

**STUDI KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA  
BIJI KOPI SAJANG TERFERMENTASI LIMBAH BUAH**

**STUDY OF PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS  
SAJANG COFFEE BEAN FERMENTED FRUIT WASTE**

**ACHMAD SYIDDIQ HIDAYAT<sup>1</sup>, MARIA ULFA<sup>2</sup>, SUDIRMAN<sup>3</sup>**

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Jl. Majapahit  
No. 62, Gomong, Kec. Selaparang, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115

\*Email: [sudirman28@unram.ac.id](mailto:sudirman28@unram.ac.id)

**Abstrak.** Fermentasi kopi adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk menurunkan kadar kafein, memperbaiki nilai pH dan menciptakan cita rasa khas dari kopi robusta pada umumnya. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik biji kopi robusta-Sajang terfermentasi mikroorganisme lokal (MOL) limbah buah (nanas, nangka, dan jambu biji). Karakterisasi biji kopi terfermentasi meliputi kadar kafein, total asam, derajat pencoklatan dan pH. Hasil penelitian menunjukkan proses fermentasi dapat menurunkan kadar kafein biji kopi-Sajang sebesar 50%, namun tidak cukup signifikan berpengaruh terhadap total asam, pH, dan derajat pencoklatan. Skrining fitokimia pada ekstrak metanol biji kopi terfermentasi menunjukkan indikasi positif terhadap alkaloid dan tannin. Kopi robusta yang tumbuh di desa Sajang, baik yang difermentasi dan yang tidak, menunjukkan adanya perbedaan pada setiap parameter. Kadar kafein, nilai pH, derajat pencoklatan menurun setelah difermentasi dan berbanding terbalik dengan total asam. Hal ini menunjukkan bahwasanya mikroorganisme pada MOL buah bekerja ketika kopi difermentasi dan memperbaiki mutu kopi.

**Kata Kunci:** fermentasi, MOL, biji kopi, robusta, Sajang, alkaloid, tannin

**Abstrak.** Coffee fermentation is one of the most widely used methods to reduce caffeine content, improve pH value and create a distinctive flavor of robusta coffee in general. This study aims to analyze the characteristics of robusta-Sajang coffee beans fermented by local microorganisms (MOL) fruit waste (pineapple, jackfruit, and guava). Characterization of fermented coffee beans includes caffeine content, total acid, degree of browning and pH. The results showed that the fermentation process could reduce the caffeine content of Sajang coffee beans by 50%, but did not significantly affect the total acid, pH, and degree of browning. Phytochemical screening on methanol extract of fermented coffee beans showed positive indications of alkaloids and tannins.

**Keywords:** fermentation, MOL, coffee beans, robusta, Sajang, alkaloids, tannins

## PENDAHULUAN

Kopi merupakan komoditas hasil perkebunan yang umum di Indonesia. Jenis kopi yang dikenal masyarakat adalah jenis kopi robusta dan arabika. Desa Sajang kecamatan Sembalun (800 mdpl) adalah salah satu desa di pulau Lombok yang menjadikan kopi sebagai komoditas unggulan (Sarjan, *et al.*, 2020). Kopi yang banyak dibudidayakan di daerah ini adalah kopi robusta karena kopi ini dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 400-800 mdpl, membutuhkan sedikit perawatan, dan waktu panen yang cukup singkat. Kopi robusta biasanya memiliki kadar kafein yang lebih tinggi dari kopi arabika, cita rasa yang lebih pahit, dan sedikit asam (Baskara, *et al.*, 2022). Kopi robusta kurang diminati karena tingginya kadar kafein pada kopi ini dapat mengganggu kesehatan, seperti dapat meningkatkan tekanan darah dan tidak dianjurkan dikonsumsi melebihi batas bagi penderita jantung (Kuncoro, *et al.*, 2018).

Keunggulan serta kelemahan jenis kopi robusta ini menjadi salah satu faktor pendorong perlunya modifikasi metode fermentasi dalam menurunkan kadar kafein (dekafeinisasi) dan menambah cita rasa pada kopi. Dekafeinisasi kulit dan buah kopi umumnya dilakukan menggunakan metode konvensional melalui fermentasi *wine* (Ramadhan, *et al.*, 2022) dan *honey* (Várady, *et al.*, 2022), penambahan isolat bakteri (Usman, *et al.*, 2015), dan penambahann etil asetat (Wijaya & Yuwono, 2015). Proses-proses tersebut dapat menurunkan kadar kafein, akan tetapi tidak dapat menambah cita rasa pada kopi. Salah satu metode modifikasi yang dapat memperbaiki aroma dan cita rasa pada kopi adalah fermentasi dengan penambahan mikroorganisme lokal (MOL) singkong. Metode ini juga dapat menurunkan kadar kafein pada kopi (Aini, *et al.*, 2021) dari 2,27 % menjadi 1,32 % (Oktadina, *et al.*, 2013). Fermentasi merupakan salah satu langkah yang paling ramah dan paling murah dalam modifikasi produk pertanian, jika dibandingkan dengan proses kimia dan fisika lainnya yang menggunakan peralatan modern. Fermentasi selalu melibatkan mikroorganisme, termasuk ragi, jamur dan bakteri (Budi, *et al.*, 2020), yang memanfaatkan karbohidrat sebagai tempat untuk bertahan hidup (Roeswitawati, *et al.*, 2018).

Karbohidrat banyak ditemukan dalam buah-buahan. Limbah buah adalah salah satu masalah besar yang sering sekali tidak dimanfaatkan, seperti limbah buah nanas (*Ananas comosus L. Merr*) yang mengandung enzim yang mampu memecah protein, ini memungkinkan enzim bromelin untuk menurunkan kadar kafein pada kopi (Oktadina, *et*

*al.*, 2013), buah nangka (*Artocarpus heterophyllus*) yang memiliki kandungan gizi yang tinggi yaitu karbohidrat, lemak, kalsium, protein (Swami & Kalse, 2019), Jambu biji mengandung senyawa eugenol yang merupakan aktivator biologis dalam proses fermentasi (Widianingrum, *et al.*, 2021). Limbah buah ini dapat dimanfaatkan sebagai MOL untuk fermentasi produk pertanian seperti biji kopi.

Berdasarkan latar belakang di atas, telah dilakukan fermentasi kopi robusta yang ada di desa Sajang Kecamatan Sembalun dengan MOL limbah buah nanas, nangka, dan jambu biji. Fermentasi dinilai dapat memperbaiki nilai pH, kadar kafein, menambahkan cita rasa dan aroma pada kopi robusta. Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu, fitokimia, *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR), dan *UV-Vis Thermo Scientific*.

## MATERI DAN METODE

### Lokasi Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Agustus 2022 sampai April 2023 di Laboratorium Kimia Lanjut, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Mataram.

### Prosedur Kerja

#### 1. Fermentasi Biji Kopi

Pembuatan MOL buah mengacu pada penelitian Aini, *et al.* (2021) yang dimodifikasi. Buah nanas, nangka dan jambu biji masing masing (150 g) dicampur dengan gula merah (300 g) dan air cucian beras (1500 mL). Masing-masing campuran dihaluskan dengan blender, lalu dimasukkan ke dalam wadah dan diinkubasi secara anaerob selama 7 hari pada suhu ruang. Hasil inkubasi/fermentasi merupakan Mol buah yang akan digunakan pada proses fermentasi biji kopi robusta-Sajang. Biji kopi robusta-Sajang masing-masing seberat 1 kg dimasukkan ke dalam 3 wadah dan dicampur dengan masing-masing MOL buah (10 mL). Campuran diinkubasi secara anaerob selama 56 jam pada suhu ruang. Hasil fermentasi dicuci menggunakan air mengalir dan ditiriskan, kemudian dikering anginkan selama 5 hari.

## **2. Uji Fitokimia Ekstrak Kopi**

Ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi (Sabarni & Nurhayati, 2019). Biji kopi hasil fermentasi maupun yang tidak (kontrol) dipanggang menggunakan alat roasting, lalu digiling hingga halus. Bubuk kopi masing-masing seberat 50 g ditambahkan dengan pelarut DCM, metanol, n-heksana hingga sampel terendam dan dimaserasi selama 3×24 jam. Maserat disaring, lalu dievaporasi untuk mendapatkan ekstrak kental dan dimonitoring dengan KLT. Ekstrak kental yang sudah didapatkan kemudian diuji skrining fitokimia seperti yang telah dilakukan Yasir, et al. (2022).

## **3. Isolasi Kafein**

Isolasi kafein mengadopsi penelitian Sabrani dan Nurhayati, (2019) yang dimodifikasi. Bubuk kopi (50 g) ditambahkan natrium karbonat (10 g) dan dilarutkan dengan aquades (250 mL) sambil diaduk. Campuran dipanaskan (90 °C) selama 9 menit dan disaring menggunakan corong Buchner. Filtrat kemudian diekstraksi cair cair dengan DCM (25 mL) dan diulang sebanyak 3 kali. Lapisan organik dipisahkan dari lapisan air dan diuapkan (90 °C) hingga diperoleh kristal kafein berwarna kuning, kemudian ditetesi dengan aseton hingga berwarna putih (Wilantari, *et al.* (2018). Kristal kafein dimonitoring dengan KLT dengan pembanding kafein standar menggunakan eluen DCM dan n-heksana (1:1). Rendemen kafein dihitung berdasarkan persamaan 3.1.

## **4. Pengukuran Spektrum**

Pengukuran spektrum dilakukan mengacu penelitian Rao, *et al.* (2020) bubuk kopi (1 g) diencerkan dalam aquades panas dengan suhu 90 °C, sambil diaduk hingga homogen dan disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh kemudian diuji menggunakan alat UV-Vis dengan panjang gelombang 420 nm.

## **5. Penentuan Nilai pH dan Total Asam**

Penentuan pH pada penelitian ini hasil modifikasi yang telah dilakukan Cordoba, et al. (2019). Bubuk kopi (10 g) ditambah aquades (100 mL), kemudian dipanaskan selama 9 menit (90 °C). Campuran kopi kemudian disaring menggunakan corong Buchner. Hasil ekstrak (25 mL) ditentukan nilai pH (25 °C). Penentuan total asam (TA), ekstrak kopi (25 mL) dititrasi dengan NaOH

0,1 mol/L hingga pH 6,5, hasil dinyatakan dalam milligram asam klorogenat per gram kopi. berdasarkan persamaan 3.2.

## 6. Karakterisasi Kristal Kental Kafein

Karakterisasi bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada kafein dengan alat fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR).

### Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil analisis Instrumen diolah menggunakan software Origin 8.5.1 dan Avogadro. Hasil pengukuran dihitung menggunakan beberapa persamaan sebagai berikut:

$$(R) = \frac{(m_1)}{(m_0)} \times 100\% \quad (3.1)$$

Ket:

R = Rendemen (%)

$m_0$  = Massa sampel (g)

$m_1$  = Massa kafein (g)

$$(TA) = \frac{(V \times M) \times Mr \text{ NaOH}}{(m_0)} \quad (3.2)$$

Ket:

TA = Total Asam (mg/g)

V = Volume NaOH (mL)

M = Konsentrasi NaOH (mL/mmol)

Mr = Massa relatif NaOH (mg/mmol)

$m_0$  = Massa sampel (g)

## HASIL DAN DISKUSI

### Fitokimia Ekstrak Kopi

Uji skrining fitokimia bertujuan untuk mengetahui kandungan metabolit sekunder pada kopi robusta yang tidak dan difermentasi (Yasir *et al.*, 2022). Hasil positif pada uji alkaloid dengan pereaksi Mayer ditandai dengan adanya endapan putih. Hasil positif uji tannin ditandai dengan terbentuknya warna hijau, merah, ungu, biru kehitaman, atau hijau tua pada fenol dan warna hijau kehitaman. Tabel 4.1 menunjukkan hasil uji fitokimia kopi robusta pada fraksi metanol.

Tabel 4. 1 Hasil uji fitokimia ekstrak metanol kopi robusta.

Kopi dengan perlakuan	Senyawa	Keterangan
Tanpa fermentasi	Alkaloid	+
	Saponin	-
	Tanin	+
Fermentasi dengan MOL nanas	Alkaloid	+
	Saponin	-
	Tanin	+
Fermentasi dengan MOL nangka	Alkaloid	+
	Saponin	-
	Tanin	+
Fermentasi dengan MOL jambu biji	Alkaloid	+
	Saponin	-
	Tanin	+

Keterangan: + = positif menandakan adanya senyawa tersebut

- = negatif menandakan tidak adanya senyawa tersebut

Hasil uji fitokimia alkaloid dengan pereaksi Mayer menunjukkan adanya endapan putih yang mengindikasikan hasil positif, adanya senyawa golongan alkaloid pada sampel yang diuji (Kurang & Kamengon, 2021). Adanya saponin dalam ekstrak ditunjukkan dengan terbentuknya busa setelah pengocokan ekstrak yang dilarutkan dalam air panas, pada penelitian ini tidak adanya busa yang terbentuk. Hasil positif pada uji tanin akan menimbulkan warna hijau, merah, ungu, biru kehitaman, atau hijau tua pada fenol (Fadri, et al., 2022).

Senyawa alkaloid terpenting pertama pada kopi yaitu kafein. Kafein adalah senyawa golongan alkaloid purin dan metabolit skunder pada kopi. Senyawa kedua adalah trigonelin, senyawa ini mudah terdegradasi saat proses penyangraian (Lutfiah, 2018). Degradasi yang terjadi pada trigonelin berperan penting terhadap pembentukan senyawa pirol dan piridin (Prakash, et al., 2022). Proses penyangraian merupakan tempat terjadinya reaksi millard, dimana reaksi ini terjadi antara asam amino dan gula pereduksi, dan reaksi millard ini juga dikenal sebagai reaksi pencoklatan (Lutfiah, 2018).

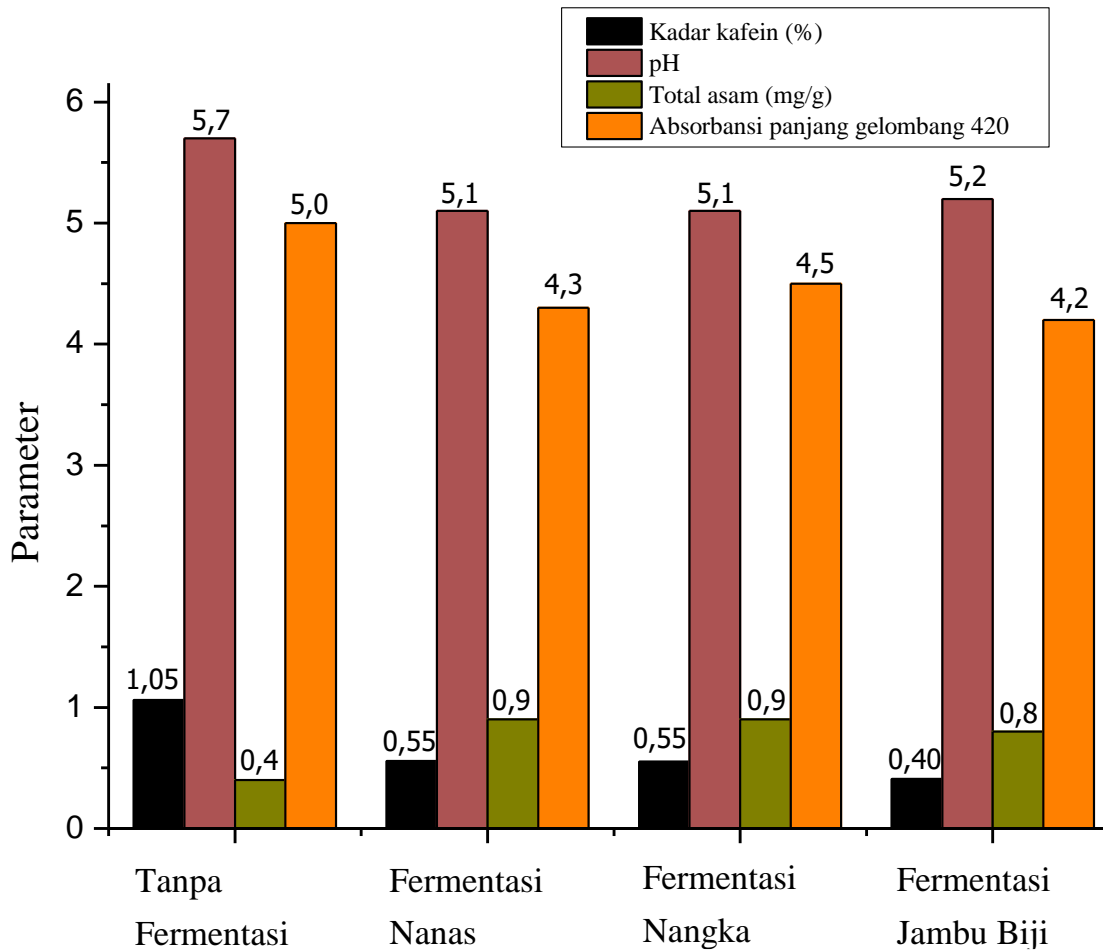
### **Parameter Karakteristik Kopi**

Parameter karakteristik suatu kopi dapat kita ketahui dengan mengukur kadar kafein, pH, total asam dan derajat pencoklatan. Berdasarkan hasil yang didapatkan dapat dilihat pada (Gambar 4.1), indikator pertama menunjukkan, biji kopi tanpa fermentasi memiliki kadar kafein yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan biji kopi yang telah

difermentasi. Perbedaan ini sangat dipengaruhi oleh proses fermentasi yang menguraikan senyawa-senyawa kompleks dalam biji kopi menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dengan melibatkan beberapa mikroorganisme yang berasal dari buah buahan. Penurunan kadar kafein ini disebabkan degradasi kafein pada kopi (Wang, *et al.*, 2023).

Penurunan kadar kafein pada kopi memiliki beberapa penyebab, diantaranya adalah suhu lingkungan, waktu fermentasi, dan jenis fermentasi. Penelitian yang dilakukan Saripah, *et al.* (2021) mengungkapkan penggunaan waktu 54 jam pada suhu 25-27 °C dengan metode fermentasi MOL, dapat menurunkan 50% kadar kafein pada kopi, ini disebabkan aktivitas mikroorganisme yang ada pada MOL yang digunakan untuk fermentasi. Kopi dengan kadar kafein yang rendah akibat dari protein yang diurai dan meningkatkan asam amino bebas. Selulosa dan hemiselulosa yang ada dalam kopi terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga membentuk asam organik dari pemecahan gula. Selain itu menurunnya kadar kafein juga disebabkan proses esterifikasi yang memecah kompleks kafein menjadi asam klorogenat (Adrianto, R., *et al.*, 2020).

Buah-buahan yang digunakan, di samping sebagai media pertumbuhan bakteri, juga mengandung enzim yang dapat mempercepat proses pelepasan lendir pada saat fermentasi. Enzim protease diketahui dapat menghidrolisis protein menjadi asam amino (Utama, 2022). Enzim bromelin adalah salah satu enzim protease pada buah nanas, enzim ini mampu memecahkan senyawa protein dan membantu saat proses fermentasi sehingga mampu menurunkan kadar kafein pada kopi (Oktadina, *et al.*, 2013). Kopi dengan kadar kafein yang rendah akibat dari protein yang terdegradasi sehingga asam amino bebas. Selulosa dan hemiselulosa yang ada dalam kopi terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga membentuk asam organik dari pemecahan gula.



Gambar 4. 1 Diagram karakteristik fisikokimia kopi tanpa dan dengan difermentasi.

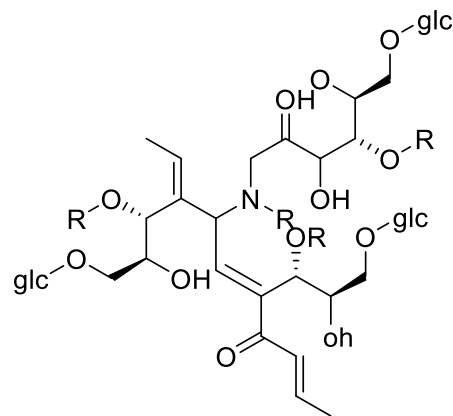
Indikator selanjutnya nilai pH dan total asam pada kopi yang tidak dan difermentasi. Hasil mengungkapkan nilai pH pada kopi tanpa fermentasi yaitu 5,7 dan setelah difermentasi menjadi 5,1-5,2. Nilai pH yang tergolong layak untuk dikonsumsi yaitu di atas 4 (Aini, *et al.*, 2021). Nilai pH yang menurun disebabkan oleh proses fermentasi yang meningkatkan asam laktat, sitrat, asetat, fumarat, dan malat (Yeager, *et al.*, 2023). Total asam yang didapat berbanding terbalik dengan pH, nilai total asam yang didapat semakin tinggi setelah difermentasi, ini sesuai dengan penelitian Sinaga, *et al.* (2021) yang menyatakan semakin tinggi total asam, semakin rendah nilai pH. Fermentasi kopi dapat menaikkan nilai total asam karena adanya pembentukan senyawa asam laktat dari proses fermentasi sehingga menaikkan nilai total asam pada kopi (Marampa & Dewi, 2016).

Hasil selanjutnya indikator pencoklatan pada absorbansi, semakin tinggi absorbansi pada panjang gelombang 420 nm maka semakin tinggi juga pencoklatan



pada kopi. Nilai yang di dapatkan dari pengujian yaitu, setelah kopi robusta difermentasi menurunkan nilai absorbansinya, ini dipengaruhi oleh degradasi dan pembentukan senyawa kimia melalui pengolahan dan pemanggangan biji kopi yang menghasilkan cita rasa pada kopi (Oliveira, *et al.*, 2022). Proses pemanggangan identik dengan terjadinya reaksi millard, dimana gula terdegradasi sehingga menghasilkan aroma, rasa dan warna (Velásquez & Banchón, 2022).

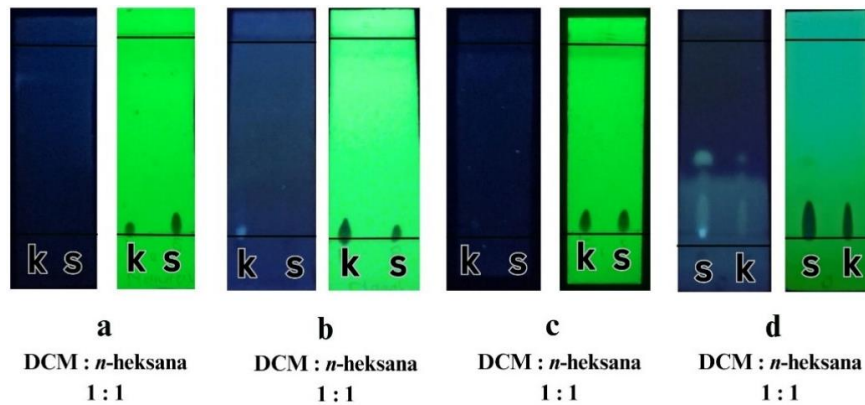
Penelitian sebelumnya telah mengungkapkan berbagai macam senyawa volatil dalam biji kopi panggang (Pereira, *et al.*, 2019). Proses pemanggangan identik dengan terjadinya reaksi maillard, dimana gula terdegradasi sehingga menghasilkan aroma, rasa dan warna (Velásquez & Banchón, 2022). Warna pada biji kopi menjadi semakin gelap karena senyawa melanoidin yang terbentuk melalui reaksi millard. Melanoidin (Gambar 4.2) adalah biopolimer berwarna coklat tua yang dihasilkan dari reaksi pencoklatan (Rani & Pal, 2013).



Gambar 4. 2 Struktur dasar senyawa melanoidin (Rani & Pal, 2013).

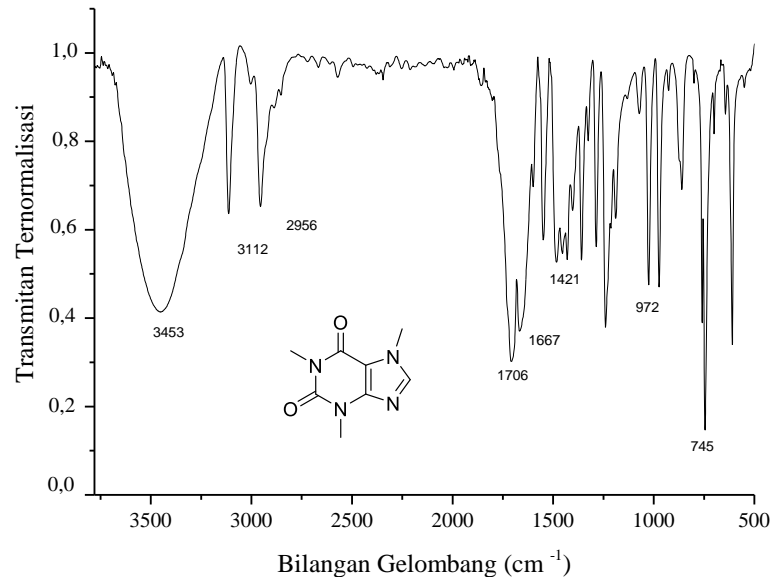
### **Karakterisasi Kafein**

Karakterisasi kafein dilakukan dengan KLT dan dilanjutkan dengan analisis FT-IR. Senyawa kafein yang didapat berbentuk bubuk kristal berwarna putih (Maylani, *et al.*, 2020) yang kemudian dianalisis menggunakan KLT 2 dimensi untuk mengetahui kemurnian kristal kafein. Hasil uji KLT ditampilkan pada gambar 4.3 dengan keterangan kafein sampel (k) dan kafein standar (s), yang bertujuan sebagai perbandingan apakah kafein yang didapatkan telah murni seperti kafein standar yang digunakan.



Gambar 4.3 KLT Kafein hasil isolasi kopi, (a) tanpa fermentasi, (b) fermentasi MOL nanas, (c) fermentasi MOL nangka, (d) fermentasi MOL jambu biji.

Hasil identifikasi senyawa kafein dengan metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT) menunjukkan kesamaan noda yang terbentuk antara kafein yang didapatkan dengan kafein standar yang digunakan. Berdasarkan uji KLT, sampel kafein dengan noda terbaik ada pada KLT kafein kopi dengan fermentasi MOL nangka. Kafein yang murni tersebut kemudian dianalisis menggunakan FT-IR untuk mengidentifikasi dan memeriksa karakteristik molekuler serta kemurnian kafein.



Gambar 4. 4 Spektrum FTIR isolat kafein

Pita serapan yang didapat dari kafein hasil isolasi (Gambar 4.4 dengan Tabel 4.2). 3750-3000  $\text{cm}^{-1}$  adalah karakteristik dari O-H dan N-H. Puncak tajam di 3000-2700  $\text{cm}^{-1}$  untuk peregangan CH asimetris dan simetris dari gugus metilen ( $-\text{CH}_2-$ ) dan gugus metil ( $-\text{CH}_3$ ). Puncak di 1900-1650  $\text{cm}^{-1}$  mengindikasikan C=O (asam, aldehyd,

keton, amida, ester, anhidrida). Puncak serapan yang kuat pada 1675-1500  $\text{cm}^{-1}$  untuk puncak C=C (aromatic dan alifatik), C=N. Puncak pada 1475-1300  $\text{cm}^{-1}$  untuk C-H bending. Semua pita tersebut melemah dan puncak baru muncul pada 1000-650  $\text{cm}^{-1}$  untuk getaran peregangan C=C-H, Ar-H bending (Berlianti, *et al.*, 2020).

Tabel 4.2 Gugus fungsi kafein

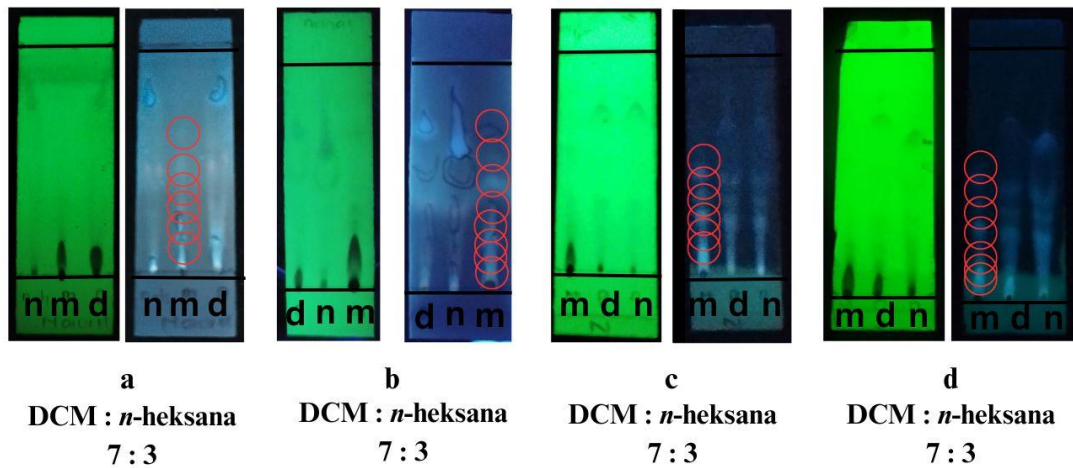
Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )		
	(1)	(2)	Hasil penelitian
O-H, N-H	3750-3000	3111	3453
-CH <sub>3</sub> -, -CH <sub>2</sub> -, C-H, C-H aldehyd	3000-2700	2953	2958-3112
C≡C, C≡N	2400-2100	-	-
C=O (asam, aldehyd, keton, amida, ester, anhidrida)	1900-1650	1703	1706
C=C (aromatic dan alifatik), C=N	1675-1500	1546	1667
C-H bending	1475-1300	1361	1421
C=C-H, Ar-H bending	1000-650	974	745-972

Sumber: (1) Berlianti, *et al.* (2020), (2) Bansode, *et al.* (2015).

Setelah melihat perbandingan spektrum FTIR antara kristal kafein yang didapat dan kristal kafein referensi, dapat dikatakan bahwasanya kafein yang didapat adalah kafein murni, karena bilangan gelombang pada setiap puncak yang didapat memiliki kesamaan seperti puncak pada dua referensi yang digunakan.

### Analisis Senyawa Rasa dan Aroma

Uji KLT yang kedua dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa rasa dan aroma pada kopi, dimana ekstrak kopi yang menggunakan *n*-heksana (n), metanol (m) dan DCM (d) sebagai pelarutnya. Fasa gerak dan fase diam pada KLT mampu mengelusidasi senyawa-senyawa yang ada pada ekstrak kopi dan mengkonfirmasi bahwa adanya pemisahan noda pada ekstrak kopi. Hasil dari uji KLT (Gambar 4.5) menandakan adanya senyawa yang berbeda beda pada setiap pemisahan noda yang terbentuk.

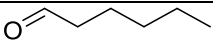

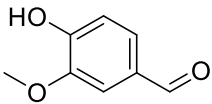


Gambar 4.5 KLT ekstrak kental kopi (a) tanpa fermentasi, (b) fermentasi MOL nanas, (c) fermentasi MOL nangka, (d) fermentasi MOL jambu biji.

Noda yang nampak pada KLT memperlihatkan bahwa adanya penambahan senyawa pada kopi yang difermentasi. Berdasarkan pelarut yang digunakan yaitu, metanol (polar), *n*-heksana (non-polar) dan DCM (semi polar) akan menentukan senyawa yang nampak pada setiap pemisahan pick noda pada KLT. Terlihat pada KLT yang dihasilkan pelarut metanol memperlihatkan paling banyak senyawa yang bersifat polar pada kopi robusta yang tidak difermentasi maupun yang difermentasi. Dalam kondisi tertentu, polaritas suatu senyawa dapat berbeda, dan beberapa senyawa yang dianggap polar dalam kondisi tertentu dapat menjadi semi-polar atau bahkan non polar dalam kondisi lain. Senyawa pada kopi juga banyak dipengaruhi oleh pemanggangan, di antaranya mengandung berbagai jenis golongan senyawa volatil, seperti aldehid, asam, furan, alkohol, pyridina, pirol, keton, pirazin, fenol.

Senyawa melanolin memiliki peran penting dalam pengikatan rasa pada kopi. melanolin memiliki potensi untuk mengikat senyawa seperti tiol aktif rasa, seperti 2-furfurylthiol (FFT), 3-metil-2-butena-1-tiol, dan 3-mercapto-3-metilbutil format, telah dilaporkan. Pembentukan melanolin menggantikan hilangnya asam klorogenat dan ikut serta dalam aktivitas antioksidan kopi *dark roast* (Wang & Lim, 2015).

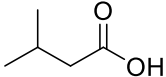
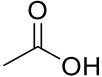
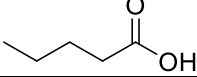
Senyawa golongan Aldehida dan aroma dalam biji kopi setelah dipanggang

Golongan	Senyawa	Aroma	Struktur
Aldehida	Hexanal	<i>Grassy, green, oily</i>	
	Asetaldehida	<i>Fruity</i>	
	Vanillin	<i>Sweet, spicy</i>	

(Wang, *et al.*, 2022).

Komponen aroma golongan Aldehida (Tabel 4.3) yang paling umum teridentifikasi dalam kopi salah satunya adalah 3-methylbutanal. Golongan aldehida menyebabkan aroma karamel, buah, dan *almond* yang dominan pada kopi robusta. (Hanasasmita, 2018). Golongan senyawa aldehida bersifat polar karena memiliki gugus fungsional karbonil yang menghasilkan ikatan kovalen polar.

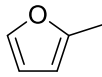
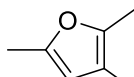
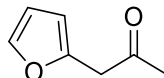
Senyawa golongan Asam dan aroma dalam biji kopi setelah dipanggang

Golongan	Senyawa	Aroma	Struktur
Asam	Asam Isopentanoat	<i>Cheesy, acidic</i>	
	Asam asetat	<i>Acidic</i>	
	Asam 4-Metilbutanoat	<i>Sweet, acidic</i>	

(Wang, *et al.*, 2022).

Golongan Asam (Tabel 4.4) memunculkan aroma vinegar dan *acetic*. Keberadaan asam asetat meningkat di tingkat medium selama proses sangrai dan berkurang ketika proses berlanjut hingga tingkat dark (Hanasasmita, 2018). Gugus fungsional dalam senyawa asam, seperti gugus karboksilat (-COOH), kebanyakan senyawa-senyawa ini cenderung bersifat polar.

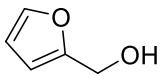
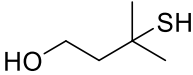
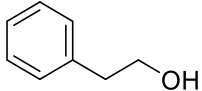
Senyawa golongan Furan dan aroma dalam biji kopi setelah dipanggang

Golongan	Senyawa	Aroma	Struktur
Furan	2-Metilfuran	<i>Ethereal</i>	
	2,3,5-Trimetilfuran	<i>Coffee</i>	
	1-(2-Furil)-2-propanon	<i>Pleasant</i>	

(Wang, *et al.*, 2022).

Keberadaan golongan Furan (Tabel 4.5) menimbulkan aroma yang mirip dengan *cocoa, roasted, dan earthy*. Senyawa furan dihasilkan dari proses termal yang memecah karbohidrat, asam askorbat, dan asam lemak tidak jenuh (Hanasasmita, 2018). Furan adalah salah satu jenis senyawa polar secara kimia, alasannya adalah bahwa atom oksigen dalam cincin furan memiliki elektronegativitas yang tinggi dan dapat menarik elektron lebih kuat daripada atom karbon. Akibatnya, atom oksigen dan karbon memiliki muatan parsial negatif dan muatan parsial positif. Ini adalah faktor yang membuat senyawa ini polar.

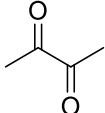
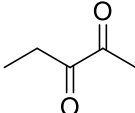
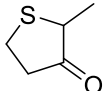
Senyawa golongan Alkohol dan aroma dalam biji kopi setelah dipanggang

Golongan	Senyawa	Aroma	Struktur
Alkohol	Alkohol Furfuril	<i>Sweet, bread-like</i>	
	3-Merkapto-3-metilbutanol	<i>Hazelnut, roasted</i>	
	Alkohol 2-Feniletanol	<i>Floral, honey</i>	

(Wang, *et al.*, 2022).

Golongan Alkohol (Tabel 4.6) memunculkan aroma seperti *floral, burnt, dan karamel* (Hanasasmita, 2018). Alkohol memiliki gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon dalam rantai hidrokarbon. Gugus hidroksil adalah gugus fungsional yang memiliki polaritas tinggi karena atom oksigen memiliki elektronegativitas yang tinggi dibandingkan dengan atom karbon dan hidrogen.

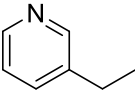

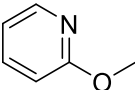
Senyawa golongan Keton dan aroma dalam biji kopi setelah dipanggang

Golongan	Senyawa	Aroma	Struktur
Keton	2,3-Butandiona	<i>Creamy, buttery</i>	
	2,3-Pentandiona	<i>Buttery, caramelli c</i>	
	2-Metiltetrahidrotiofen-3-on	<i>Sulfurous, berry</i>	

(Wang, *et al.*, 2022).

Keberadaan senyawa golongan Keton (Tabel 4.7) menimbulkan aroma *fruity, cheesy, dan fatty*. Salah satu komponen golongan keton yang teridentifikasi adalah 2,3-Butandiona, yang memiliki persepsi aroma *Creamy, buttery*. (Hanasasmita, 2018). Senyawa keton memiliki gugus fungsional karbonil (C=O) yang dimana menyebabkan ikatan kovalen polar, karena itu keton cenderung bersifat polar.


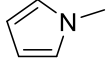
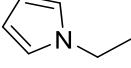
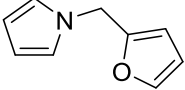
Senyawa golongan Pyridina dan aroma dalam biji kopi setelah dipanggang

Golongan	Senyawa	Aroma	Struktur
Pyridina	3-Etilpiridina	<i>Caramel, roasted</i>	
	Pyridina	<i>Sour, fishy</i>	
	2-Metoksipiridina	<i>Green, fermented, tea</i>	

(Wang, *et al.*, 2022).

Persepsi aroma yang muncul dengan keberadaan Pyridina (Tabel 4.8) ialah *sour, smoky, dan warm*. Komponen Pyridina adalah salah satu komponen Pyridina yang teridentifikasi yang sering ditemukan pada kopi (Hanasasmita, 2018). Pyridina adalah senyawa polar, alasannya adalah karena atom nitrogen dalam cincin Pyridina memiliki elektronegativitas yang tinggi, sehingga mereka dapat menarik elektron dengan lebih kuat daripada atom karbon di sekitarnya.

Senyawa golongan Pirrol dan aroma dalam biji kopi setelah dipanggang

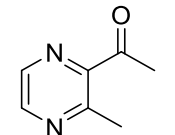
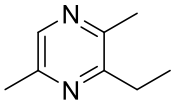
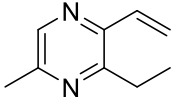
Golongan	Senyawa	Aroma	Struktur
Pirrol	Pirrol	<i>Warm, slightly pungent</i>	
	1-Metilpirrol	<i>Beany, smoky</i>	
	1-Etilpirrol	<i>Burnt</i>	
	1-Furfurilpirrol	<i>Vegetable</i>	

(Wang, *et al.*, 2022).

Komponen Pirrol (Tabel 4.9) yang teridentifikasi memiliki aroma hijau. Salah satu komponen Pirrol ini sering ditemukan pada kopi, yaitu 1-Metilpirrol (Hanasasmita, 2018). Secara kimia, Pirrol adalah senyawa polar. Ini disebabkan oleh adanya atom nitrogen dalam struktur Pirrol yang memiliki elektron bebas. Atom nitrogen lebih

elektronegatif daripada karbon dan hidrogen, sehingga menarik elektron lebih kuat, menyebabkan perbedaan elektronegativitas antara atom-atom tersebut. Sebagai hasilnya, ada distribusi asimetris elektron dalam molekul Pirrol, membuatnya bersifat polar.

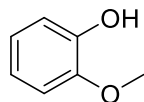
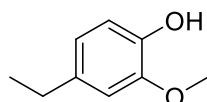
Senyawa golongan Pirazin dan aroma dalam biji kopi setelah dipanggang

Golongan	Senyawa	Aroma	Struktur
Pirazin	2-Asetil-3-metilpirazin	<i>Roasted potatoes, nutty</i>	
	2,5-Dimetil-3-etilpirazin	<i>Nutty, potato</i>	
	2-Etenil-3-etil-5-metilpirazin	<i>Earthy, nutty</i>	

(Wang, *et al.*, 2022).

Golongan Pirazin (Tabel 4.10) yang teridentifikasi termasuk komponen yang sering ditemukan di kopi adalah, 2,5-dimetilpirazin. Aroma dominan golongan pirazin pada kopi robusta adalah *roasted nut, nutty, dan earthy*. Reaksi Maillard melibatkan kandungan gula pereduksi dan asam amino serta pirolisis beberapa asam amino untuk membentuk bagian pirazin. Struktu pirazin memiliki gugus fungsional yaitu nitrogen-nitrogen (N=N) dan ikatan ini menghasilkan polaritas pada senyawa pirazin (Hanasasmita, 2018). Pirazin dapat dianggap sebagai senyawa yang cukup polar secara kimia. Polaritas pirazin berasal dari elektronegativitas tinggi dua atom nitrogen dalam cincinnya. Atom nitrogen cenderung menarik elektron lebih kuat daripada atom karbon di sekitarnya, yang menghasilkan muatan parsial negatif pada atom nitrogen dan muatan parsial positif pada atom karbon.

Senyawa golongan Fenol dan aroma dalam biji kopi setelah dipanggang

Golongan	Senyawa	Aroma	Struktur
Fenol	Guaiakol	<i>Earthy, burnt</i>	
	4-Etilguaiakol	<i>Sweet</i>	

(Wang, *et al.*, 2022).



Keberadaan golongan Fenol (Tabel 4.11) menyebabkan aroma *smoky dan woody* yang mendominasi kopi robusta. Senyawa fenol identik dengan gugus hidroksil (OH) yang memiliki karakteristik polar (Hanasasmita, 2018). Fenol adalah senyawa yang umumnya bersifat polar. Fenol memiliki gugus hidroksil (-OH) yang melekat pada cincin aromatik, dan gugus ini mengandung atom oksigen yang sangat elektronegatif. Kehadiran atom oksigen dalam gugus hidroksil menyebabkan fenol bersifat polar. Meskipun fenol secara umum bersifat polar, polaritasnya mungkin bervariasi tergantung pada lingkungan kimia dan substituen lain yang melekat pada cincin aromatik fenol. Beberapa substituen tertentu, seperti gugus alkil tertentu, dapat mengurangi polaritas molekul fenol.

## KESIMPULAN

Kopi robusta yang tumbuh di desa Sajang, baik yang difermentasi dan yang tidak, menunjukkan adanya perbedaan pada setiap parameter. Kadar kafein, nilai pH, derajat pencoklatan menurun setelah difermentasi dan berbanding terbalik dengan total asam. Hal ini menunjukkan bahwasanya mikroorganisme pada MOL buah bekerja ketika kopi difermentasi dan memperbaiki mutu kopi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, R., (2021). Kajian Fermentasi Kopi Robusta Lampung (*Coffea Canephora*) dengan Variasi Mikroba, Waktu Fermentasi Terhadap Flavor dan Citarasa Kopi, Skripsi, Magister Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Aini, A. F., Manfaati, S. R., Hariyadi, T., & Kunci, K. (2021). Pengaruh Pengupasan dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Kafein , Nilai pH , dan Kadar Etanol Biji Kopi Arabika Hasil Fermentasi. 4-5.
- Afriliana, A., & Harada, H. (2018). Fermented Technology of Robusta Coffee Beans (*Canephora Coffea*) with Kefir Milk to Produce Specialty Coffee, *Advances in Engineering Research*, 172: 302-309.
- Afriliana, A., Dian, P., Giyarto., Maria, B., Hiroyuki, H., Mitoma, Y., & Masuda, T. (2019). Volatile Compounds Changes in Unfermented Robusta Coffee by Re-Fermentation using Commercial Kefir. *Nutrition & Food Science International Journal*, 8(4).
- Aprilia, F. R., Ayuliansari, Y., Putri, T., Azis, M. Y., Camelina, W. D., & Putra, M. R. (2018). Analisis Kandungan Kafein dalam Kopi Tradisional Gayo dan Kopi Lombok Menggunakan HPLC dan Spektrofotometri Uv/Vis. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 16(2): 40.
- Badger, P. (2002). Ethanol from Cellulose: A general review. *Trends in New Crops and New Uses*, 17-

- Baskara, Z. W., Harsyiah, L., Nyoman, D., Paramartha, A., & Dinanta, Q. (2022). Factor Analysis for Mapping Characteristics in Robusta Coffee Decaffeination Experiments. 5(1).
- Bansode, P. A. S., Khandagale, H. S. Salunkhe, R.C.Swami, A .S. Chavan, & S. V. Kharat. (2015). Isolation and Characterization of Caffeine from Waste Tea. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 4(4): 585–590.
- Berlianti, E. (2020). Analisis Sidik Jari FT-IR untuk Mendeteksi Adulteran Kopi Robusta pada Sediaan Kopi Arabika Toraja, Skripsi, Universitas Bhakti Kencana Fakultas Farmasi Program Strata I Farmasi Bandung.
- Błaszkiwicz, J., Nowakowska-Bogdan, E., Barabosz, K., Kulesza, R., Dresler, E., Woszczyński, P., Biłos, Ł., Matuszek, D. B., & Szkutnik, K. (2023). Effect of Green and Roasted Coffee Storage Conditions on Selected Characteristic Quality Parameters. *Scientific Reports*, 13(1): 6447.
- Budi, D., Mushollaeni, W., Yusianto, Y., & Rahmawati, A. (2020). Karakterisasi Kopi Bubuk Robusta (*Coffea Canephora*) Tulungrejo Terfermentasi dengan Ragi *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Agroindustri*, 10(2): 129–138.
- Oliveira, E. C. D. S., Da Luz, J. M. R., De Castro, M. G., Filgueiras, P. R., Guarçoni, R. C., De Castro, E. V. R., Da Silva, M. De C. S., & Pereira, L. L. (2022). Chemical and Sensory Discrimination of Coffee: Impacts of The Planting Altitude and Fermentation. *European Food Research and Technology*, 248(3): 659–669.
- Chowdhury, F. A., Azizur Raman, M., & Jabbar Mian, A. (1997). Distribution of Free Sugars and Fatty Acids in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). *Food Chemistry*, 60(1): 25–28.
- Cordoba, N., Pataquiva, L., Osorio, C., Moreno, F. L. M., & Ruiz, R. Y. (2019). Effect Of Grinding, Extraction Time and Type of Coffee on The Physicochemical and Flavour Characteristics of Cold Brew Coffee. *Scientific Reports*, 9(1): 1–12.
- Dirga, D. M., (2023). Inovasi Produk Kopi Robusta Wine Sebagai Daya Tarik Wista, Studi Kasus di Desa Wistata Senaru, Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Utara. *Open Journal Systems*, 17(7):1465-1486.
- Fadri, R. A., Roza, I., Tazar, N., & Fajri, P. Y. (2022). Phytochemical Screening and Antioxidant Test of Arabika Roasted Coffee Bean Extract (*Coffea arabica* L.) from Agam Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1097(1).
- Hanasasmita, N., (2018). Profiling Komponen Aroma Kopi (Arabika dan Robusta) UB Forest dengan Aplikasi Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS).
- Junior, B. D., Carvalho Guarçoni, R., de Cássia Soares da Silva, M., Gomes Reis Veloso, T., Catarina Megumi Kasuya, M., Catarina da Silva Oliveira, E., Maria Rodrigues da Luz, J., Rizzo Moreira, T., Grancieri Debona, D., & Louzada Pereira, L. (2021). Microbial Fermentation Affects Sensorial, Chemical, and Microbial Profile of Coffee Under Carbonic Maceration. *Food Chemistry*, 342: 128296.
- Kim, Y. S., Uefuji, H., Ogita, S., & Sano, H. (2006). Transgenic Tobacco Plants Producing Caffeine: A Potential New Strategy for Insect Pest Control. *Transgenic Research*, 15(6): 667–672.
- Kuncoro, S., Sutiarsa, L., Nugroho, J., & Masithoh, R. E. (2018). Kinetika Reaksi Penurunan Kafein dan Asam Klorogenat Biji Kopi Robusta melalui Pengukusan Sistem Tertutup. *Agritech*, 38(1): 105–111.
- Kurang, R. Y., & Kamengon, R. Y. (2021). Phytochemical and Antioxidant Activities of Robusta Coffee Leaves Extracts from Alor Island, East Nusa Tenggara. *AIP Conference Proceedings*, 2349.

- Lee, L. W., Tay, G. Y., Cheong, M. W., Curran, P., Yu, B., & Liu, S. Q. (2017). Modulation of The Volatile and non-Volatile Profiles of Coffee Fermented with *Yarrowia Lipolytica*: II. Roasted coffee. *Food Science and Technology* 80: 32–42.
- Lutfiah, L. (2018). Analisis Kandungan Senyawa Volatil, Kadar Lipid, dan Nitrogen Total dalam Kopi Robusta Olah Basah., Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Marampa, E. M., & Dewi, L. (2016). Kajian Penggunaan Kopi Toraja Sebagai Media Fermentasi Kombucha. Seminar Nasional Pendidikan dan Sainstek Fakultas Biologi Universitas Kristen SatyaWacana Salatiga, 7: 397-403.
- Maylani, A. I., Nurfauziah, A., Ainun, N., & Ariesta, A. H. (2020). Review Jurnal: Isolasi dan Identifikasi Kafein dari Kopi dengan Instrumen Spektrofotometer UV-Vis dan FTIR. *Prodi Farmasi Stikes Bhamada Slawi*, 1–10.
- Martins, P. M. M., Batista, N. N., Miguel, M. G. da C. P., Simão, J. B. P., Soares, J. R., & Schwan, R. F. (2020). Coffee Growing Altitude Influences The Microbiota, Chemical Compounds and The Quality Of Fermented Coffees. *Journal Pre-proofs*. 129, 108872.
- Maicas, S. (2020). The Role of Yeasts in Fermentation Processes. *Microorganisms*, 8(8), 1–8.
- Mohd Ali, M., Hashim, N., Abd Aziz, S., & Lasekan, O. (2020). Pineapple (*Ananas comosus*): A Comprehensive Review of Nutritional Values, Volatile Compounds, Health Benefits, and Potential Food Products. *Food Research International*, 137(September), 109675.
- Mulyoto, S. T. P. A., (2020). Produksi Kafein Non Sintetik dengan Penambahan L-Metionin Melalui Teknologi Kultur Jaringan Kalus Kopi Robusta *Coffea Canephora* L. Asal Toraja.
- Oktadina, F. D., Argo, B. D., & Hermanto, M. B. (2013). Pemanfaatan Nanas (*Ananas Comosus* L. Merr) untuk Penurunan Kadar Kafein dan Perbaikan Citarasa Kopi (*Coffea* Sp) dalam Pembuatan Kopi Bubuk. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(3), 265–273.
- Ramadhan, R. L., Maligan, J. M., & Prihatiningtyas, R. (2022). Karakteristik Sensoris Wine Coffee dan Natural Coffee Arabika Ampelgading. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 10(4): 235–239.
- Paramartha, D, N, A., Zainuri., Yeni, S., Rucitra, W., Rini, N., (2022). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Dalam Sari Labu Siam (*Sechium edule*) Terhadap Dekafeinasi Kopi Robusta. 4, 23–24.
- Pereira D, M, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Magalhães Júnior, A. I., Vásquez, Z. S., Medeiros, A. B. P., Vandenberghe, L. P. S., & Soccol, C. R. (2019). Exploring The Impacts of Postharvest Processing on The Aroma Formation of Coffee Beans – A review. *Food Chemistry*, 272: 441–452.
- Peter, D., Neto, D. C., Vinsayacius, G., Tanobe, V. O. A., Soccol, V. T., José, B., Rodriguez, C., & Soccol, R. (2017). Fermentasi Keanekaragaman Ragi dan Karakteristik Fisikokimia Terkait dengan Fermentasi Biji Kopi dari Wilayah Pertambangan Cerrado Brasil. 1–11.
- Prakash, I., Shankar, S. R., Sneha, H. P., Kumar, P., Om, H., Basavaraj, K., & Murthy, P. S. (2022). Metabolomics and Volatile Fingerprint of Yeast Fermented Robusta Coffee: A value added coffee. 154: 112717.
- Rani, A., & Pal, N. (2013). Biodegradation of Melanoidin from Distillery Effluent: Role of Microbes and Their Potential Enzymes. *Biodegradation of Hazardous and Special Products*.
- Rao, N. Z., Fuller, M., & Grim, M. D. (2020). Physiochemical Characteristics Of Hot And Cold Brew Coffee Chemistry: The effects of roast level and brewing temperature on compound extraction. 9(7): 1–12.
- Roeswitawati, D., Fitri, S., & Sukorini, H. (2018). Respon Varietas Sawi (*Brassica sinensis*) terhadap

- Bahan Mikroorganisme Lokal (MOL): Bonggol Pisang , Limbah Buah dan Limbah Sayur. 2(1): 40–48.
- Sabarni, S., & Nurhayati, N. (2019). Analisis Kadar Kafein dalam Minuman Kopi Khop Aceh dengan Metode Spektroskopik. *Lantanida Journal*, 6(2): 141.
- Salsabila, U., Mardiana, D., & Indahyanti, D. E. (2013). Kinetika Reaksi Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Pati Biji Durian menjadi Etanol. *Universitas Brawijaya Malang*, 2(1): 331–337.
- Saripah, Aini, A. F., Manfaati, R., & Hariyadi, T. (2021). Pengaruh Suhu Lingkungan dan Waktu Fermentasi Biji Kopi Arabika Terhadap Kadar Kafein, Etanol, dan pH. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 4–5.
- Sinaga, H. L. R., Bastian, F., & Syarifuddin, A. (2021). Effect of Decaffeination and Re-Fermentation on Level of Caffeine, Chlorogenic Acid and Total Acid in Green Bean Robusta Coffee. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(2).
- Swami, S. B., & Kalse, S. B. (2019). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*): Biodiversity, Nutritional Contents, and Health. *Reference Series in Phytochemistry*, 2237–2259.
- Usman, D., Supriyadi, A., & Kusdiyantini, E. (2015). Fermentasi Kopi Robusta (*Coffea Canephora*) Menggunakan Isolat Bakteri Asam Laktat dari Feces Luwak dengan Perlakuan Lama Waktu Inkubasi. 4(3): 31-40.
- Utama, Q. D., Zainuri., Dewa N., Adi, P., Rucitra, W., dan Nurul, A., (2022). Dekafeinasi Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Lombok Menggunakan Sari Labu Siam (*Sechium edule*). 8(1): 2003–2005.
- Várady, M., Tauchen, J., Fraňková, A., Klouček, P., & Popelka, P. (2022). Effect of Method of Processing Specialty Coffee Beans (Natural, Washed, Honey, Fermentation, Maceration) on Bioactive and Volatile Compounds. *Lwt - Food Science and Technology*, 172: 114245.
- Velásquez, S., & Banchón, C. (2022). Influence of Pre-and Post-Harvest Factors on The Organoleptic and Physicochemical Quality Of Coffee: a short review. *Journal of Food Science and Technology*, 60(10): 2526–2538.
- Wang, Xiaoyuan, Wang, Y., Hu, G., Hong, D., Guo, T., Li, J., Li, Z., & Qiu, M. (2022). Review on Factors Affecting Coffee Volatiles: From Seed to Cup. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(4): 1341–1352.
- Wang, Xiuju, & Lim, L. T. (2015). Physicochemical Characteristics of Roasted Coffee. *Coffee in Health and Disease Prevention*, 247–254.
- Wang, Y., Wang, X., Hu, G., Al-Romaima, A., Peng, X., Li, J., Bai, X., Li, Z., & Qiu, M. (2023). Anaerobic Germination of Green Coffee Beans: A Novel Strategy to Improve The Quality of Commercial Arabica Coffee. *Current Research in Food Science*, 6: 100461.
- Widianingrum, D., Imanudin, O., & Kholik, A. (2021). Aplikasi Pemanfaatan Limbah Jambu Biji Menjadi Mol Sebagai Bioaktivator Pengolahan Sampah Organik di Desa Panyingkiran. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(4): 982–988.
- Wijaya, D. A., & Yuwono, S. S. (2015). Pengaruh Lama Pengukusan dan Konsentrasi Etil Asetat Terhadap Karakteristik Kopi pada proses Dekafeinasi Kopi Robusta. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(4): 1560–1566.
- Wilantari, P. D. (2018). Isolasi Kafein dengan Metode Sublimasi dari Fraksi Etil Asetat Serbuk Daun *Camelia Sinensis*. *Jurnal Farmasi Udayana*, 8(1): 53, 2622-4607.
- Wu, H., Viejo, C. G., Fuentes, S., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2023). The Impact of Wet Fermentation on Coffee Quality Traits and Volatile Compounds Using Digital Technologies. 1–19.

