga memberikan kebutuhan input energi yang tinggi pada awal proses pemanggangan. Sebaliknya, pada saat mendekati akhir proses pemanggangan, kebutuhan masukan panas biji kopi jauh lebih rendah, karena proses itu sendiri menjadi panas tambahan atau berkelanjutan membuat biji kopi mencapai suatu keadaan *pyrolysis* dimana senyawa organik kompleks dalam biji kopi terurai menjadi senyawa gas dan karbon padat sederhana pada temperatur tinggi dengan kondisi sedikit oksigen sehingga besarnya tekanan gas-gas di dalam biji menyebabkan dinding sel selulosa retak maka terjadi *second crack*.

Peristiwa *second crack* pada penelitian ini belum bisa dideteksi dengan jelas, karena retakan (*first crack* dan *second crack*) yang terjadi tidak seragam pada waktu bersamaan. Sebagian *crack* terjadi lebih cepat sebagian lainnya terjadi lebih lambat. Suara *second crack* adalah lebih lemah dari *first crack*. Diperkirakan bahwa sebagian peristiwa *first crack* beririsan dengan *second crack*. Kemungkinan *second crack* terjadi setelah

sebagian *first crack* telah terjadi, sedangkan sebagian *first crack* baru terjadi bersamaan dengan *second crack* lainnya. Diperkirakan juga bahwa sebagian hanya mengalami *first crack* tanpa sempat terjadi *second crack* karena waktu pemanasan yang belum cukup dan proses pengadukan yang tidak merata.

### 3.3 Profil massa terhadap waktu

Proses pemanasan selama pemanggangan menyebabkan terjadinya perubahan massa yang terkandung dalam biji kopi. Massa biji kopi menjadi menurun. Penurunan massa biji kopi dapat dikaitkan dengan penguapan air, pelepasan intensif senyawa organik, karbon dioksida, dan reaksi pemanggangan lainnya [32]. Grafik dari data rata-rata hasil penurunan massa selama pemanggangan ditunjukkan oleh Gambar 3.3. Penurunan massa biji kopi terjadi lebih rendah untuk proses pemanggangan selama 8 menit, dibandingkan waktu 10 menit. Hasil perhitungan terhadap nilai rata-rata kehilangan massa pemanggangan dengan perlakuan 8 dan 10 menit untuk per 30 detik masing-masingnya adalah 0.8 % dan 1.1%.



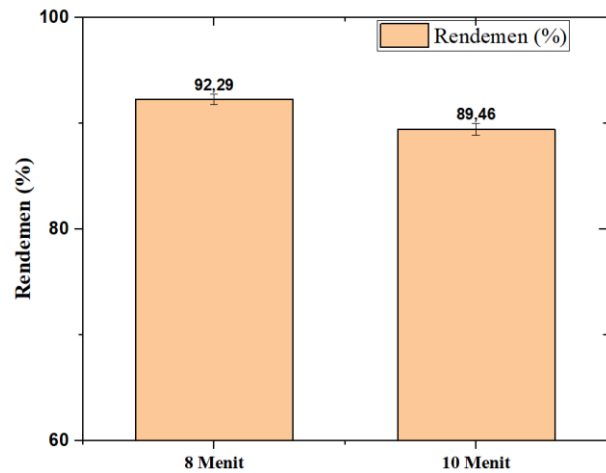
Gambar 3.3. Grafik perubahan rata-rata massa vs waktu pemanggangan biji kopi Liberika selama 8 dan 10 menit.

Analisis statistik terhadap data perubahan massa menunjukkan data berdistribusi normal namun tidak linier, maka analisis dilanjutkan dengan menggunakan metode uji non parametrik, rank Spearman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai  $r$  nya adalah  $-1,000$ , artinya, terdapat korelasi yang sangat tinggi antara waktu pemanggangan terhadap massa biji kopi. Tanda negatif menunjukkan bahwa hubungan antara waktu pemanggangan berbanding terbalik dengan massa biji kopi.

### 3.4 Nilai rendemen

Rendemen (yield) merupakan kehilangan massa atau hasil akhir yang dihitung berdasarkan persentase massa akhir biji kopi yang sudah dipanggang terhadap massa bersih biji kopi sebelum dipanggang. Biji kopi selama proses pemanggangan terjadi perubahan fisikokimia

yang mengakibatkan penurunan massa yang signifikan akibat penguapan seperti air dan senyawa kimia yang mudah menguap [10]. Oleh karena itu, hasil lebih rendah pada tingkat waktu panggang yang lebih lama dan dapat dilihat pada Gambar 3.4



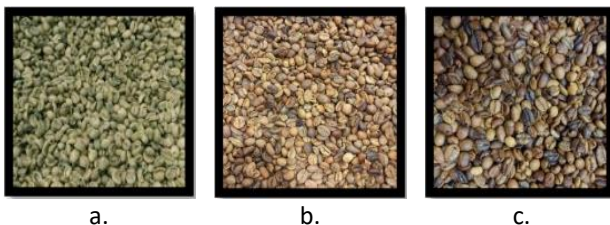
Gambar 3.4 Grafik rendemen pemanggangan kopi Liberika

Proses pemanggangan biji kopi Liberika dengan waktu 8 menit memiliki nilai rendemen (92,29 %) lebih tinggi dibandingkan dengan 10 menit (89,46 %). Penyebabnya karena terjadinya penyusutan air selama pemanggangan tanpa terlalu banyak penguapan zat volatil dari biji, penyebab sedikit penyusutan biji karena waktu pemanggangan yang singkat. Biji kopi yang dihasilkan dengan waktu dan temperatur pemanggangan yang singkat akan menyebabkan susut massa biji kopi kurang sempurna dan juga penguapan zat volatil pada biji kopi tidak maksimal. Rendemen menurun dengan bertambahnya waktu pemanggangan.

Berdasarkan data karakteristik proximate analisis pada Tabel 2.1, terlihat kandungan air pada biji kopi Liberika adalah 12,16 %. Fraksi massa yang pertama menguap ketika biji kopi dipanggang adalah kandungan air diikuti oleh zat-zat volatile. Berdasarkan nilai rendemen yang diperoleh untuk pemanggangan dengan waktu 8 menit (92,29 %) maka fraksi massa yang menguap akibat pemanggangan adalah sebesar 7,71 % sehingga diperkirakan masih tersisa air sebanyak 4,45 % lagi yang belum menguap yang masih dikandung oleh biji kopi. Berdasarkan nilai rendemen yang diperoleh untuk pemanggangan dengan waktu 10 menit (89,46), fraksi massa yang menguap adalah sebesar 10,54 %. Sehingga diperkirakan masih tersisa air sebanyak 1,62 %.

Kandungan *crude fat* diperkirakan hanya meleleh, sedangkan protein, *carbohydrate*, *fiber*, *caffeine* dan *ash content* hanya mengalami proses pemanasan untuk kedua variasi waktu proses pemanggangan. Namun demikian diperkirakan bahwa tetap ada sebagian zat-zat volatile dari kandungan tersebut yang ikut menguap bersama uap air pada kedua proses pemanggangan tersebut walaupun dengan jumlah yang sangat kecil,

yang berasal dari sebagian biji kopi yang permukaannya menerima panas lebih banyak karena bersentuhan langsung dengan permukaan drum. Hal ini diindikasikan dari sebagian permukaan biji kopi yang lebih gelap, yang berkontribusi terhadap perubahan fisikokimia pada biji kopi yang lebih besar. Berdasarkan hukum kesetimbangan massa maka dengan adanya massa penguapan zat-zat volatile akan mengurangi jumlah total air yang menguap. Proses pemanggangan dengan waktu 10 menit relatif lebih banyak mengalami proses perubahan fisikokimia dibandingkan dengan waktu 8 menit. Nilai hasil kedua variasi waktu pemanggangan biji kopi dari penelitian ini dapat digolongkan ke dalam kriteria tingkat sangrai terang. Penggolongan ini berdasarkan hasil penelitian lain sebelumnya, menunjukkan bahwa pengurangan massa biji kopi yang digolongkan ke dalam tingkat sangrai gelap > 21%, sedang 14–21%, dan terang 10–14% [33]. Gambar 3.5 memperlihatkan foto perbandingan antara liberika green bean, setelah dipanggang pada temperatur 220 °C selama 8 dan 10 menit.



Gambar 3.5. Foto biji kopi a. *Liberika green bean*, b. setelah dipanggang pada 220 °C selama 8 dan, c. 10 menit.

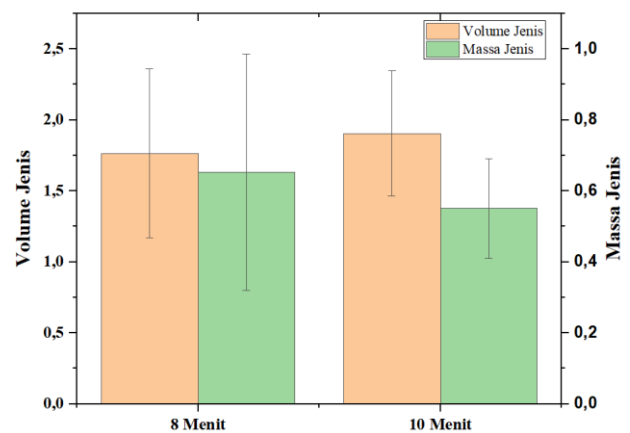
Analisis statistik terhadap data rendemen menunjukkan bahwa data keseluruhan berdistribusi normal dan homogen. Analisis statistik dilanjutkan dengan metode uji ANOVA dan diperoleh sig (p) yaitu  $0,128 > \alpha (0,05)$  maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu tidak berpengaruh signifikan terhadap rendemen kopi.

### 3.5 Volume jenis dan massa jenis

Gambar 3.6, menunjukkan grafik rata-rata volume jenis dan massa jenis biji kopi setelah pemanggangan untuk variasi waktu 8 dan 10 menit. Volume jenis biji kopi hasil pemanggangan dengan waktu 8 menit adalah lebih rendah dibandingkan 10 menit, sedangkan massa jenisnya adalah sebaliknya, yaitu massa jenis biji kopi hasil pemanggangan 10 menit lebih rendah dari 8 menit. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanggangan maka massa jenis kopi akan mengalami penurunan sedangkan volume jenisnya mengalami kenaikan.

Hal ini menunjukkan, semakin lama biji kopi dipanggang maka semakin banyak panas yang diterima oleh biji kopi yang memungkinkan proses *development* atau pengembangan biji kopi yang semakin meningkat

dan perubahan warna yang semakin gelap. Massa jenis biji kopi berhubungan dengan jumlah massa yang hilang dalam proses pemanggangan yang menyebabkan terjadi pengeringan dimana biji kopi mengalami dehidrasi, melepaskan uap dan memulai perluasan matriks padat. CO<sub>2</sub> yang terbentuk dilepaskan sebagai produk reaksi, berkontribusi pada matriks ekspansi yang merupakan keseimbangan pembentukan uap air dan CO<sub>2</sub> sebagai penggerak dan keadaan transisi bahan dinding sel sebagai penahan.



Gambar 3.6. Grafik rata-rata volume jenis dan massa jenis biji kopi Liberika setelah pemanggangan 8 dan 10 menit.

Perubahan yang terjadi selama pemanggangan mengakibatkan terjadinya reaksi yang menyebabkan sifat fisikokimia biji kopi berubah signifikan. Reaksi tersebut diurutkan dari penguapan atau evaporasi air, reaksi Maillard, reaksi *caramelize*, dan reaksi *pyrolysis* ditandai dengan *first crack* dan *development bean* yang mengubah struktur kopi tersebut lebih bervolume.

Kopi dipanggang dengan waktu yang lama memiliki ekspansi volumetrik yang lebih tinggi, meningkatnya jumlah kehilangan massa, dan pori-pori besar. Pelepasan uap air dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan selama reaksi eksotermik merupakan penyebab utama terjadinya hal ini. Hilangnya sebagian massa kandungan biji secara massal selama pemanggangan menyebabkan konduktivitas termalnya menurun selama proses pemanggangan karena peningkatan porositas struktur mikro [34]. Hal ini diperkirakan yang menyebabkan proses kenaikan temperatur yang landai saat proses eksotermik terjadi.

Hasil analisa statistik terhadap data volume jenis menunjukkan data keseluruhan berdistribusi normal dan homogen. Analisis statistik dilanjutkan dengan uji parametrik menggunakan metode ANOVA dan diperoleh sig (p) yaitu  $0,683 > \alpha (0,05)$ . Berdasarkan hasil tersebut maka  $H_0$  diterima, maka dapat diambil kesimpulan bahwa waktu tidak berpengaruh signifikan terhadap rata-rata volume jenis kopi.

Hasil analisa statistik terhadap data massa jenis menunjukkan data tidak berdistribusi normal, maka dilanjutkan dengan uji non parametric, Kruska-Walis dan diperoleh sig (p) yaitu  $0,754 > \alpha (0,05)$ . Berdasarkan hasil tersebut maka  $H_0$  diterima, dapat diambil kesimpulan bahwa waktu tidak berpengaruh signifikan terhadap rata-rata volume jenis kopi.

Data volume dan massa jenis sangat berkaitan dengan proses ekspor produk kopi. Kopi panggang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi dibanding *green bean* dan berperan penting sebagai sumber devisa negara dan sumber penghasilan bagi petani kopi di Indonesia. Kopi liberika saat ini banyak diminati dan diekspor ke negara tetangga seperti Malaysia dan juga potensial diminati oleh negara-negara lainnya. Ekspor kopi berupa *green bean* umumnya dilakukan dengan menggunakan kapal laut. Ekspor *green bean* dilakukan dengan alasan untuk menjaga kestabilan ketersediaan stok produk kopi di pasar ekspor guna menghindari monopoli harga serta untuk menjaga kualitas kopi agar tetap memiliki cita-rasa dan aroma yang baik ketika disajikan karena jarak proses pemanggangan yang tidak jauh dan lama dengan konsumen penikmat kopi.

Ekspor produk kopi menggunakan kapal laut adalah lama, dan membutuhkan transportasi darat lanjutan yang relatif jauh untuk sampai ke tujuan, dengan jejak rantai karbon (carbon foot print) yang juga cukup besar. Ekspor dengan kapal laut tidaklah bermasalah dengan ukuran massa tetapi dengan volume. Ekspor *green bean* akan memberikan keuntungan ekonomi yang besar bagi negara-negara *roaster*. Apabila yang diekspor adalah *roast bean* maka keuntungan dari nilai tambah akan dinikmati oleh negara-negara produsen kopi sendiri. Pengemasan yang baik dan penggunaan pesawat sebagai alat transportasi ekspor yang lebih cepat dapat digunakan sebagai alternative pengganti kapal laut guna mengatasi problem kestabilan ketersediaan stok produk kopi dan kualitas cita-rasa dan aroma. Ekspor *roast bean* dengan keuntungan massa yang lebih rendah dari pada *green bean* dapat dilakukan dengan pesawat yang tidak terlalu bermasalah dengan pertambahan volume.

#### 4. Kesimpulan

Pemanggangan biji kopi Liberika dengan waktu yang berbeda menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang positif dan sangat kuat antara kenaikan waktu terhadap perubahan temperatur. Hasil pengujian menunjukkan korelasi negatif yang sangat tinggi antara waktu pemanggangan terhadap massa.

*First crack* untuk proses pemanggangan biji kopi liberika pada kondisi pemanggangan 220 °C mulai terjadi setelah menit ke 6. Sedangkan *second crack* tidak dapat terdeteksi dengan jelas.

Pemanggangan dengan waktu yang berbeda memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap karakteristik biji kopi liberika seperti rendemen, volume jenis, dan massa jenis.

#### Daftar Pustaka

- [1] G. Hu *et al.*, "Effect of roasting degree of coffee beans on sensory evaluation: Research from the perspective of major chemical ingredients," *Food Chem.*, vol. 331, p. 127329, 2020.
- [2] A. T. Suryana and Y. Syaikat, "Geographic scope of the global value chain for Indonesian coffee," *Coffee Sci. 1984-3909*, vol. 18, pp. e182169–e182169, 2023.
- [3] Y. Suprpto and E. Astuti, "SEIKO : Journal of Management & Business Analisis Kegiatan Ekspor Kopi Indonesia Dalam Pasar Global," vol. 6, no. 1, pp. 216–221, 2023.
- [4] A. Elias, A. Dachito, and S. Abdulbari, "The effects of currency devaluation on Ethiopia's major export commodities: The case of coffee and khat: Evidence from the vector error correction model and the Johansen co-integration test," *Cogent Econ. Financ.*, vol. 11, no. 1, p. 2184447, 2023.
- [5] E. Murlida, S. Noviasari, C. Nilda, S. Rohaya, F. Rahmi, and M. Muzaifa, "Chemical characteristics of cascara tea from several varieties of coffee in Aceh Province," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 667, no. 1, 2021.
- [6] Badan Pusat Statistik, "Statistik Kopi Indonesia," *BPS-Statistics Indonesia*, 2021. .
- [7] L. D. Peck and E. Boa, "Coffee wilt disease: The forgotten threat to coffee," *Plant Pathol.*, 2023.
- [8] N. K. Firdaus, A. Aunillah, D. Pranowo, D. Listyati, and M. Herman, "The effect of various harvesting techniques and drying methods on the yield and quality of Liberoid coffee," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2023, vol. 1246, no. 1, p. 12046.
- [9] A. M. P. Baltazar and J. E. B. INOCENCIO, "Leaf architectural analysis of taxonomically confusing coffee species: *Coffea liberica* and *Coffea liberica* var. *dewevrei*," *Biodiversitas J. Biol. Divers.*, vol. 20, no. 6, 2019.
- [10] Heriana, A. Sukainah, and M. Wijaya, "Pengaruh Suhu dan Waktu Penyangraian Terhadap Kadar Kafein dan Mutu Sensori Kopi Liberika (*Coffea liberica*) Bantaeng," *PATANI (Pengembangan Teknol. Pertan. dan Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2023.
- [11] A. Jaya *et al.*, "Agroforestry as an approach to rehabilitating degraded tropical peatland in Indonesia," *J. Degrad. Min. Lands Manag.*, vol. 11, no. 2, pp. 5453–5474, 2024.
- [12] A. P. Davis, C. Kiwuka, A. Faruk, M. J. Walubiri, and J. Kalema, "The re-emergence of Liberica coffee as a major crop plant," *Nat. Plants*, vol. 8, no. 12, pp. 1322–1328, 2022.
- [13] M. C. Ablan Lagman, "Variability in Philippine *Coffea liberica* Provides Insights into Development Amidst a Changing Climate," in *Proceedings*, 2023,

- vol. 89, no. 1, p. 27.
- [14] M. Jeszka-Skowron and A. Zgoła-Grześkowiak, "Usage of Capillary Isotachophoresis and Antioxidant Capacity Measurement in Analysis of Changes in Coffee Properties After Roasting, Steaming and Decaffeination," *Food Anal. Methods*, vol. 10, no. 5, pp. 1245–1251, 2017.
- [15] J. Clapp, "Concentration and crises: exploring the deep roots of vulnerability in the global industrial food system," *J. Peasant Stud.*, vol. 50, no. 1, pp. 1–25, 2023.
- [16] N. A. VA and N. Panakaje, "A Review of the Factors Impacting Coffee Cultivators (Growers) and the use of Plantation Agriculture Schemes," *Int. J. Case Stud. Business, IT Educ.*, vol. 7, no. 1, pp. 107–140, 2023.
- [17] R. Ruben, "Why do coffee farmers stay poor?: Breaking vicious circles with direct payments from profit sharing," *J. Fair Trade*, vol. 4, no. 2, pp. 11–30, 2023.
- [18] F. G. Gemechu, "Embracing nutritional qualities, biological activities and technological properties of coffee byproducts in functional food formulation," *Trends food Sci. Technol.*, vol. 104, pp. 235–261, 2020.
- [19] R. Fadhil, S. Safrizal, K. Rizal, B. S. Putra, and J. Firmansyah, "Study of variations in the roasting time of gayo arabica coffee in the drying phase," *Coffee Sci. 1984-3909*, vol. 18, pp. e182085–e182085, 2023.
- [20] A. Santanatoglia *et al.*, "A comprehensive comparative study among the newly developed Pure Brew method and classical ones for filter coffee production," *LWT*, vol. 175, p. 114471, 2023.
- [21] L. M. Anastácio *et al.*, "Relationship between physical changes in the coffee bean due to roasting profiles and the sensory attributes of the coffee beverage," *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 249, no. 2, pp. 327–339, 2023.
- [22] R. Utrilla-Catalan, R. Rodríguez-Rivero, V. Narvaez, V. Díaz-Barcos, M. Blanco, and J. Galeano, "Growing inequality in the coffee global value chain: a complex network assessment," *Sustainability*, vol. 14, no. 2, p. 672, 2022.
- [23] C. Klaidaeng, S. Chudjuarjeen, C. Pomsen, and P. Charoenwiangnuea, "Prediction of roasted coffee bean level from a coffee house-ware using fuzzy logic," *Mater. Today Proc.*, 2023.
- [24] Standar Nasional Indonesia, *kopi Bubuk*. 2004.
- [25] H. Endeshaw and A. Belay, "Optimization of the roasting conditions to lower acrylamide content and improve the nutrient composition and antioxidant properties of *Coffea arabica*," *PLoS One*, vol. 15, no. 8 August, pp. 1–18, 2020.
- [26] M. Stauff, P. van Romondt Vis, K. van Es, K. van Es, and N. Verhoeff, "Coffee Roasters' Data Vernacular: On the Entanglement of Digital Data and Craft," 2023.
- [27] I. A. F. Anto, A. Munandar, J. W. Wibowo, T. I. Salim, and O. Mahendra, "Coffee Bean Roasting Levels Detection: A Systematic Review," in *2023 IEEE 7th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, 2023, pp. 146–151.
- [28] B. T. Edvan, R. Edison, and M. Same, "Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian pada Mutu Kopi Robusta (*Coffea robusta*)," *J. Agro Ind. Perkeb.*, vol. 4, no. 1, pp. 31–40, 2016.
- [29] B. Hariyanto, Fanani, and S. E. Nugroho, "Peningkatan Kinerja Alat Penyangrai Kopi Type Pemanas Elemen Ke Type Infra Red Gas Burner Terkoneksi Laptop," *Semin. Nas. Has. Pengabd. Masy. dan Penelit. Pranata Lab. Pendidik. Politek. Negeri Jember Tahun*, pp. 279–283, 2019.
- [30] S. D. Oyeyemi, P. O. Tedela, and O. E. Oyedeji, "Assessment of the nutritional potentials of *Theobroma cacao* L. and *Coffea liberica* W. Bull," *Ukr. food J.*, no. 6, Issue 2, pp. 258–268, 2017.
- [31] H. Heriyanti, Y. Panggabean, E. T. Pangestu, R. Asyhar, and S. Sutrisno, "Initial roasting temperature effect on thermal behaviour and characteristic of *Liberica* coffee.," *Coffee Sci.*, vol. 14, no. 4, pp. 501–508, 2019.
- [32] A. S. Franca, L. S. Oliveira, R. C. S. Oliveira, P. C. M. Agresti, and R. Augusti, "A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment," *J. Food Eng.*, vol. 92, no. 3, pp. 345–352, 2009.
- [33] F. Wei and M. Tanokura, "Chemical changes in the components of coffee beans during roasting," in *Coffee in health and disease prevention*, Elsevier, 2015, pp. 83–91.
- [34] J. D. Bustos-Vanegas *et al.*, "Developing predictive models for determining physical properties of coffee beans during the roasting process," *Ind. Crops Prod.*, vol. 112, no. October, pp. 839–845, 2018.