

Studi Karakteristik Fisikokimia Biji Kopi (*Coffea*) Lombok

Rahmat Eriyandi Hidayat^[1], Maria Ulfa^[2], Sudirman^{[3]*}

^{[1], [2], [3]} Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam, Universitas Mataram

^[3] sudirman28@unram.ac.id

KATA KUNCI:

Fisikokimia, Kopi, Ketinggian, Maillard, Lombok

ABSTRAK

Kopi memiliki nilai kafein, pH, total asam, senyawa volatil dan derajat pencoklatan yang berbeda-beda berdasarkan ketinggian, atau keunikan tempat di mana kopi tumbuh. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik fisikokimia biji kopi Lombok yang tumbuh di tiga tempat dengan ketinggian berbeda, yaitu Sembalun, Senaru, dan Karang Sidemen. Karakteristik fisikokimia meliputi kadar kafein yang dinyatakan dalam mg kafein 1 g biji kopi, pH, total asam, dan derajat pencoklatan yang diukur pada panjang gelombang maksimum (420 nm). Parameter kualitatif terkait dengan senyawa volatil dianalisis menggunakan GC-MS. Berdasarkan hasil analisis, senyawa volatil khas dengan nilai luas area yang tinggi adalah yaitu 2,3-dimetil benzofuran, 1,2,3,4 tetrahidro-5-metil naftalena (Sembalun), 2,2 dikloroasetat (Karang Sidemen) dan 5-metil, 2-furan karboksaldehida, 2-H-piran, tetrahidro (Senaru). Nilai total asam nilai berbanding lurus dengan ketinggian tempat tumbuh kopi yaitu 1,82 mg/g di Sembalun, Senaru 0,63 mg/g dan 0,59 mg/g Karang Sidemen. Besarnya kadar kafein tidak sebanding dengan ketinggian yaitu Senaru 9,04 mg/g, Karang Sidemen 2,63 mg/g dan Sembalun 7,48 mg/g. Derajat pencoklatan yang kontras terlihat pada kopi Sembalun yaitu 3,04 (a.u) diikuti kopi Senaru dan Karang Sidemen memperlihatkan nilai yang hampir sama (2,161 dan 2,191 a.u).

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan yang banyak dikonsumsi masyarakat secara luas termasuk di Indonesia yang sekaligus sebagai salah satu negara penghasil kopi terbesar ketiga di dunia. Hal tersebut dapat dilihat dari peningkatan konsumsi kopi di Indonesia secara keseluruhan. Berdasarkan data dari International Coffee Organization (2018), konsumsi kopi di dalam negeri mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya sebesar 2,21 %. Salah satu daerah penghasil kopi di Indonesia adalah Lombok. Dilansir dari laman NTB satu data, produksi kopi Lombok dari tahun 2019-2021 mengalami kenaikan sebesar 12 % (Dinas Pertanian dan Perkebunan, 2022). Meski demikian tidak semua jenis kopi yang dikonsumsi masyarakat ditunjang dengan informasi pendukung terkait karakteristik fisikokimianya. Hal ini penting untuk dilakukan mengingat efek samping yang dapat ditimbulkan setelah minum kopi (Willson, 2018), (Ozaplans dan Ozer, 2017).

Berbagai penelitian sebelumnya mengungkapkan terdapat beberapa karakteristik fisikokimia yang penting terkait dengan produk kopi yaitu kadar kafein, pH dan total asam, derajat pencoklatan dan kandungan senyawa volatil. Berdasarkan hasil penelitian Artanti, et al. (2016), kandungan kafein pada biji kopi yang ditanam pada ketinggian 200-600 mdpl sebesar 55,93 mg/g, sedangkan kopi yang tumbuh pada ketinggian 600-1.000 mdpl memiliki kadar kafein sebesar 18,51 mg/g. Crismaaji (2018) menyatakan bahwa sampel kopi yang di peroleh dari perkebunan yang berlokasi di daerah Kaliadem, Yogyakarta dengan ketinggian sekitar 700 mdpl memiliki kadar kafein sebesar 23,45 mg/g. Penelitian lain yang mengkaji tentang kopi yang bersal dari Toraja (~1400 mdpl) menunjukan kadar kafein sebesar

12,21 mg/g (Latunra, et al., 2021). Aprilia, et al. (2018) juga memaparkan nilai kafein yang diperoleh dengan metode spektrofotometer UV-Vis untuk kopi Gayo Aceh sebesar 9,7 mg/g dan kopi Lombok sebesar 14,24 mg/m. berdasarkan paparan hasil penelitian tersebut, belum terlihat jelas tren yang menunjukkan pengaruh ketinggian lokasi tumbuh terhadap kadar kafein pada kopi.

Karakteristik fisikokimia terkait pH dan total asam juga dianggap menjadi salah satu karakteristik kopi yang penting. Cordoba, et al. (2019) yang mengkaji jenis kopi arabika yang berasal dari Kolombia memaparkan nilai pH dari kopi berada pada 4,9-5,63 dengan nilai total asam untuk kopi yang diseduh dengan teknik panas berkisar 0,37-2,0 mg/g. Penelitian lain yang dilakukan oleh Fuller dan Rao, (2017) pada sampel kopi Hawaii memaparkan kopi yang dipanggang pada temperatur 215-225 oC memberikan nilai pH berkisar 5,35-5,61. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Leonel dan Philipe, (2016) yang mengkaji pengaruh ketinggian, tingkat keteduhan dan kesuburan tanaman kopi terhadap nilai pH menunjukkan semakin tinggi lokasi tumbuh (630-1293 mdpl), semakin tinggi nilai keteduhan (46-67 %) dan tingkat kesuburan (5-22) memberikan rentang pH 5,83-3,98. Berdasarkan paparan penelitian ini, nilai pH dan total asam memperlihatkan tren yang cukup teratur di mana semakin tinggi lokasi tumbuhnya kopi semakin rendah pula nilai pH-nya.

Kandungan kimia selain kafein, pH dan total asam yang penting dalam kopi adalah derajat pencoklatan dan senyawa volatil. Pada kopi arabika, senyawa pembentuk cita rasa adalah sotolon, abhexon dan furaneol. Senyawa pembentuk rasa pada kopi robusta adalah 3,2-dimetil-2-etilpirazin, 2,3-dietil-5-metilpirazin, dan 4-etilguaicol. Senyawa prekursor yang sudah ada secara alami pada biji kopi yakni trigonelin, asam klorogenat dan lipid. Sementara senyawa prekursor lainnya yakni gula reduksi dan asam organik terbentuk pada proses fermentasi (Wang, et al., 2011). Meski demikian, penelitian tentang profil kopi yang sudah dilakukan masih spesifik terhadap jenis kopi yang berasal dari lokasi tertentu saja yang mengindikasikan adanya keunikan untuk setiap kopi yang tumbuh di lokasi yang berbeda pula.

Karakteristik fisikokimia dalam produk kopi dapat berbeda-beda yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satunya adalah ketinggian lokasi tumbuh. Faktor lingkungan seperti ketinggian, suhu, kelembaban, dan pH dapat menyebabkan perbedaan cara tanaman beradaptasi sehingga dapat mempengaruhi morfologi dan kadar metabolit primer dan sekunder pada tanaman walaupun masih dalam satu spesies yang sama (Yang, et al., 2018). Ketinggian dari masing-masing tempat pengambilan sampel yang berbeda secara tidak langsung mempengaruhi kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan dan paparan sinar matahari (Liu, et al., 2016). Penelitian yang dilakukan Heeger, et al. (2017) pada sampel kopi yang tumbuh di Kongo, Salvador, dan Honduras melaporkan bahwa terdapat perbedaan serupa pada metabolit sekunder akibat pengaruh dari perbedaan lokasi tumbuh.

Berdasarkan uraian di atas, studi karakteristik fisikokimia biji kopi Lombok telah dilakukan dengan memperhatikan faktor tempat tumbuh. Sampel buah kopi diambil di 3 (tiga) lokasi yang berbeda yaitu desa Sembalun (1100 mdpl) yang berada di kabupaten Lombok Timur, Senaru (749 mdpl) yang berada di kabupaten Lombok Utara, dan Karang Sidemen (505 mdpl) yang berada di kabupaten Lombok Tengah. Karakterisasi kopi yang dianalisis adalah kadar kafein, kandungan senyawa volatil, derajat pencoklatan (millard reaction), pH, dan total asam (TA) menggunakan fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) dan UV-Vis.

2. METODE PENELITIAN

Prosedur Kerja

1. Preparasi Sampel

Buah kopi diambil di tiga (3) lokasi yang berbeda ketinggian yaitu desa Sembalun-Lombok Timur (1100 mdpl), Senaru-Lombok Utara (749 mdpl), dan Karang Sidemen-Lombok Tengah (505 mdpl). Sampel buah kopi yang digunakan adalah yang matang (berwarna merah), dan tidak terserang hama. Buah kopi dicuci dengan air mengalir dan ditiriskan serta dikering anginkan hingga 7 hari

(kering). Kulit dan bijinya lalu dipisahkan. Biji kopi dipanggang dan dihaluskan hingga diperoleh bubuk kopi.

2. Ekstrak Kopi

Pembuatan ekstrak kopi dengan cara panas dan dingin dilakukan berdasarkan penelitian Sabarni dan Nurhayati (2019) yang dimodifikasi. Bubuk kopi (50 g) dan Na_2CO_3 (10 g) dilarutkan dengan aquades (50 mL) serta dipanaskan pada suhu (90 oC, 20 menit). Campuran disaring dengan corong Buchner dan filtrat diperoleh digunakan untuk tahap selanjutnya. Cara dingin dilakukan dengan maserasi bubuk kopi (50 g) menggunakan tiga jenis pelarut metanol, DCM, dan n-heksan (100 mL) selama 3x24 jam. Maserat yang diperoleh dipekatkan dengan rotary evaporator dan dimonitoring dengan (KLT). Filtrat yang didapatkan siap digunakan pada proses selanjutnya.

3. Isolasi Kafein

Metode isolasi kafein merujuk pada penelitian Sabarni dan Nurhayati (2019). Filtrat yang diperoleh diekstraksi cair-cair dengan DCM (10 mL) dan diulangi sebanyak tiga kali. Lapisan bawah (lapisan organik) yang diperoleh kemudian diuapkan dengan rotary evaporator. Ekstrak kental yang diperoleh ditambahkan aseton. Filtrat diuapkan pada suhu 56 oC secara hati-hati, dan di diamkan hingga terbentuk kristal kafein berwarna putih. Kristal kafein yang diperoleh dimonitoring dengan kromatografi lapis tipis (KLT) untuk konfirmasi kemurnian kafein serta dihitung rendemennya berdasarkan persamaan 1.

4. Analisis pH, Total Asam dan Reaksi Maillard

Metode analisis pH, total asam dan reaksi pencoklatan merujuk pada penelitian Cordoba, et al. (2019) dan Rao, et al. (2020). Ekstrak kopi (50 mL) dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 mol/L sampai pH 6,5, hasil dalam milligram TA per gram kopi. Selanjutnya reaksi kecoklatan bubuk kopi yang diencerkan 1:20 (v:v) dengan aquades panas (90 oC) sambil diaduk sampai homogen kemudian disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh selanjutnya diuji menggunakan UV-Vis dengan panjang gelombang 420 nm. Hasil yang diperoleh dibuat dalam satuan milligram TA per gram kopi dan diukur massa TA berdasarkan persamaan 2.

5. Karakterisasi Ekstrak dan Kafein

Karakterisasi meliputi konfirmasi gugus fungsi yang terdapat pada kafein menggunakan instrumen spektrofotometer FTIR, kemudian GCMS digunakan untuk karakterisasi ekstraksi senyawa volatil komponen kimianya Sedangkan uji derajat kecoklatan menggunakan alat Uv-Vis (Thermo Scientific).

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:

$$(R)=((m1))/((m0)) \times 100\% \quad (1)$$

Ket:

R = Rendemen (%)

m0 = Massa sampel (g)

m1 = Massa kafein (g)

$$(TA)=((V \times M) \times Mr \text{ NaOH})/((m3)) \times 100\% \quad (2)$$

Ket:

V = Volume titrasi (mL)

M = molaritas NaOH

Mr = Mr NaOH

m3 = Massa sampel (g)

3. PEMBAHASAN

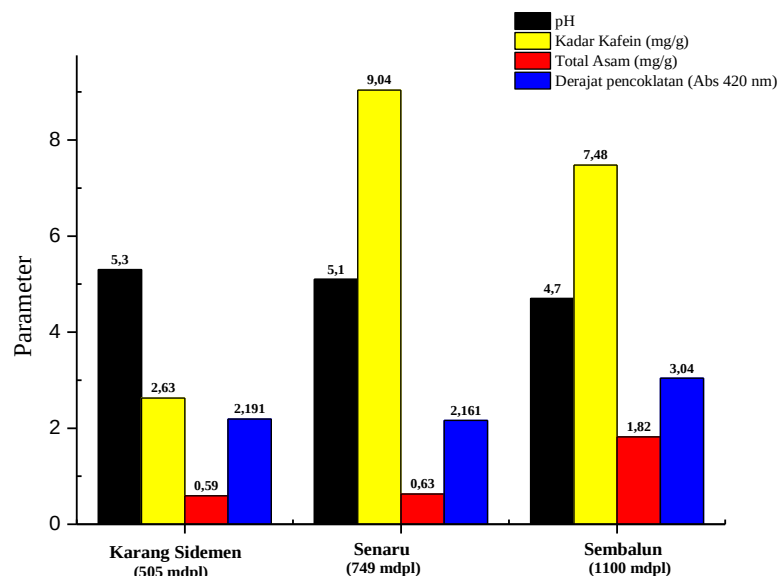
Kondisi Geografis Lokasi Pengambilan Sampel

Kondisi geografis lokasi pengambilan sampel kopi dapat mempengaruhi kualitas dan karakteristik dari kopi yang dihasilkan. Salah satu faktor geografis yang mempengaruhi kualitas kopi adalah ketinggian. Ketinggian dan tekanan udara di lokasi pengambilan sampel diukur dengan menggunakan aplikasi My Autitude. Tiga lokasi tempat yang dipilih yaitu Sembalun Lombok Timur (1100 mdpl) yaitu jenis kopi arabika (*Coffea arabica*) yang ditanam dengan tumpang sari sedangkan di Senaru Lombok Utara (749 mdpl) yaitu kopi robusta (*Coffea robusta*) yang ditanam dengan agroforestri dan Karang Sidemen Lombok Tengah (505 mdpl) kopi robusta yang ditanam dengan sistem perkebunan konvensional. Perbedaan jenis kopi yang digunakan sebagai sampel dikarenakan secara alami kopi arabika hanya bisa tumbuh dan berbuah diatas ketinggian (1000 mdpl). Sebaliknya kopi robusta hanya bisa tumbuh pada ketinggian (300-900 mdpl) (Kath, et al., 2021).

Karakteristik Fisikokimia Kopi

Karakteristik fisikokimia dari ketiga sampel kopi yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1. Terlihat tren nilai pH berbanding terbalik dengan ketinggian. Nilai pH tertinggi diperoleh pada biji kopi Karang Sidemen dan nilai terendah pada kopi Sembalun. Hal ini disebabkan oleh pengaruh kandungan senyawa asam dan basa pada kopi. Kadar asam berbanding terbalik dengan pH seduhan. Semakin rendah nilai TA, maka nilai pH semakin meningkat karena jumlah total asam yang semakin sedikit (Roswitha, 2006). Hal sebaliknya, pada nilai TA berbanding lurus dengan ketinggian tempat tumbuh kopi yaitu untuk sampel biji kopi yang ada di Sembalun memiliki nilai TA tertinggi yang mencapai 1,82 mg/g. Hasil ini sesuai dengan penelitian Cordoba, et al., (2019), yang melihat pengaruh ketinggian terhadap nilai pH dan TA pada kopi.

Indikator penting selanjutnya dalam menentukan kualitas kopi adalah kadar kafein. Pada gambar 1 tersebut, besarnya kadar kafein tidak sebanding dengan ketinggian biji kopi di ketinggian 1000 mdpl yang berada di Senaru memiliki kadar kafein 9,04 mg/g. Hasil penelitian Artanti, et al., (2016) menyimpulkan kadar kafein berbanding terbalik dengan ketinggian lokasi tumbuh kopi. Perbedaan ini kemungkinan dikarenakan sistem penanaman kopi yang dilakukan, sehingga memberikan perbedaan tingkat keteduhan (shading). Hal ini sesuai dengan penelitian Barbosa, et al., (2019) yang mengatakan kadar kafein tidak hanya dipengaruhi oleh ketinggian melainkan juga tingkat keteduhan.

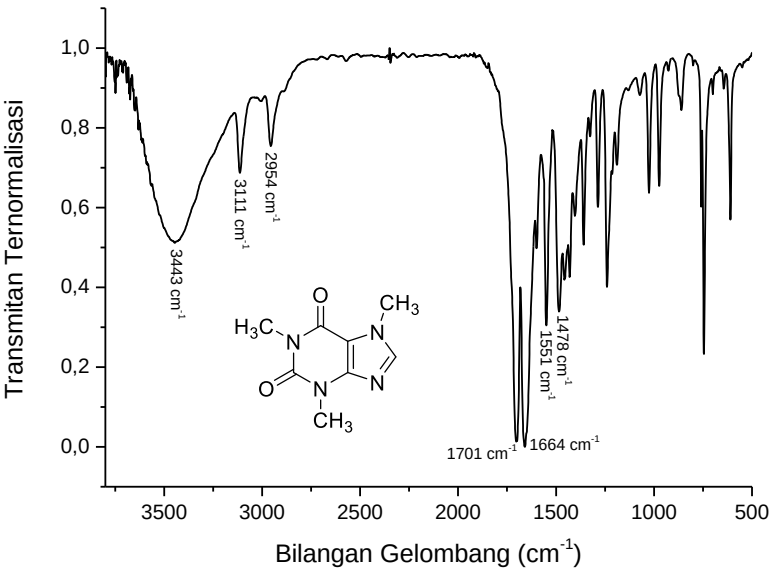


Gambar 1. Karakteristik Fisikokimia Kuantitatif Kopi yang Berasal dari Karang Sidemen, Senaru dan Sembalun

Derajat pencoklatan juga menentukan kualitas rasa dan aroma kopi yang berkaitan dengan nilai produk reaksi mailliard yang terjadi setelah kopi mengalami pemanggangan (Velasquez dan Banchon, 2022). Ketiga sampel kopi yang digunakan dalam penelitian ini dipanggang (*roated*) dengan teknik dan tempratur yang sama yaitu pada tingkat 200 °C (*Medium to dark*) yang umum digunakan untuk konsumsi (Mestanza, *et al.*, 2023). Berdasarkan gambar 1, nilai derajat pencoklatan yang kontras terdapat pada kopi. Sembalun yaitu 3,04 (a.u) sementara dua sampel kopi lainnya yaitu kopi Senaru dan Karang Sidemen memperlihatkan nilai yang hampir sama (2,161 dan 2,191). Secara umum, derajat pencoklatan kopi yang nilai absorbansinya lebih rendah akan menghasilkan rasa kopi yang lebih kuat dan kompleks. Sebaliknya akan menghasilkan rasa kopi yang lebih asam dan aroma yang lebih kuat. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Mestanza, *et al.*, (2023). Senyawa hasil reaksi *maillard* akan dikonfirmasi berdasarkan hasil analisis GCMS.

Karakteristik Isolat Kafein

Karakteristik kafein (C₈H₁₀N₄O₂) dikaji menggunakan instrumen FTIR. Penggunaan instrumen FTIR bertujuan untuk mengkonfirmasi senyawa berdasarkan pola spektrum gelombang inframerah yang dihasilkan dari senyawa tersebut. Spektrum FTIR kafein menunjukkan puncak absorbansi pada berbagai bilangan gelombang, yang mewakili ikatan kimia tertentu dalam molekul kafein.



Gambar 2. Spektrum FT-IR Isolat Kafein Kopi Arabika (Sembalun)

Spektrum FT-IR kafein pada gambar 2 memperlihatkan serapan pada kafein hasil isolat yang mirip dengan kafein yang telah diisolasi oleh Latief, *et al.*, (2022), seperti pada puncak yang melebar pada bilangan gelombang 3443 cm-1 merupakan vibrasi dari ikatan OH. Puncak lain juga terlihat jelas pada bilangan gelombang 2954 cm-1 yang merupakan vibrasi dari ikatan C-H. Selanjutnya pada bilangan gelombang 1664 cm-1, puncak yang tajam yang merupakan vibrasi dari ikatan C=C. berdasarkan interpretasi dari hasil spektrum FTIR hasil ekstraksi isolat terkonfirmasi merupakan kafein seperti ditunjukan pada gambar 2 dan tabel 1.

Tabel 1. Spektrum FT-IR Kafein Hasil Isolat

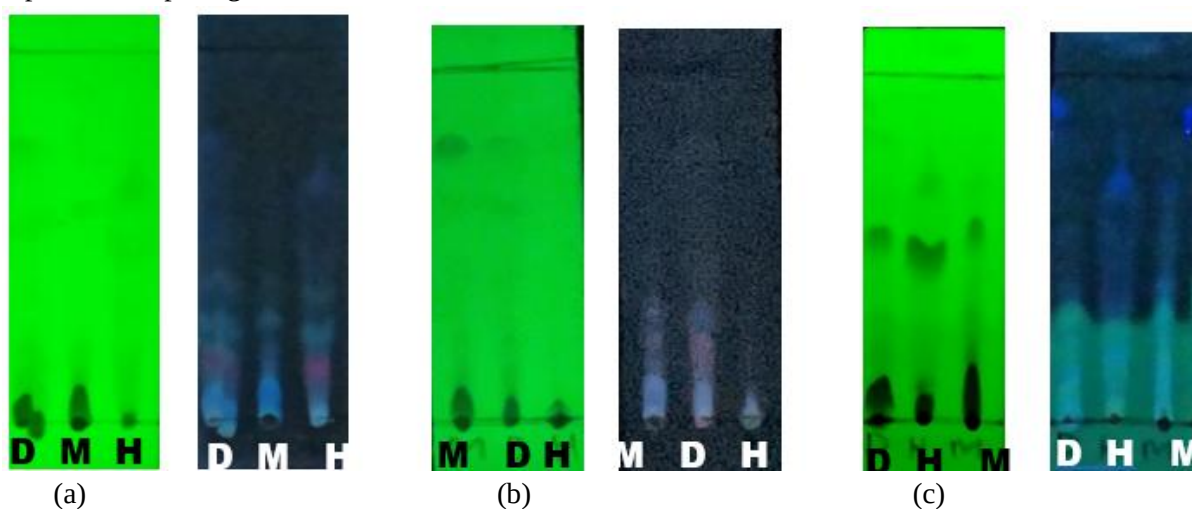
Bilangan gelombang (cm ⁻¹)			
Gugus Fungsi	Isolat	Refrensi	Teoritis
		Kafein 1	Kafein 2

	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)			
C-H stretch	3443	3344	3391	3297
C-H	2954	2922	2922	3000-3100
C=O stretch	1701	1735	1743	1706-1742
=C-N stretch	1664	1641	1648	1629
C-N	1551	1062	-	1400
C=N	1476	806	807	1378

Sumber: 1. Latief, *et al.*, (2022) 2. Ballesteros, *et al.*, (2014)

Analisis Senyawa Volatil

Ekstrak kental hasil maserasi dengan beberapa pelarut dipantau menggunakan KLT untuk mengidentifikasi jenis pelarut yang memberikan pola pemisahan noda yang jelas sebelum dianalisis menggunakan GCMS. Hasil monitoring dengan KLT untuk setiap jenis pelarut dan jenis kopi diperlihatkan pada gambar 3.



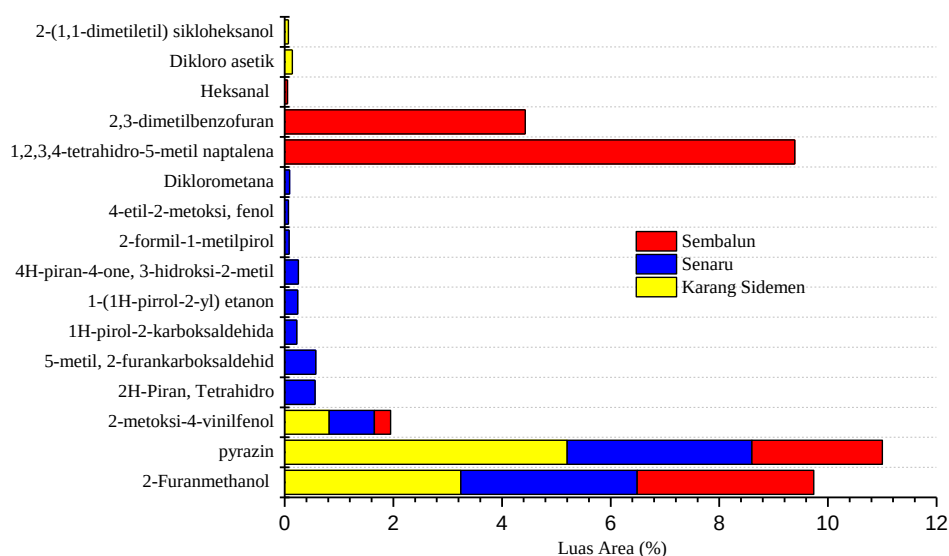
Gambar 3. Hasil KLT berbagai ekstrak kopi (a) Karang Sidemen, (b) Senaru, dan (c) Sembalun

Pola pemisahan noda yang ditunjukkan pada gambar 3 menjadi asumsi awal bahwa kopi Karang Sidemen dan Senaru memiliki kemiripan secara komposisi. Hal ini sesuai dengan fakta bahwa jenis kopi yang ada di Karang Sidemen dan Senaru terkonfirmasi dari jenis yang sama yaitu kopi robusta yang umum dijumpai pada ketinggian dibawah 1000 mdpl. Hal yang kontras diperlihatkan pada KLT kopi Sembalun (Gambar 3c) dengan jenis arabika yang umum dijumpai pada ketinggian di atas 1000 mdpl.

Hasil analisis komponen senyawa volatil biji kopi menggunakan GC-MS menunjukkan adanya beberapa kekhasan masing-masing kopi. Berdasarkan gambar 4 kandungan senyawa volatil dari kopi Senaru dan Karang Sidemen memiliki kemiripan, berbeda dengan kopi Sembalun. Kandungan senyawa pirazin pada kopi Karang Sidemen dan Senaru hampir sama, sedangkan pada kopi Sembalun terlihat lebih kontras perbedaannya. Sedangkan pada Senyawa 2-furan metanol pada kopi Karang Sidemen, Senaru dan Sembalun memiliki kemiripan yang sama dilihat dari luas areanya. Selain itu, senyawa volatil tertentu hanya ditemukan pada beberapa tempat lokasi tumbuh kopi.

Berdasarkan gambar 4 senyawa 2,3 dimetil benzofuran, 5-metil, 1,2,3,4 tetrahidro naftalena dan heksanal hanya ditemukan pada kopi Sembalun, sementara senyawa 5-metil, 2-furan karboksaldehida, 2-H tetrahidro piran ditemukan pada kopi Senaru dan senyawa 2,2 dikloroasetat ditemukan pada kopi Karang Sidemen. Hal ini menunjukkan adanya variasi komposisi senyawa volatil yang khas dan unik pada setiap tempat lokasi tumbuh kopi yang dapat memberikan karakteristik aroma dan rasa yang berbeda.

Secara teori, senyawa volatil muncul ketika proses pemanggangan terjadi reaksi *maillard* yaitu reaksi ini antara gula dan asam amino yang menghasilkan produk berupa senyawa adehida, keton, pirazin, dan puran reaksi *maillard* ini teridentifikasi dari aroma dan warna coklat yang dihasilkan setelah proses pemanggangan kopi. Aroma kopi yang dihasilkan dapat bervariasi bergantung pada temperatur dan durasi pemanggangan (Mestanza, *et al.*, 2023). Semakin lama biji kopi dipanggang, semakin gelap warna biji kopi karena terbentuknya senyawa melanoidin. Warna biji kopi yang dihasilkan dari reaksi *maillard* dapat memberikan indikasi tentang tingkat pemanggangan yang digunakan sebagai kriteria untuk menilai kualitas kopi.



Gambar 4. Persentase Kandungan Relatif Senyawa Volatil Pada Kopi Lombok

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, karakteristik fisikokimia kopi di tiga lokasi (Sembalun (1100 mdpl), Senaru (749 mdpl) dan Karang Sidemen (505 mdpl)), nilai pH dan derajat pencoklatan untuk semua sampel tidak memiliki perbedaan yang kontras kadar kafein dan TA paling kecil berturut-turut dijumpai pada biji kopi robusta-Karang Sidemen (505 mdpl) dan arabika-Sembalun (1100 mdpl) senyawa volatil khas yang terdapat disampel yaitu 2,3-dimetil benzofuran, 5-metil, 1,2,3,4 tetrahidro naftalena (Sembalun), 2,2 dikloroasetat (Karang Sidemen) dan 5-metil, 2-furan karboksaldehida, 2-H-tetrahidro piran (Senaru).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditya, I. W., Nocianitri, K. A., dan Yusasrini, N. L. A. (2016). Kajian Kandungan Kafein Kopi Bubuk, Nilai pH dan Karakteristik Aroma dan Rasa Seduhan Kopi Jantan (Pea berry coffee) dan Betina (Flat beans coffee) Jenis Arabika dan Robusta. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (Itepa)*, 5(1), 1–12.
- [2] Anaya, A. L., Rocio, C. O., dan George, R. W.(2006). Metabolism and Ecology of Purine Alkaloids. *Frontiers in Bioscience*. 2354-2370.
- [3] Aprilia, F. R., Ayuliansari, Y., Putri, T., Azis, M. Y., Camelina, W. D., dan Putra, M. R. (2018). Analisis Kandungan Kafein Dalam Kopi Tradisional Gayo Dan Kopi Lombok Menggunakan Hplc Dan Spektrofotometri Uv/Vis. *BIOTIKA Jurnal Ilmiah Biologi*, 16(2), 40. <https://doi.org/10.24198/bjib.v16i2.19829>

- [4] Aprilia, F. R., Ayuliansari, Y., Putri, T., Aziz, M. Y., Camelina, W. D., dan Putra, M. R. (2018). Analisis Kandungan Kafein Dalam Kopi Tradisional Gayo Dan Kopi Lombok Menggunakan Hplc Dan Spektrofotometri UV / VIS Analysis of the Caffeine Concentration Contained in Traditional Coffee (Kopi Gayo and Kopi Lombok) Using UV / Vis Spectrophotometry and. *Biotika*, 16(2), 37–41.
- [5] Anonim. (1979). *Farmakope Indonesia Edisi III*, Departemen Kesehatan Indonesia, Jakarta. 6-7.
- [6] Artanti, A. N., Nikmah, W. R., Setiawan, H., dan Priharsa, F. (2016). Perbedaan Kadar Kafein Daun Teh (*Camellia Sinensis* (L.) Kuntze) Berdasarkan Status Ketinggian Tempat Tanam Dengan Metode HPLC. *Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 01(01), 37–44. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v1i1.690>
- [7] Ballesteros-cánovas, J. A., Márquez-peñaranda, J. F., Sánchez-silva, M., & Díez-herrero, A. (2014). Can tree tilting be used for paleoflood discharge estimations? <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.026>
- [8] Barbosa, M. de S. G., Scholz, M. B. dos S., Kitzberger, C. S. G., dan Benassi, M. de T. (2019). Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee brews. *Food Chemistry*, 292, 275–280. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.072>
- [9] Bosselmann, A. S., Dons, K., Oberthur, T., Olsen, C. S., Ræbild, A., dan Usma, H. (2009). The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129(1–3), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.004>
- [10] Coffeefag. (2001). Frequently Asked Questions about Caffeine. *Jurnal*, 2(4), 123.
- [11] Cooper, D., Doucet, L., dan Pratt, M. (2007). Understanding in multinational organizations. *Journal of Organizational Behavior*, 28(3), 303–325. <https://doi.org/10.1002/j>
- [12] Cordoba, N., Pataquiva, L., Osorio, C., Moreno, F. L. M., dan 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. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44886-w>
- [13] Craparo, A. C. W., Van Asten, P. J. A., Läderach, P., Jassogne, L. T. P., dan Grab, S. W. (2015). *Coffea arabica* yields decline in Tanzania due to climate change: Global implications. *Agricultural and Forest Meteorology*, 207, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.03.005>
- [14] Crismaaji, Y. D. (2018). Penetapan Kadar Kafein dalam Kopi Bubuk Murni Robusta merek “X” dengan Metode Hight Performance Liquid Chromatografi (HPLC) Fase terbalik. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- [15] Compound Intrest. (2022). A Guide To The Maillard Reaction. Available from: <https://www.compoundchem.com/>, diakses 12 Mei 2023.
- [16] Dinas Pertanian dan Perkebunan NTB. (2022). Rekapitulasi Produksi, Luas Panen, dan Produktifitas Kopi Robusta di provinsi NTB. Available from: <https://data.ntbprov.go.id/dataset/rekapitulasi-produksi-luas-panen-dan-produktivitas-kopi-robusta-di-provinsi-ntb>, diakses 12 Januari 2023.
- [17] Fuller, M., dan Rao, N. Z. (2017). The Effect of Time, Roasting Temperature, and Grind Size on Caffeine and Chlorogenic Acid Concentrations in Cold Brew Coffee. *Scientific Reports*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18247-4>
- [18] Gao, C., Tello, E., dan Peterson, D. G. (2021). Identification of coffee compounds that suppress bitterness of brew. *Food Chemistry*, 350(November 2020), 129225. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129225>

- [19] Hasbullah, U. H., dan Rini Umiyati, D. (2021). Antioxidant Activity and Total Phenolic Compounds of Arabica and Robusta Coffee at Different Roasting Levels. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012033>
- [20] Heeger, A., Kosińska-Cagnazzo, A., Cantergiani, E., dan Andlauer, W. (2017). Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage. *Food Chemistry*, 221, 969–975. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>
- [21] Internasional Coffe Organization (ICO). (2019). World Coffee Consumption, <http://ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>.
- [22] Kath, J., Byrareddy, V. M., Craparo, A., Nguyen-Huy, T., Mushtaq, S., Cao, L., dan Bossolasco, L. (2020). Not so robust: Robusta coffee production is highly sensitive to temperature. *Global Change Biology*, 26(6), 3677–3688. <https://doi.org/10.1111/gcb.15097>
- [23] Kath, J., Mittahalli Byrareddy, V., Mushtaq, S., Craparo, A., dan Porcel, M. (2021). Temperature and rainfall impacts on robusta coffee bean characteristics. *Climate Risk Management*, 32(October 2020), 100281. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100281>
- [24] Latief, M., Heriyanti, Tarigan, I. L., dan Sutrisno. (2022). Preliminary Data on the Antibacterial Activity of *Coffea Arabica*, *Coffea Canephora* and *Coffea Liberica*. *Pharmacognosy Journal*, 14(2), 413–424. <https://doi.org/10.5530/pj.2022.14.53>
- [25] Latunra, A. I., Johannes, E., Mulihardianti, B., dan Sumule, O. (2021). Analisis kandungan kafein kopi (*Coffea arabica*) pada tingkat kematangan berbeda menggunakan spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Ilmu Dan Alama*, 12(1), 45–50. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2>
- [26] Lee, L. W., Cheong, M. W., Curran, P., Yu, B., dan Liu, S. Q. (2015). Coffee fermentation and flavor - An intricate and delicate relationship. *Food Chemistry*, 185, 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>
- [27] Lee, S. J., Kim, M. K., dan Lee, K. G. (2017). Effect of reversed coffee grinding and roasting process on physicochemical properties including volatile compound profiles. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 44, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.07.009>
- [28] Leonal, L. E., dan V. Philippe. (2016). Effects Altitude, Shade, Yield and Fertilization on Coffee Quality (*Coffea arabica* L. var. Caturra) produced in Agroforestry Systems of the Northern Central Zones of Nicaragua. *Journal of Food Science*, September. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4689.1289>
- [29] Liu, W., Yin, D., Li, N., Hou, X., Wang, D., Li, D., dan Liu, J. (2016). Influence of environmental factors on the active substance production and antioxidant activity in *Potentilla fruticosa* L. and its quality assessment. *Scientific Reports*, 6(June 2015), 1–18. <https://doi.org/10.1038/srep28591>
- [30] Maramis, R.K., C. Gayatri, dan W. Frendly. (2013). Analisis kafein Dalam Kopi Bubuk di Kota Manado Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis, *Jurnal Ilmiah farmasi*. 2 (4) : 122-128.
- [31] Mestanza, M., Mori-Culqui, P. L., dan Chavez, S. G. (2023). Changes of polyphenols and antioxidants of arabica coffee varieties during roasting. *Frontiers in Nutrition*, 10(January), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1078701>
- [32] Moat, J., Williams, J., Baena, S., Wilkinson, T., Gole, T. W., Challa, Z. K., Demissew, S., dan Davis, A. P. (2017). Resilience potential of the Ethiopian coffee sector under climate change. *Nature Plants*, 3(June). <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.81>
- [33] Muhammad, A., Rosmawati, T., dan UL, Khair. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Biji Kopi Berkualitas Dengan Metode Analitical Hierarchy Process (AHP). *JPCS*, 27 (April), 1-7. <https://dx.doi.org/10.35329/jp.v2i1.1390>
- [34] Nazar, M. dan Mustofa, A. D. (2014). Isolasi dan Identifikasi Kadar Kafein Beberapa Varietas Kopi Arabika (*Coffea Arabica*) yang Tumbuh di Aceh Tengah. *Prosiding Seminar Nasional. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala*.

- [35] Ozaplas, B., dan Ozer, E. A. (2017). Kafeinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 297–305. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.331845>
- [36] Purba, R. R. T. P., dan Ganjar A. (2018). Dekafeinasi Biji Kopi Robusta Melalui Proses Ekstraksi dengan Pelarut Aquades (Variabel Jumlah Pelarut dan Kecepatan pengaduk Terhadap Kadar Kafein Trekstraksi). *Jurnal inovasi Proses*, 3(1), 10-15.
- [37] Purwanto, D. A. (2018). Pengaruh Suhu dan Jumlah Penyeduhan Terhadap Kadar Kafein Terlarut dengan Metode KCKT. *Journal Unair*.
- [38] Putri, D. D., dan Ulfin, I. (2015). Pengaruh suhu dan Waktu Ekstraksi terhadap Kadar Kafein Dalam Teh Hitam. *jurnal Sains dan seni ITS*, 4(2): 105-108.
- [39] Rao, N. Z., Fuller, M., dan Grim, M. D. (2020). Physiochemical characteristics of hot and cold brew coffee chemistry: The effects of roast level and brewing temperature on compound extraction. *Foods*, 9(7), 1–12. <https://doi.org/10.3390/foods9070902>
- [40] Rizki, T.A., Saleh, C., dan Alimudin.(2015). Analisis Kafein Dalam kopi Robusta (Toraja) dan Kopi Arabika (Jawa) Dengan Variasi Siklus Pada sokletasi. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(1), 41-44
- [41] Sari, S. A. (2019). *Kimia Pemisahan*. Tangerang: Tsmart Printing.
- [42] Sabarni, S., & Nurhayati, N. (2019). Analisis Kadar Kafein Dalam Minuman Kopi Khop Aceh Dengan Metode Spektroskopik. *Lantanida Journal*, 6(2), 141. <https://doi.org/10.22373/lj.v6i2.3624>
- [43] Standar Nasional Indonesia (BSN). (2006). *Bahan tambahan Pangan-Persyaratan Perisa dan Penggunaan dalam Produk Pangan*. SNI 01-7152-2006.
- [44] Teodorowicz, M., Van Neerven, J., dan Savelkoul, H. (2017). Food processing: The influence of the maillard reaction on immunogenicity and allergenicity of food proteins. *Nutrients*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/nu9080835>
- [45] Thammarat, P., Kulsing, C., Wongravee, K., Leepipatpiboon, N., dan Nhujak, T. (2018). Identification of volatile compounds and selection of discriminant markers for elephant dung coffee using static headspace gas chromatography—mass spectrometry and chemometrics. *Molecules*, 23(8). <https://doi.org/10.3390/molecules23081910>
- [46] Velásquez, S., dan 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*, August. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05569-z>
- [47] Wang, N., Fu, Y., dan Lim, L. (2011). Feasibility Study on Chemometric Discrimination of Roasted. *J. Agric. Food Chem*, 59, 3220–3226.
- [48] Willson, C. (2018). The clinical toxicology of caffeine: A review and case study. *Toxicology Reports*, 5, 1140–1152. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.11.002>
- [49] Worku, M., de Meulenaer, B., Duchateau, L., dan Boeckx, P. (2018). Effect of altitude on biochemical composition and quality of green arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method. *Food Research International*, 105, 278–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.016>
- [50] Yang, L., Wen, K. S., Ruan, X., Zhao, Y. X., Wei, F., dan Wang, Q. (2018). Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules*, 23(4), 1–26. <https://doi.org/10.3390/molecules23040762>