

**PROFILING METABOLIT SENYAWA VOLATIL BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
ASAL SOPPENG SULAWESI SELATAN**

*Metabolite Profiling of Volatile Compounds in Cocoa Beans (*Theobroma cacao* L.) from
Soppeng South Sulawesi*

Dian Magfirah Hala^{1*}, Abdul Mutalib², Susi Indriani³, Andi Ayu Nurnawati⁴

¹⁾Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian,
Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan

^{2,4)} Program Studi Pengelolaan Perkebunan Kopi, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian, Politeknik
Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan

³⁾Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Jurusan Teknologi Produksi Pertanian,
Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan

Jalan Poros Makassar-Parepare Km 83, Mandalle, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep),
Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia

^{1*)}dianmagfirahhala@polipangkep.ac.id

ABSTRAK

Kabupaten Soppeng, Sulawesi Selatan, dikenal sebagai salah satu sentra produksi kakao di Indonesia. Akan tetapi, informasi mengenai kandungan volatil biji kakao asal Soppeng saat ini masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menggunakan pendekatan Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) untuk mendata profil metabolit senyawa volatil dari biji kakao fermentasi asal Soppeng dan mengungkap potensi keunggulan biji kakao tersebut. Penelitian ini menggunakan biji kakao terfermentasi asal Soppeng yang kemudian dipanggang dan dihaluskan hingga homogen. Biji yang telah dihaluskan kemudian dimaserasi menggunakan n-heksana, lalu dimurnikan filtratnya menggunakan metode destilasi dan senyawa n-pentana sebagai larutan penangkap senyawa volatil hasil destilasi. Filtrat kemudian dianalisis menggunakan GC-MS dan diidentifikasi senyawanya menggunakan data library dari NIST dan Wiley 9. Kromatogram GC-MS yang diperoleh menunjukkan munculnya 100 puncak metabolit yang dikelompokkan menjadi 5 kelompok senyawa kimia utama, yaitu n-alkana, alkylpyrazine, lactone/ester, derivat lipid, fenolik, purin, asam amino, dan senyawa artifact/kontaminan yang tidak berasal dari sampel. Terdeteksinya senyawa pyrazine dan lacton serta senyawa derivat lipid pada biji kakao mengindikasikan adanya asosiasi dengan aroma yang unik, yaitu *nutty*, *fruity*, dan *creamy* dengan sedikit rasa seperti kelapa. Berdasarkan hasil penelitian ini, biji kakao asal Soppeng berpotensi menghasilkan profil aroma yang khas sehingga dapat menjadi referensi dalam meningkatkan kualitas biji kakao asal Soppeng dari tipe *bulk* menjadi tipe *fine flavor cocoa* (FFC).

Kata kunci: biji kakao, Soppeng, GCMS, volatile, aroma

ABSTRACT

Soppeng Regency, South Sulawesi, is recognized as one of the major cocoa-producing regions in Indonesia. However, information regarding the volatile compound composition of cocoa beans originating from this region remains limited. Therefore, this study aimed to characterize the volatile metabolite profile of fermented cocoa beans from Soppeng using Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS) and to explore their potential flavor characteristics. Fermented cocoa beans obtained from Soppeng were roasted and ground into a homogeneous powder. The powdered samples were subsequently macerated with n-hexane, and the resulting extract was purified through distillation using n-pentane as a trapping solvent for volatile compounds. The distillate was then analyzed using GC–MS, and compound identification was performed by comparison with the NIST and Wiley 9 mass spectral libraries. The GC–MS chromatogram revealed the presence of 100 metabolite peaks, which were classified into six major chemical groups, including n-alkanes, alkylpyrazines, lactones/esters, lipid derivatives, phenolic compounds, purines, amino acids, and artifact or contaminant compounds not originating from the cocoa bean samples. The detection of alkylpyrazines, lactones, and lipid-derived compounds suggests their potential association with desirable flavor attributes, including nutty, fruity, and creamy notes, and a hint of coconut-like flavor. These findings indicate that cocoa beans from Soppeng possess the potential to develop a distinctive and complex aroma profile. This study provides a preliminary characterization of the volatile metabolite composition of fermented cocoa beans from Soppeng and highlights their potential as a source of desirable flavor attributes. The findings may serve as a scientific basis for future quality improvement and value-added development strategies aimed at upgrading Soppeng cocoa from conventional bulk cocoa to fine flavor cocoa (FFC).

Keywords: cocoa beans, Soppeng, GC-MS, volatile, flavour

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penyumbang biji kakao ketiga terbesar di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2024). Salah satu sentra produksi nasional Indonesia terletak Kabupaten Soppeng, Sulawesi Selatan. (Munira & Arsyad, 2021) menyatakan bahwa Kabupaten Soppeng mampu memproduksi kakao hingga sekitar 12.000 ton, namun seringkali biji kakao tersebut dihargai rendah di pasaran sebab didominasi oleh biji tanpa fermentasi dan memiliki cita rasa yang lemah (Kresnowati *et al.*, 2017), serta umumnya berasal jenis klon kakao lindak (*bulk cocoa*) (Rojas *et al.*, 2022).

Biji kakao merupakan bahan baku utama dalam pembuatan coklat, kue dan manisan, beberapa produk kosmetik, serta farmasi. Kualitas biji kakao sangat penting dalam menentukan hasil akhir produk coklat, khususnya dalam menghasilkan aroma dan cita rasa pada coklat (Afoakwa *et al.*, 2008; Braga *et al.*, 2018). Kualitas tersebut erat kaitannya dengan profil senyawa volatil yang dikandungnya, sebab senyawa-senyawa tersebut bertanggungjawab dalam mengatur aroma dan rasa coklat. Senyawa volatil ini terbentuk melalui serangkaian proses biokimia atau kimia kompleks yang terjadi pada berbagai tahapan pada proses

pengolahan pasca panen biji seperti fermentasi, pengeringan, dan pemanggangan (*roasting*). Selain itu, kondisi asal biji kakao seperti genotipe, kondisi geografis, tanah, dan iklim daerah asal biji dapat mempengaruhi kandungan kimia dasar biji termasuk prekursor senyawa volatil sehingga dapat digunakan sebagai alat identifikasi asal geografis biji (Braga *et al.*, 2018; Marseglia *et al.*, 2020).

Penggunaan pendekatan Gas Chromatography- Mass Spectrometry (GCMS) dalam analisis metabolit banyak digunakan untuk mengukur kualitas berbagai bahan pangan seperti kakao, kopi, juga untuk membantu dalam identifikasi asal usul bahan pangan tersebut (Hanifah *et al.*, 2022). Penggunaan detektor dalam GC MS juga mampu mengidentifikasi berbagai jenis senyawa volatile pada kopi dan kakao (Misnawi & Ariza, 2011; Zakidou *et al.*, 2020), serta kandungan methanol pada rumput teki (Hotmian *et al.*, 2021). Beberapa penelitian terkait profil metabolit kakao Indonesia telah dilakukan sebelumnya, antara lain: perbandingan profil metabolit kakao *fine* dan *bulk* menggunakan GC-MS mengkategorikan biji kakao dari klon MCC02, KW 516, KW 617, dan SUL01 (asal Sulawesi Selatan) dalam jenis kakao *bulk* (Devy *et al.*, 2019). Selain itu, kandungan lemak dan polifenol biji yang berasal dari Soppeng diketahui memiliki nilai yang tinggi, yaitu secara

berurutan sekitar 50% dan 280 mg/100 gram biji (Munira & Arsyad, 2021); dan profil rasa biji kakao asal Soppeng diketahui lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi tanah dibandingkan oleh iklimnya (Anita-Sari *et al.*, 2023). Penelitian ini dilakukan untuk mendata profil metabolit senyawa volatil dari biji kakao terfermentasi Soppeng melalui pendekatan GC-MS dan memetakan senyawa volatil tersebut untuk mengungkap potensi keunggulan kualitas biji kakao Soppeng.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu 5 bulan, yaitu dari bulan Juni sampai Oktober 2025 di Workshop Kakao Jurusan Teknologi Produksi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan (PPNP); Laboratorium Bioteknologi Balai Penelitian Perikanan Air Payau (BRPBAP), Maros; dan analisis GC-MS dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP) Makassar.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari biji kakao yang telah difermentasi dan dikeringkan yang berasal dari perkebunan rakyat yang terletak di Kecamatan Mariowawo, Kabupaten Soppeng, Sulawesi Selatan. Adapun alat yang digunakan meliputi:

timbangan, alat pengukur kadar air, oven, *grinder*, labu erlenmeyer, kertas saring, *vacuum pump*, destilator, dan mesin GC-MS QP2010 Ultra (Shimadzu).

Prosedur Penelitian

Preparasi Sampel

Dalam penelitian ini digunakan sampel berupa biji kakao yang telah difermentasi sebelumnya secara tradisional dalam kotak kayu selama kurang lebih 7 hari, kemudian dikeringkan hingga diperoleh kadar air biji <10%. Tahapan berikutnya adalah pemanggangan (*roasting*) biji kakao kering dalam oven pada suhu 150 °C selama 30 menit hingga kulit biji dapat terlepas dari bijinya.

Ekstraksi senyawa volatil sampel

Ekstraksi senyawa volatil biji kakao dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahapan maserasi dan destilasi untuk memisahkan senyawa volatil dari senyawa lainnya. Tahap maserasi dilakukan untuk mengikat seluruh senyawa yang terkandung di dalam biji kakao. Tahap ini dilakukan dengan merendam sebanyak 50 gr biji kakao yang telah di-*grind* hingga halus dengan n-Hexane, kemudian filtrat dievaporasi menggunakan methanol pada suhu 40 °C. Sebanyak 50ml filtrat hasil evaporasi dicampur dengan aquadest lalu didestilasi pada suhu 100-150 °C, lalu uap destilatnya di-*trap* ke dalam wadah kedap udara yang berisi 10 mL n-Pentane.

Analisis senyawa volatil sampel menggunakan GC-MS

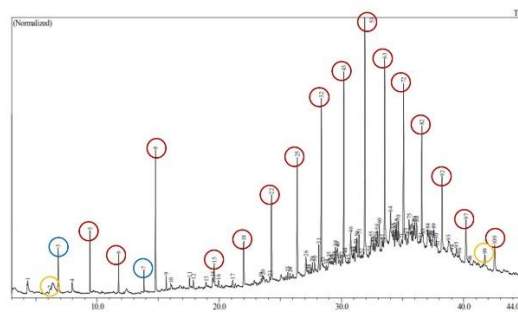
Sebanyak 3 mL sampel filtrat diinjeksikan ke dalam vial pada mesin. Mesin instrumen GC-MS QP2010 Ultra (Shimadzu) digunakan dengan kondisi kromatogram sebagai berikut: injector mode Spitless dengan suhu 250 °C, tekanan 76,9 kPa, laju alir 14mL/menit dengan rasio 1:10. Kolom yang digunakan bertipe SH-Rxi-5Sil MS berukuran sepanjang 30 m dengan diameter dalam sebesar 0,25 mm. Temperatur awal pada kolom ditahan selama 2 menit pada suhu 70 °C, kemudian perlahan meningkat menjadi 200 °C dengan laju 10 °C/ menit hingga mencapai suhu akhir kolom sebesar 280 °C yang ditahan selama 9 menit dengan laju 50 °C/ menit. Dengan demikian diperoleh total waktu analisa selama 36 menit. Data mentah kromatogram kemudian dianalisis dan diidentifikasi metabolitnya menggunakan *library* NIST dan *Wiley* 9.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Senyawa Volatil Biji Kakao Fermentasi Soppeng

Metode pemisahan dan identifikasi senyawa melalui GC-MS banyak dilakukan baik untuk senyawa *targeted* ataupun senyawa *non targeted*. Hasil analisis GCMS yang dilakukan pada biji kakao Soppeng menunjukkan munculnya 100 puncak yang masing-masing puncak merujuk pada senyawa yang dipisahkan berdasarkan

waktu kemunculannya (*Retention time*) dalam kolom (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa metode ekstraksi bertahap yaitu menggunakan maserasi dan pengebakan senyawa volatil dalam n-heptane efektif dilakukan untuk analisis senyawa volatil pada biji kakao.



Gambar 1. Kromatogram hasil GCMS biji kakao fermentasi Soppeng. (Ket: warna merah menunjukkan peak senyawa n-alkane, warna kuning menunjukkan peak senyawa pyrazine dan lacton, sedangkan warna biru menunjukkan senyawa amino-phenolic acid).

Metode ekstraksi tunggal umumnya menghadapi permasalahan antara lain adalah pelarut polar yang kuat mampu mengisolasi matriks lipid yang padat namun menyebabkan senyawa utama penghasil aroma ikut menguap. Sedangkan pelarut yang mudah menguap tidak mampu menembus sepenuhnya matriks lipid padat pada endosperma biji kakao (Afoakwa *et al.*, 2008). Metode ekstraksi dengan maserasi diawal digunakan untuk dapat melarutkan lebih banyak senyawa volatil dari biji, serta melarutkan kandungan lipid

pada endosperma biji kakao, khususnya jenis triacylglycerol yang umum ditemukan pada biji dari klon *Theobroma cacao* L yang ditanam di daerah Sulawesi Selatan (Wahyudi *et al.*, 2013). Kemudian, metode ekstraksi yang digunakan ini juga disertai dengan penggunaan n-pentane sebagai senyawa “penjebak” uap senyawa volatil saat proses destilasi sehingga mencegah senyawa volatil tersebut menghilang saat proses ekstraksi dan memungkinkan munculnya senyawa volatil kunci seperti *pyrazine* pada kromatogram. Kombinasi kedua pelarut (n-heksana dan n-pentana) dalam proses ekstraksi mampu mengurangi terbentuknya senyawa artefak/kontaminasi pada kromatogram (Magagna *et al.*, 2017) dan menghasilkan profil metabolit volatil yang lengkap bagi biji kakao asal Soppeng.

Pemetaan Kelompok Senyawa Volatil Terdeteksi Pada Biji Kakao Fermentasi Soppeng

Berdasarkan hasil kromatogram tersebut, terdapat 22 senyawa yang muncul dengan karakter puncak yang tinggi dan sempit. Puncak-puncak tersebut menunjukkan hasil identifikasi berupa 14 senyawa berbeda yang terdeteksi muncul pada beberapa waktu retensi yang berbeda (Tabel 1). Senyawa-senyawa tersebut terdiri dari: (1) Linoleic acid, (2) Pyrazine, 3-ethyl-2,5-dimethyl, (3) 3-Hydroxyanthranilic Acid, 3 TMS derivative, (4) Cyclohexasiloxane,

dodecamethyl-, (5) Benzoic acid, 4-amino-2-hydroxy-, tris (trimethylsilyl) deriv., (6) Oxalic acid, cyclohexylmethyl tridecyl ester, (7) Heneicosane, (8) Docosane, (9) Hexacosane, (10) Eicosyl isopropyl ether, (11) Tetracosane, (12) Tetracontane, (13) Hexatriacontane, dan (14) 10-Methylundec-2-en-4-olide. Diantara ke-22 senyawa tersebut, ditemukan munculnya senyawa dari jenis siloxane yang kemungkinan merupakan senyawa kontaminan yang berasal bukan dari biji kakao, tetapi kemungkinan berasal dari peralatan yang digunakan saat analisis sehingga dikelompokkan sebagai senyawa artifak. Senyawa serupa juga ditemukan pada penelitian sebelumnya yang menggunakan metode ekstraksi *solid phase- micro extraction* (SPME) (Ducki *et al.*, 2008).

Keseluruhan metabolit volatil yang terdeteksi dalam kromatogram kemudian dikelompokkan ke dalam 6 kelompok senyawa kimia, yaitu: n- alkana, alkana bercabang dan siklik, alkylpyrazine, lacton / cyclic ester, derivat lipid, fenolik, purin dan asam amino, serta senyawa artifak/kontaminan (Tabel 2). Berdasarkan hasil tersebut diketahui terdapat senyawa dari golongan pyrazine dan ester yang berperan penting dalam menentukan rasa dan aroma dari biji kakao (Marseglia *et al.*, 2020; Putri *et al.*, 2025; Quelal *et al.*, 2023). Senyawa ini semakin terbentuk saat melalui proses *roasting* akibat reaksi Maillard, dimana

Tabel 1. Komponen senyawa volatil terdeteksi dengan puncak tinggi dalam kromatogram GC-MS pada biji kakao fermentasi Soppeng

Peak	Waktu Retensi/ Rt (min)	Nama Senyawa	Peak Area (%)	Chemical Class
1	4,323	9,12-Octadecadienolic acid (Z,Z)- (Linoleic Acid)	0.73	Fatty Acid / Lipid
2	6,142	Pyrazine, 3-ethyl-2,5-dimethyl-	0.16	Alkylpyrazine
3	6,816	3-Hydroxyanthranilic Acid, 3TMS derivative	1.40	Phenolic / Amino acid metabolite
5	9,422	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	1.26	Siloxane
6	11,759	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	0.68	
7	13,831	Benzoic acid, 4-amino-2-hydroxy-, tris(trimethylsilyl) deriv.	0.38	Amino-phenolic acid
8	14,781	Oxalic acid, cyclohexylmethyl tridecyl ester	3.00	Ester / Organic acid
15	19,580	Heneicosane	0.86	n-Alkane
18	21,992	Heneicosane	1.57	
22	24,265	Docosane	2.80	
25	26,377	Hexacosane	3.49	
26	27,094	Eicosyl isopropyl ether	0.79	Ether / Lipid
32	28,343	Tetracosane	4.99	n-Alkane
43	30,002	Tetracontane	5.55	n-Alkane Rantai Panjang
53	31,906	Hexatriacontane	7.73	
63	33,531	Hexatriacontane	7.3	
64	33,997	Eicosyl isopropyl ether	3.39	
72	35,074	Hexatriacontane	5.44	
82	36,566	Hexatriacontane	3.59	
92	38,222	Hexatriacontane	2.68	
97	40,180	Hexatriacontane	2.32	Lactone / Cyclic Ester
99	41,718	10-Methylundec-2-en-4-olide	0.48	
100	42,528	Hexatriacontane	1.28	n-Alkane Rantai Panjang

Sumber: Data primer setelah diolah, (2026)

prekursor yang terdapat pada biji akan bereaksi saat pemanasan menghasilkan senyawa pyrazine yang khas, yaitu aroma dan rasa *nutty*, dan *earthy* (Kusumaningrum *et al.*, 2014), serta dengan sedikit hint manis (Misnawi & Ariza, 2011). Begitu juga

dengan senyawa lacton atau cyclic ester yang merupakan senyawa volatil yang berperan dalam memberi rasa *creamy*, *fruity*, dan *coconut-like* (Mori-Mestanza *et al.*, 2026; Rojas *et al.*, 2022; Utrilla-Vázquez *et al.*, 2020). Seperti juga senyawa

pyrazine, kadar lactone dalam biji akan semakin meningkat dengan adanya proses *roasting*.

Fine flavor cocoa (FFC) merupakan kategori biji yang ditetapkan oleh ICCO (*International Cocoa Organization*) memiliki rasa yang seimbang dan aroma yang unik, umumnya ditandai dengan aroma *fruity*, *floral*, *herbal*, dan *woody* (Anita-Sari *et al.*, 2023; International Cocoa Organization (ICCO), 2022). Terbentuknya karakter khas tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor genetik dan juga kondisi lingkungan tempat biji tersebut berasal. Walaupun total area yang ditunjukkan kedua senyawa tersebut relatif kecil dibandingkan kelompok senyawa lainnya, yaitu 0,16 % dan 0,48% secara berurutan, namun keberadaannya sangat krusial terhadap pembentukan khas aroma coklat. Kuantitas area puncak pada kromatogram tidak menentukan besar kontribusi dari kedua senyawa tersebut dalam menghasilkan aroma, akan tetapi aroma cenderung lebih ditentukan oleh tingginya *Dose over Threshold* (DoT) dari masing-masing senyawa tersebut untuk dapat ditangkap oleh sensori (Ullrich *et al.*, 2022). Keberadaan kedua jenis senyawa ini dapat berkontribusi secara signifikan dalam pengkategorian biji coklat Soppeng dari jenis *bulk* (lindak) menjadi FFC sehingga menyebabkan kualitas dan harganya di pasaran juga meningkat.

Selain kedua jenis senyawa tersebut, terdeteksinya kelompok senyawa derivat lipid seperti linoleic acid, oxalic acid, dan isopropyl eter, serta kelompok senyawa fenolik dan asam amino memberikan gambaran proses metabolisme yang terjadi dalam proses fermentasi dan pemanggaan biji kakao. Asam linoleat berkontribusi dalam memberikan tekstur lembut dan meleleh dalam mulut bagi produk coklat, disebabkan oleh titik lelehnya yang peka terhadap suhu tubuh manusia (Hatmi *et al.*, 2021; Kongor *et al.*, 2016; Ostrowska-Ligeza *et al.*, 2021). Sementara itu, oleic acid menandakan proses fermentasi yang terjadi berhasil mengaktifkan metabolisme untuk menurunkan keasaman biji dan mengubahnya menjadi aroma buah (*fruity*). Kesetimbangan antara rasa asam hasil fermentasi dan sepat (*astringency*) pada biji kakao erat kaitannya dengan kandungan senyawa fenolik dan asam amino yang terdapat dalam biji (Afoakwa *et al.*, 2008). Senyawa-senyawa tersebut berkontribusi dalam menjadikan biji kakao asal Soppeng memiliki kandungan asam lemak yang berbeda dan sensasi tekstur yang unik dan spesifik saat dikonsumsi.

Total luas area per kelompok senyawa tersebut menunjukkan bahwa total % area yang paling luas merupakan kelompok n-alkana, baik yang berupa rantai karbon panjang lurus, bercabang, ataupun

Tabel 2. Tabel ringkasan klasifikasi senyawa hasil GC-MS biji kakao terfermentasi Soppeng

Kelompok Senyawa	Jumlah Senyawa	Total % Area
n- Alkana	25 (Puncak 4, 10, 11, 15, 18, 22, 23, 25, 32, 35, 43, 53, 55, 56, 63, 65, 72, 75, 76, 82, 84, 92, 93, 97, 100)	37,4%
Alkana bercabang dan siklik	45 (Puncak 13, 16, 19, 24, 27, 28-30, 33, 36-40, 42, 44, 47-51, 57-60, 66-71, 74, 77-80, 83, 87-90, 94, 95, 96, 98)	24,8 %
Alkylpirazine	1 (Puncak 2)	0,16 %
Lacton (Cyclic ester)	1 (Puncak 99)	0,48 %
Derivat lipid	12 (Puncak 1, 8, 20, 21, 26, 41, 52, 61, 64, 81, 85, 86)	12,3 %
Phenolic, purin, dan asam amino	6 (Puncak 3, 7, 9, 12, 14, 17)	3 %
Artifact analisis dan penanda lab (kontaminan)	10 (Puncak 5, 6, 31, 34, 45, 46, 54, 62, 73, 91)	21,7 %
Total	100	100 %

Sumber: Data primer setelah diolah, (2026)

yang berbentuk siklik. Jenis senyawa ini terdeteksi dalam bentuk senyawa hexacosane ($C_{26}H_{54}$), Docosane ($C_{22}H_{46}$), Tetracosane ($C_{24}H_{50}$), Tetracontane ($C_{40}H_{82}$), Hexatriacosane ($C_{36}H_{74}$), dan Hexatriacontane ($C_{36}H_{74}$) (National Center for Biotechnology Information (NCBI), 2026). Munculnya senyawa alkana rantai panjang dalam kromatogram biji kakao juga ditemui pada hasil analisis kandungan GCMS biji kakao dari asal daerah berbeda, yaitu dari Bantaeng Sulawesi Selatan, dengan profil senyawa yang berbeda dengan biji kakao asal Soppeng (Hala *et al.*, 2024). Kemunculan senyawa alkana dalam analisis ini kemungkinan disebabkan oleh penggunaan n-hexan sebagai pelarut, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan

seluruh jenis lipid yang terdapat di dalam ekstrak. Selain itu, terdeteksinya senyawa n-alkana dengan jumlah atom karbon yang panjang kemungkinan ada kaitannya dengan senyawa penyusun lapisan kutikular yang menyaluti biji kakao. Senyawa-senyawa tersebut diketahui merupakan senyawa yang umum ditemukan dalam lapisan wax kutikuler tanaman, dan fungsinya berkontribusi dalam memberikan perlindungan terhadap cekaman lingkungan seperti kekurangan air, dan serangan hama dan penyakit (Jetter *et al.*, 2006; Shepherd & Wynne Griffiths, 2006). Adanya perbedaan profil jenis dan total area senyawa n-alkana yang diperoleh dengan biji kakao dari asal daerah lain dibandingkan dengan biji kakao asal

Soppeng ini tidak hanya memberikan petunjuk mengenai adanya perbedaan kandungan lipid dalam biji kakao, tetapi juga memberikan peluang penelitian lanjutan untuk menjadikan komposisi n-alkana sebagai alat identifikasi asal daerah biji kakao.

KESIMPULAN DAN SARAN

Terdapat sekitar 100 metabolit yang teridentifikasi pada hasil analisis GC-MS biji kakao fermentasi panggang asal Soppeng, ditunjukkan dari jumlah puncak (*peak*) yang muncul. Metabolit-metabolit tersebut dikelompokkan menjadi 5 kelompok senyawa kimia utama, yaitu n-alkana, alkylpyrazine, lactone/ ester, derivat lipid, fenolik, purin, dan asam amino, dan senyawa artifact/ kontaminan yang tidak berasal dari sampel. Terdeteksinya senyawa pyrazine, lacton, dan derivat lipid berasosiasi dengan aroma yang unik yaitu *nutty*, *fruity*, dan *creamy* dengan sedikit rasa seperti kelapa (*coconut-like hint*), sehingga mengindikasikan bahwa biji kakao asal Soppeng memiliki potensi memiliki rasa dan aromayang khas. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam meningkatkan kualitas biji kakao asal Soppeng dari tipe *bulk* menjadi tipe *fine flavor cocoa* (FFC).

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk dapat melakukan analisis lebih lanjut terhadap profil kandungan n-alkana pada sampel dari daerah berbeda

serta melakukan kuantifikasi untuk memperkirakan konsentrasi masing-masing senyawa volatile pada biji kakao asal Soppeng.

DAFTAR PUSTAKA

- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 840–857.
<https://doi.org/10.1080/10408390701719272>
- Anita-Sari, I., Murti, R. H., Misnawi, Putra, E. T. S., Setyawan, B., & Susilo, A. W. (2023). Flavor characteristics of three indonesian cocoa clones in four environments. *Agronomy*, 13(10), 1–12.
<https://doi.org/10.3390/agronomy13102658>
- Braga, S. C. G. N., Oliveira, L. F., Hashimoto, J. C., Gama, M. R., Efraim, P., Poppi, R. J., & Augusto, F. (2018). Study of volatile profile in cocoa nibs, cocoa liquor and chocolate on production process using GC × GC-QMS. *Microchemical Journal*, 141, 353–361.
<https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.05.042>
- Devy, L., Susilo, A. W., Wachjar, A., & Sobir. (2019). Metabolite profiling of Indonesian cacao using Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 347(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/347/1/012071>
- Ducki, S., Miralles-Garcia, J., Zumbé, A., Tornero, A., & Storey, D. M. (2008). Evaluation of solid-phase micro-extraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry for the headspace analysis of volatile compounds in cocoa products.

- Talanta*, 74(5), 1166–1174.
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.08.034>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). *Indonesia: Upgrading bulk cocoa into fine cocoa. One Country One Priority Product (OCOP)*.
<https://www.fao.org/one-country-one-priority-product/asia-pacific/good-practices/detail/indonesi-upgrading-bulk-cocoa-into-fine-cocoa/en>
- Hala, D. M., Mutalib, A., Indriani, S., Poleuleng, A. B., & Nurnawati, A. A. (2024). Analysis chemical compound content of roasted fermented cocoa beans from South Sulawesi using gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). *PROPER : Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 1(2), 105–111.
<https://doi.org/10.61119/prp.v1i2.469>
- Hanifah, A., Firmanto, H., Putri, S. P., & Fukusaki, E. (2022). Unique metabolite profiles of Indonesian cocoa beans from different origins and their correlation with temperature. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 134(2), 125–132.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2022.05.001>
- Hatmi, R. U., Ainuri, M., & Sukartiko, A. C. (2021). Fatty acid composition of cocoa beans from Yogyakarta special region for the establishment of geographical origin discriminations. *AgriTECH*, 41(1), 25.
<https://doi.org/10.22146/agritech.55172>
- Hotmian, E., Suoth, E., Umar, F., & Tallei, T. (2021). Analisis GC-MS (gas chromatography - mass spectrometry) ekstrak metanol dari umbi rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). *Pharmakon*, 10(2), 849–856.
DOI:10.35799/pha.10.2021.34034
- International Cocoa Organization (ICCO). (2022). *Fine or flavour cocoa*.
<https://www.icco.org/fine-or-flavor-cocoa/>
- Jetter, R., Kunst, L., & Samuels, A. L. (2006). *Composition of Plant Cuticular Waxes*. In *Biology of the Plant Cuticle* (pp. 145–181). Blackwell Publishing Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9780470988718.ch4>
- Kongor, J. E., Hinneh, M., de Walle, D. Van, Afoakwa, E. O., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016). Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile - A review. *Food Research International*, 82, 44–52.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- Kresnowati, M. T. A. P., Fitriana, H. N., & Purwadi, R. (2017). Pemetaan pengaruh proses pengolahan pada kualitas biji kakao menggunakan metode metabolik profiling dengan GC / MS. *Reaktor: Chemical Engineering Journal*, 17(3), 132–139.
<https://doi.org/10.14710/reaktor.17.3.132-139>
- Kusumaningrum, I., Hanny Wijaya, C., Kusnandar, F., Misnawi, & Sari, A. B. T. (2014). Profil aroma dan mutu sensori citarasa pasta kakao unggulan dari beberapa daerah di Indonesia. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 25(1), 106–114.
<https://doi.org/10.6066/jtip.2014.25.106>
- Magagna, F., Guglielmetti, A., Liberto, E., Reichenbach, S. E., Allegrucci, E., Gobino, G., Bicchi, C., & Cordero, C. (2017). Comprehensive chemical fingerprinting of high-quality cocoa at early stages of processing: effectiveness of combined untargeted and targeted approaches for classification and discrimination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(30), 6329–6341.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b021>

- Marseglia, A., Musci, M., Rinaldi, M., Palla, G., & Caligiani, A. (2020). Volatile fingerprint of unroasted and roasted cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) from different geographical origins. *Food Research International*, 132, 109101. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109101>
- Misnawi, & Ariza, B. T. S. (2011). Use of gas Chromatography-Olfactometry in combination with solid phase micro extraction for cocoa liquor aroma analysis. *International Food Research Journal*, 18(2).
- Mori-Mestanza, D., Valdivia-Culqui, J. E., Balcázar-Zumaeta, C. R., Cayo-Colca, I. S., Cassel, E., Castro-Alayo, E. M., & Cárdenas-Toro, F. P. (2026). Dynamic profile of metabolites and volatile compounds in post-harvest cocoa beans until chocolate production. *European Food Research and Technology*, 252(3). <https://doi.org/10.1007/s00217-026-05088-7>
- Munira, & Arsyad, M. (2021). Post-harvest handling of cocoa commodities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 681(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/681/1/012070>
- National Center for Biotechnology Information (NCBI). (2026). *PubChem Compound Summary*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound>
- Ostrowska-Ligęza, E., Dolatowska-żebrowska, K., Wirkowska-Wojdyła, M., Bryś, J., & Górka, A. (2021). Comparison of thermal characteristics and fatty acids composition in raw and roasted cocoa beans from Peru (Criollo) and Ecuador (forastero). *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/app11062698>
- Putri, D. N., Tunjung Sari, A. B., Firmanto, H., Devaere, J., De Winne, A., & Schouteten, J. J. (2025). Volatile compounds and flavor perception of cocoa mass and dark chocolates from Indonesian cocoa beans: insights into sensory acceptability. *Lwt*, 238, 118790. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118790>
- Quelal, O. M., Hurtado, D. P., Benavides, A. A., Alanes, P. V., & Alanes, N. V. (2023). Key aromatic volatile compounds from roasted cocoa beans, cocoa liquor, and chocolate. *Fermentation*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/fermentation9020166>
- Rojas, M., Hommes, A., Heeres, H. J., & Chejne, F. (2022). Physicochemical Phenomena in the Roasting of Cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Food Engineering Reviews*, 14(3), 509–533. <https://doi.org/10.1007/s12393-021-09301-z>
- Shepherd, T., & Wynne Griffiths, D. (2006). The effects of stress on plant cuticular waxes. *New Phytologist*, 171(3), 469–499. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01826.x>
- Ullrich, L., Casty, B., André, A., Hühn, T., Steinhaus, M., & Chetschik, I. (2022). Decoding the fine flavor properties of dark chocolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(42), 13730–13740. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c04166>
- Utrilla-Vázquez, M., Rodríguez-Campos, J., Avendaño-Arazate, C. H., Gschaedler, A., & Lugo-Cervantes, E. (2020). Analysis of volatile compounds of five varieties of Maya cocoa during fermentation and drying processes by Venn diagram and PCA. *Food Research International*, 129, 108834. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019>

.108834

Wahyudi, T., Panggabean, T., & Pujiyanto.
(2013). *Panduan Lengkap Kakao: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir* (F. Tamaluddin (ed.); 3rd ed.). Penebar Swadaya.

Zakidou, P., Plati, F., Matsakidou, A.,

Varka, E. M., Blekas, G., & Paraskevopoulou, A. (2020). Single origin coffee aroma: From optimized flavor protocols and coffee customization to instrumental volatile characterization and chemometrics. *Molecules*, 12(33), 46–53. <https://doi.org/10.1039/d0ay00901f>