

KAJIAN LITERATUR: PROFILING KOMPONEN AROMA KOPI ROBUSTA

LITERATURE REVIEW: PROFILING AROMA COMPOUND OF ROBUSTA COFFEE

Widya Permata Sari^{*}, Wenny Bekti Sunarharum¹, Jaya Mahar Maligan¹

¹ Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Ilmu Pangan dan Bioteknologi, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Abstrak

Kopi Robusta (*Coffea canephora*) merupakan salah satu jenis kopi yang populer dan banyak dihasilkan di seluruh dunia. Di Indonesia, kopi robusta menjadi komoditas unggulan yang banyak dibudidayakan. Salah satu komponen yang menentukan kualitas kopi adalah aromanya. Aroma merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi persepsi sensorik yang berasal dari produk itu sendiri. Aroma kopi terkait erat dengan senyawa volatilnya, yang melibatkan lebih dari 800 senyawa dengan berbagai gugus fungsi. Timbulnya aroma pada kopi dihasilkan oleh senyawa kimia yang mudah menguap (volatil). Jenis kopi yang berbeda memiliki profil aroma yang berbeda pula. Penulisan *literature review* ini bertujuan untuk mengetahui *profiling* aroma yang terkandung dalam kopi robusta menggunakan metode analisis GC-MS. Hasil *review* yang didapat menggunakan analisis GC-MS mengidentifikasi 10 kelompok senyawa aroma, yaitu *aldehyde*, *ketone*, *phenol*, *pyrazin*, *acid*, *furan*, *ester*, *alcohol*, *hydrocarbon*, dan *pyrrole*. Biji kopi robusta sangrai kaya akan aroma kacang namun menunjukkan intensitas karamel dan coklat yang lebih kuat karena senyawa yang umumnya mendominasi adalah senyawa golongan aldehid dan keton.

Kata Kunci
Komponen aroma, GC-MS, Kopi Robusta

Abstract

Robusta coffee (Coffea canephora) is one of the most popular and widely produced types of coffee worldwide. In Indonesia, Robusta coffee is a leading commodity that is widely cultivated. One of the components that determine the quality of coffee is its aroma. Aroma is one of the factors that influence sensory perception derived from the product itself. Coffee aroma is closely related to its volatile compounds, which involve more than 800 compounds with various functional groups. The aroma in coffee is produced by volatile chemical compounds. Different types of coffee have different aroma profiles. The writing of this literature review aims to determine the aroma profiling contained in robusta coffee using the GC-MS analysis method. The review results obtained using GC-MS analysis identified 10 groups of aroma compounds, namely aldehyde, ketone, phenol, pyrazin, acid, furan, ester, alcohol, hydrocarbon, and pyrrole. Roasted robusta coffee beans are rich in nutty aroma but show a stronger intensity of caramel and chocolate because the compounds that generally dominate are aldehyde and ketone group compounds.

Keywords
Aroma component, GC-MS, Robusta Coffee

* Korespondensi : Widya Permata Sari

 widyapermata28@student.ub.ac.id

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil kopi terbesar keempat di dunia setelah Brazil. Hal tersebut disebabkan oleh hasil perkebunan kopi yang melimpah dan potensi pengembangan yang besar. Saat ini, kopi masih menjadi komoditas unggulan dalam ekspor hasil pertanian Indonesia, dan diharapkan mampu meningkatkan devisa negara. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2023), produksi kopi Indonesia mencapai 794,8 ribu ton pada tahun 2022, mengalami peningkatan sekitar 1,1% dari tahun sebelumnya. Peningkatan ekspor kopi memberikan keuntungan bagi masyarakat yang mengandalkan petani kopi sebagai mata pencaharian (As'ad & Aji, 2020). Di Indonesia, jenis kopi yang umumnya dibudidayakan adalah jenis arabika (*Coffea arabica*), robusta (*Coffea canephora*), dan liberika (*Coffea liberica*) (Abdullah, 2019).

Kopi Robusta (*Coffea canephora*) adalah salah satu jenis kopi yang populer dan banyak dihasilkan di seluruh dunia. Di Indonesia, kopi robusta menjadi komoditas unggulan yang banyak dibudidayakan. Dibandingkan dengan kopi arabika, kopi robusta memiliki karakteristik rasa yang lebih pahit, sedikit asam, dan mengandung kadar kafein yang lebih tinggi (Budi *et al.*, 2020). Komposisi kimia biji kopi juga dipengaruhi oleh jenis kopi, lingkungan tumbuh, dan proses pengolahan. Proses komersial pengolahan biji kopi menjadi bubuk kopi melibatkan beberapa tahapan, seperti penyangraian (*roasting*), pendinginan, dan penggilingan (penghalusan). Selama proses penyangraian, komponen yang membentuk rasa dan aroma kopi terbentuk melalui reaksi Maillard. Reaksi Maillard ini melibatkan gula pereduksi dan asam amino bebas atau peptide rantai pendek. Hasil dari reaksi ini termasuk senyawa alkohol, asam organik, ester, fenol, dan karbonil (Sihombing *et al.*, 2018).

Salah satu faktor penting dalam kualitas kopi adalah aroma. Aroma memiliki dampak besar terhadap persepsi sensorik yang berasal dari produk itu sendiri. Aroma kopi yang khas, ditambah dengan rasa sedikit pahit akibat senyawa kimia alkaloid yang terkandung secara alami, memberikan citarasa yang menyenangkan. Citarasa kopi yang baik dianggap sebagai kombinasi seimbang antara rasa, "body", dan aroma tanpa cacat (Yunowo *et al.*, 2019). Aroma kopi terkait erat dengan senyawa volatilnya, yang melibatkan lebih dari 800 senyawa dengan berbagai gugus fungsi. Senyawa volatil dalam kopi yang telah disangrai umumnya termasuk keton dan fenol, alkohol, aldehida, asam, anhidrida, lakton, dan kandungan nitrogen seperti piridin, pirrol, dan pirazin. Namun, peran masing-masing komponen dalam kualitas aroma kopi hanya dapat dipahami melalui studi aktivitas aromanya. Tantangan utama dalam penelitian aroma adalah pemilihan komponen-komponen yang berkontribusi signifikan terhadap aroma yang dihasilkan (Moccand *et al.*, 2023).

Senyawa yang berperan dalam menentukan aroma kopi dapat diidentifikasi dengan menggunakan metode *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS). GC-MS adalah metode yang mengkombinasikan kromatografi gas dan spektrometer massa untuk mengidentifikasi dan kuantifikasi komponen-komponen Senyawa dalam campuran yang kompleks. Keunggulan dari analisis GC-MS adalah tingginya sensitivitasnya dalam memisahkan berbagai senyawa yang saling bercampur, mampu mendeteksi Senyawa-senyawa yang mudah menguap (volatile) dan mampu menganalisis berbagai Senyawa. Metode analisis GS-MS telah teruji dalam mengidentifikasi Senyawa-senyawa yang berkontribusi pada aroma kopi (Soetantijo *et al.*, 2022).

2. Bahan dan Metode

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan *review artikel* adalah dengan metode

studi kepustakaan, dimana menggunakan database elektronik secara online pada *google scholar*. Data yang digunakan berasal 23 *literature* seperti jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional dalam kurun waktu 10 tahun terakhir dan telah dipublikasi pada tahun 2013 hingga tahun 2023. *Literature* dipilih dengan ketentuan memiliki relevansi terhadap objek penelitian.

2.1. Preparasi Sampel

Biji kopi hijau dari varietas robusta disangrai hingga warnanya berubah menjadi lebih gelap (*dark roasting*) dengan suhu 190°C selama 41 menit (Chindapan *et al.*, 2021). Sampel yang telah digiling menggunakan mesin penggiling kopi melalui saringan logam Ukuran 710 µm. Semua sampel yang telah dihaluskan disimpan dan ditutup rapat dalam kemasan aluminium yang tidak dapat ditembus (Liu *et al.*, 2019).

2.2. Ekstraksi Senyawa Volatil

Senyawa penyusun aroma kopi dapat diperoleh dari berbagai metode ekstraksi, salah satunya adalah *Headspace Solid Phase Micro Extraction* (HS-SPME). HS-SPME adalah analisis kimia yang digunakan untuk mengambil dan konsentrasikan senyawa volatil dari sampel menggunakan serat sorbent dalam kondisi ruang kepala (*headspace*) dari sampel. Metode ini digunakan pada penelitian Puttatananun and Tongchitpakdee (2015) untuk menganalisis senyawa volatil pada bubuk kopi robusta, pada penelitian Yunowo *et al.*, (2019) untuk menganalisis senyawa volatile pada kopi arabika dan robusta dan pada penelitian Liu *et al.*, (2019), menggunakan ekstraksi aroma tanpa pelarut menggunakan *Headspace Solid Phase Micro Extraction* (HS-SPME). Larutan kopi bubuk dan kopi instan dibuat dengan menggunakan dengan mencampurkan 2 g kopi dengan 120 mL air panas. 25 µL 5-Methyl-2-hexanone (konsentrasi 83,0 mg/mL) ditambahkan ke dalam 5 g masing-masing sampel sebagai standar internal. Kemudian sampel tersebut diinkubasi selama 15 menit pada suhu 60°C sebelum diekspos pada *headspace-solid phase micro extraction* (HS-SPME) dengan serat DVB/CAR/PDMS selama 30 menit. SPME disuntikkan ke dalam GC dengan panas langsung desorpsi.

2.3. Analisis GC-MS

Analisis komponen volatile yang terkandung pada suatu sampel dapat dilakukan menggunakan metode GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*). GC-MS adalah metode yang mengkombinasikan kromatografi gas dan spektrometer massa. Setelah ekstraksi, sampel aroma yang telah diisolasi diinjeksikan ke dalam kolom kromatografi gas. Destilat diambil sebanyak 1 mL diinjeksikan ke dalam fasa gerak He dengan temperature injeksi 300°C dan temperatur kolom 70°C (Laiqotul, 2018). Pada penelitian Yang *et al.*, (2016) GC-MS diatur dengan menggunakan kolom Phenomenex ZB-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25µm). Kolom ini berfungsi untuk memisahkan komponen-komponen yang berada dalam sampel berdasarkan sifat fisikokimia, seperti titik didih. Suhu awal oven dipertahankan pada 40°C selama 6 menit. Kemudian dinaikkan pada 2,5°C/menit hingga 150°C dan terakhir pada 90°C/menit hingga 250°C. Port injeksi dan sumber dijaga pada suhu 250 dan 280°C. Rasio pemisahan adalah 10:1 dengan 2µL sampel diinjeksikan. Di dalam kolom kromatografi gas, komponen-komponen aroma dipisahkan menjadi puncak-puncak terpisah. Setiap puncak mewakili senyawa tertentu dalam sampel. Waktu yang diperlukan untuk munculnya puncak (waktu retensi) membantu dalam mengidentifikasi senyawa (Liu *et al.*, 2019).

3. Hasil & Pembahasan

3.1. Sifat Kimiawi Kopi Robusta

Sifat kimiawi pada biji kopi robusta memiliki dampak yang signifikan terhadap aroma yang dihasilkan. Komposisi kimia biji kopi mentah termasuk kandungan pati, protein, lipid, abu dan kafein akan mempengaruhi jenis senyawa volatile yang terbentuk selama pemanggangan akan berdampak pada profil aroma akhir kopi robusta (Chuong *et al.*, 2014). Komponen-komponen ini berkontribusi pada tampilan yang mudah menguap saat disangrai.

Tabel 1. Sifat Kimiawi pada Kopi Jenis Robusta

Komponen (%)	Robusta
Pati	1.16 ± 0.09
Protein	13.13 ± 0.12
Lipid	11.26 ± 0.20
Air	2.60 ± 0.16
Abu	4.07 ± 0.32
Kafein	1.53 ± 0.01

Sumber: (Yunowo *et al.*, 2019)

3.2. Profil Aroma Kopi Robusta

Tabel 2. berisi daftar senyawa volatil yang teridentifikasi beserta waktu retensi dan deskripsi aromanya. Berdasarkan pada hasil ekstraksi dan karakterisasi komponen aroma pada kopi robusta, ditemukan 56 senyawa komponen, dengan 9 penggolongan Senyawa. Senyawa-senyawa ini terdiri dari 9 aldehid, 12 keton, 6 fenol, 7 pirazin, 4 asam, 7 furan, 5 ester, 3 alkohol, dan 3 pirol. Namun, senyawa sulfur yang terutama bertanggung jawab atas aroma biji kopi sangrai tidak ditemukan. Hal tersebut mungkin disebabkan karena keterbatasan kolom kapiler (Chindapan *et al.*, 2021).

Tabel 2. Karakteristik Komponen Aroma pada Kopi Robusta

No	Komponen Volatil	Klasifikasi	Waktu Retensi	Deskripsi Aroma	Referensi
1	<i>Trans.beta.-lonon-5,6-epoxide</i>	Keton	1,658	<i>Woody, berry, flora</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
2	<i>2-(methoxymethyl)-furan</i>	2,37		<i>Coffee roasted</i>	Puttatanun and Tongchitpakdee, (2015)
3	<i>Acetic acid</i>	Asam	2,434	<i>Pungent, vinegar</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
4	<i>Propanoic acid, ethyl ester</i>	Ester	2,558	<i>Sweet, fruity, grape, like banana and pineapple</i>	Hanasasmita (2018)
5	<i>2-Methylfuran</i>	Furan	2,7	<i>Malty</i>	Yang <i>et al.</i> , (2016)
6	<i>2,3-Butanedione</i>	Keton	3,08	<i>Buttery, Cheesy</i>	Yang <i>et al.</i> , (2016)
7	<i>Butanal,3-methyl-</i>	Aldehid	3,213	<i>Fruity, peach-like</i>	Sunarhum (2016)
8	<i>Butanal,2-methyl-</i>	Aldehid	3,348	<i>Almond, Cocoa, fermented, malt</i>	Sunarhum (2016)

No	Komponen Volatil	Klasifikasi	Waktu Retensi	Deskripsi Aroma	Referensi
9	<i>2,3-Pentadione</i>	Keton	4,88	<i>Oily, Buttery</i>	Yang <i>et al.</i> , (2016)
10	<i>1H-Pyrrole,1-methyl-</i>	Pirol	4,907	<i>Herbal</i>	Hui & Evranuz, (2016)
11	<i>1-(2-furanil-etanon)</i>	Alkohol	6,877	<i>Burnt, caramel</i>	Laiqotul (2018)
12	<i>2,4-pentadienal</i>	Aldehid	6,927	<i>Fruity</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
13	<i>2-Furancarboxaldehyde</i>	Furan	8,095	<i>Almond like, caramel, spicy</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
14	<i>2-(methylsulfanylmethyl)-furan</i>	Furan	8,64	<i>Onion, garlic, sulfurous, pungent, vegetable</i>	Puttatanun and Tongchitpakdee, (2015)
15	<i>2-asetoksimetilfuran</i>	Ester	9,492	<i>caramel, nutty</i>	Laiqotul (2018)
16	<i>Ethylpyrazine</i>	Pirazin	10,39	<i>Nutty, peanut, butter</i>	Caporaso <i>et al.</i> , (2018)
17	<i>Furfurylformate</i>	Ester	11,037	<i>Floral</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
18	<i>Ethanone,1-(2-furanyl)-</i>	Keton	11,188	<i>Balsamic-sweet, nutty</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
19	<i>2-Methylpyrazine</i>	Pirazin	12,53	<i>Nutty, roasted, chocolate</i>	Yang <i>et al.</i> , (2016)
20	<i>Mequinol (4-metoksifenol)</i>	Fenol	12,84	<i>Smoky</i>	Laiqotul (2018)
21	<i>1-(2-furyl)-2-propanone</i>	Keton	12,985	<i>Herbal, green</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
22	<i>Phenol,2,3-dimethyl-</i>	Fenol	13,244	<i>Phenolic</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
23	<i>5-methyl-furfural</i>	Aldehid	13,352	<i>Caramellic</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
24	<i>3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine</i>	Pirazin	13,85	<i>Earthy, roasty</i>	Caporaso <i>et al.</i> , (2018)
25	<i>2-Furanmethanol,acetate</i>	Ester	14,658	<i>Fruity</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
26	<i>2,5-Dimethylpyrazine</i>	Pirazin	14,96	<i>Nutty, roasted, grassy</i>	Caporaso <i>et al.</i> , (2018)
27	<i>Heptanoic acid</i>	Asam	15,053	<i>Sour-acetic odor, Caramellic, sweetness</i>	Laiqotul (2018)
28	<i>1H-pyrrole-2-carboxaldehyde, 1- methyl</i>	Aldehid	15,121	<i>Roasted nut</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
29	<i>1-Propanone,1-(2-furanyl)-</i>	Keton	15,246	<i>Herbal, green</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
30	<i>2,6-Dimethylpyrazine</i>	Pirazin	15,27	<i>Chocolate, cocoa, roasted nuts</i>	Caporaso <i>et al.</i> , (2018)
31	<i>2-Formyl pyrrole</i>	Aldehid	15,458	<i>Musty</i>	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)
32	<i>2-acetylfuran</i>	Furan	16,30	<i>Sweet, almond, nutty, toasted</i>	Puttatanun and Tongchitpakdee,

No	Komponen Volatil	Klasifikasi	Waktu Retensi	Deskripsi Aroma	Referensi
33	<i>Tea pyrrole</i>	Aldehid	16,933	<i>Burnt, roasted, smoky</i>	Yunowo et al., (2019)
34	<i>2-Furanmethyl acetate</i>	Furan	16,96	<i>Ethereal-floral, herbal, spicy</i>	Caporaso et al., (2018)
35	<i>Ethanone,1-(1H-pyrrol-2-yl)-</i>	Keton	17,51	<i>Earthy, Nutty</i>	Yunowo et al., (2019)
36	<i>alpha.alpha-dihydroxyacetophenone</i>	Keton	17,674	<i>Green</i>	Yunowo et al., (2019)
37	<i>1-(2-furyl)-butan-3-one</i>	Keton	17,843	<i>Spice</i>	Yunowo et al., (2019)
38	<i>2-Ethyl-6-methylpyrazine</i>	Pirazin	17,86	<i>Roasted, Hazelnut</i>	Yang et al., (2016)
39	<i>Ethanone,1-(1-methyl-1H-pyrrol-2-yl)</i>	Keton	17,949	<i>Savory</i>	Yunowo et al., (2019)
40	<i>2-furfuryl furan</i>	Furan	18,196	<i>Roasted</i>	Yunowo et al., (2019)
41	<i>2-Methoxyphenol</i>	Fenol	18,396	<i>Powerful smoky, phenolic, burn</i>	Caporaso et al., (2018)
42	<i>Trimethylpyrazine</i>	Pirazin	18,59	<i>Nutty, Roasty</i>	Yang et al., (2016)
43	<i>Nonanal</i>	Aldehid	19,141	<i>Floral, green, lemon</i>	Yunowo et al., (2019)
44	<i>2-Furanmethanol</i>	Alkohol	20,7	<i>Caramellic, burnt, smoky</i>	Caporaso et al., (2018)
45	<i>3-Methylbutanoic acid</i>	Asam	20,96	<i>Cheesy, dairy, creamy, fermented</i>	Caporaso et al., (2018)
46	<i>N-furfuryl pyrrole</i>	Pirol	21,954	<i>Vegetable</i>	Yunowo et al., (2019)
47	<i>Furfurylpentanoate</i>	Ester	23,445	<i>Sweet, fruity, pineapple-like</i>	Yunowo et al., (2019)
48	<i>Difurfuryl ether</i>	Furan	26,212	<i>Coffee, earthy</i>	Yunowo et al., (2019)
49	<i>Phenol</i>	Fenol	26,6	<i>Smoky, phenolic, plastic, rubber</i>	Caporaso et al., (2018)
50	<i>2-Methoxy-4-vinylphenol</i>	Fenol	26,672	<i>Woody, smoky</i>	Yunowo et al., (2019)
51	<i>beta.Damascenone</i>	Keton	28,954	<i>Floral, woody</i>	Yunowo et al., (2019)
52	<i>Furfuryl alcohol</i>	Alkohol	30,13	<i>Burnt</i>	Yang et al., (2016)
53	<i>Hexanoic acid</i>	Asam	31,3	<i>Fatty-rancid, acrid-acid</i>	Yang et al., (2016)
54	<i>2-Ethyl-2-methoxyphenol</i>	Fenol	43,21	<i>Smoky, spicy</i>	Yang et al., (2016)
55	<i>Ethanone,2,2-dihydroxy-1-phenyl-</i>	Keton	-	<i>Spice</i>	Yunowo et al., (2019)

No	Komponen Volatil	Klasifikasi	Waktu Retensi	Deskripsi Aroma	Referensi
56	1 <i>H</i> -pyrrole,1-(2-furanylmethyl)-	Pirol	-	Earthy-green	Yunowo <i>et al.</i> , (2019)

Senyawa volatil yang banyak ditemukan dalam kopi robusta yang telah disangrai termasuk dalam beberapa golongan aroma utama. Biji kopi robusta sangrai kaya akan aroma kacang namun menunjukkan intensitas karamel dan coklat yang lebih kuat. Hal ini dikarenakan adanya peningkatan signifikan pada kandungan aldehid dan keton (Puttatananun and Tongchitpakdee, 2015). Diantara berbagai kelompok senyawa volatil, kelompok senyawa-senyawa tersebut terbentuk dalam kisaran suhu 140-200°C melalui reaksi antara asam amino dan gula (reaksi maillard). Banyak dari senyawa-senyawa ini yang tercatat sebagai kontributor utama dalam aroma kopi robusta yang mengandung jumlah asam amino yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kopi arabika (Poisson *et al.*, 2017). Deskripsi aroma dari senyawa-senyawa ini bervariasi dari aroma berumput, tanah, karamel, kacang, coklat hingga aroma panggang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Pirazin yang teridentifikasi dalam biji robusta sangrai terdiri dari 2-Methylpyrazine, 2,5-Dimethylpyrazine, 2,6-Dimethylpyrazine, Ethylpyrazine, 2-Ethyl-6-methylpyrazine, Trimethylpyrazine, dan 3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine. Pirazin termasuk ke dalam Senyawa nitrogen heterosiklik yang mengandung empat atom karbon dan dua atom nitrogen dalam kerangka cincin. Pirazin merupakan salah satu kelompok senyawa yang memberikan aroma panggang (Puttatananun and Tongchitpakdee, 2015). Menurut Liu *et al.*, (2019), pirazin menyumbang sekitar 14% dari total senyawa volatil yang disangrai. Contohnya termasuk pada kandungan 2-ethylpyrazine yang berkontribusi dalam memberikan aroma kacang, kacang panggang, dan karamel.

Furan yang teridentifikasi dalam biji robusta sangrai terdiri dari 2-Methylfuran, 2-acetylfuran, 2-furfuryl furan, Difurfuryl ether, 2-Furanmethyl acetate, 2-(methoxymethyl)-furan, dan 2-(methylsulfanylmethyl)-furan. Furan adalah kelompok senyawa teroksigenasi yang dapat terbentuk dalam biji kopi selama proses pemanggangan melalui berbagai cara seperti karamelisasi (degradasi karbohidrat) dan asam askorbat serta oksidasi termal asam lemak tak jenuh dan beberapa furan juga dapat terbentuk dari reaksi maillard (Chindapan *et al.*, 2021). Furan memberikan kontribusi aroma khas pada kopi dan mungkin memberikan nuansa pemanis. Contohnya termasuk pada kandungan 2-furancarboxaldehyde telah dilaporkan sebagai senyawa volatil yang berkontribusi pada aroma manis seperti karamel tetapi juga aroma seperti kayu manis dan almond (Liu *et al.*, 2019).

Asam yang teridentifikasi dalam biji robusta sangrai terdiri dari Acetic acid, Heptanoic acid, 3-Methylbutanoic acid. Asam (acid) adalah Senyawa yang terbentuk melalui berbagai reaksi kimia kompleks yang terjadi selama penyangraian (*roasting*) biji kopi. Salah satu reaksi yang paling berperan dalam pembentukan aroma asam adalah reaksi maillard yang terjadi antara gula dan asam amino dalam biji kopi yang dipanaskan. Reaksi maillard menghasilkan berbagai senyawa volatil yang memberikan aroma dan rasa asam pada kopi. Asam berkontribusi dalam memberikan asamitas dan aroma yang dihasilkan meliputi asam seperti asam pada buah-buahan. Contohnya termasuk pada kandungan acetic acid telah dilaporkan sebagai senyawa volatil yang berkontribusi pada aroma asam cuka pada kopi (Yunowo *et al.*, 2019)

Aldehid yang teridentifikasi dalam biji robusta sangrai terdiri dari Butanal,3-methyl-, Butanal,2-methyl-, 2,4-pentadienal, 2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-furfural, 1*H*-pyrrole-2-

carboxaldehyde, 1- methyl, 2-Formyl pyrrole, Tea pyrrole, dan Nonanal. Aldehid terbentuk dalam kopi melalui reaksi kimia yang kompleks selama proses pemanggangan biji kopi. Dua reaksi utama yang berperan dalam pembentukan Senyawa aldehid adalah reaksi degradasi termal yang terjadi selama proses roasting, dimana panas yang tinggi akan merombak struktur gula dan reaksi maillard yang merupakan reaksi terjadinya antara asam amino dengan gula selama proses *roasting* biji kopi. Aldehid memberikan aroma kopi yang kuat dan khas, serta nuansa manis dan karamel. Contohnya termasuk pada kandungan *3-Methylbutanal* yang berkontribusi pada aroma kopi yang kuat dan khas, serta nuansa manis dan karamel (Sunarhum, 2016).

Pirol yang teridentifikasi dalam biji robusta sangrai terdiri dari *1H-Pyrrole,1-methyl-, N-furfuryl pyrrole, 1H-pyrrole,1-(2-furanylmethyl)-*. Pirol terbentuk melalui reaksi antara gula pereduksi dan asam amino serta reaksi turunan furan dengan asam a-amino dalam kondisi panas dan kering. Reaksi ini berperan penting dalam pembentukan berbagai senyawa volatil yang memberikan aroma dan rasa khas pada kopi. Aroma yang dihasilkan dari senyawa pirol pada kopi umumnya meliputi aroma panggang dan rempah, coklat, kacang-kacangan dan rempah. Contohnya termasuk pada kandungan *1-(2-furanil-etanon)* yang berkontribusi pada aroma panggang dan caramel (Laiqotul, 2018).

Fenol yang teridentifikasi dalam biji robusta terdiri dari *Phenol,2,3-dimethyl-, 2-Methoxyphenol, 2-Ethyl-2-methoxyphenol, 2-Methoxy-4-vinylphenol, Mequinol (4-metoksifenol)*, dan *Phenol*. Fenol terbentuk melalui reaksi yang kompleks selama proses pemanggangan biji kopi. Reaksi ini melibatkan transformasi komponen-komponen kimia yang ada dalam biji kopi mentah menjadi senyawa-senyawa volatil selama pemanasan. Salah satu reaksi utama yang berperan dalam pembentukan senyawa fenol pada kopi adalah reaksi degradasi termal yang melibatkan pemecahan biji kopi menjadi senyawa yang lebih sederhana dan volatil. Aroma yang dihasilkan umumnya meliputi aroma kayu bakar atau asap dan rempah-rempah Contohnya termasuk pada kandungan *2-Methoxyphenol* yang berkontribusi pada aroma kopi yang berasap kuat, fenolik, dan terbakar Caporaso *et al.*, (2018).

Keton yang teridentifikasi dalam biji kopi robusta sangrai terdiri dari *Trans.beta.-lonon-5,6-epoxide, Ethanone,1-(2-furanyl)-, 1-(2-furyl)-2-propanone, 1-Propanone,1-(2-furanyl)-, Ethanone,1-(1H-pyrrol-2-yl)-, alpha.alpha-dihydroxyacetophenone, Ethanone,2,2-dihydroxy-1-phenyl-,1-(2-furyl)-butan-3-one, Ethanone,1-(1-methyl-1H-pyrrol-2-yl), beta.Damascenone, 2,3-Butanedione, 2,3-Pentadione*. Keton terbentuk melalui berbagai reaksi kimia seperti karamelisasi yang terjadi selama proses pemanggangan biji kopi yang dinilai dapat meningkatkan aroma kopi robusta sangrai. Reaksi ini melibatkan transformasi komponen-komponen kimia dalam biji kopi mentah menjadi senyawa-senyawa volatil keton selama proses pemanasan. Aroma yang dihasilkan umumnya meliputi aroma butter atau creamy, panggang, kacang dan coklat (Toledo *et al.*, 2016). Contohnya pada *2,3-Butanedione* yang berkontribusi pada aroma kopi *Buttery* dan *Cheesy* (Yang *et al.*, 2016)

Ester yang teridentifikasi dalam biji kopi robusta sangrai terdiri dari *Propanoic acid, ethyl ester, Furfurylformate, methanol,acetate, Furfurylpentanoate, dan 2-asetoksimetilfuran*. Ester terbentuk melalui kimia yang kompleks selama proses pemanggangan biji kopi. Reaksi-reaksi yang berperan dalam pembentukan Senyawa ester melibatkan interaksi antara asam dan alkohol. Salah satu reaksi yang terjadi yaitu reaksi maillard, dimana asam amino yang gula berinteraksi untuk membentuk berbagai Senyawa volatil, termasuk Senyawa-senyawa yang dapat berinteraksi lebih lanjut dengan alkohol

untuk membentuk ester. Aroma yang dihasilkan dari senyawa ester pada kopi umumnya meliputi aroma manis, buah-buahan, dan bunga, Contohnya pada kandungan *Furfurylpentanoate* yang berkontribusi pada aroma kopi yang manis, buah-buahan, seperti buah nanas (Yunowo et al., 2019).

Alkohol yang teridentifikasi dalam biji kopi robusta sangrai terdiri dari 2-*Furanmethanol*, 1-(2-*furanyl-etanon*), *Furfuryl alcohol*. Alkohol terbentuk melalui reaksi kimia yang terjadi selama proses pemanggangan biji kopi. Reaksi yang berperan dalam pembentukan senyawa alkohol pada kopi adalah reaksi degradasi termal dan reaksi Maillard. Selama reaksi degradasi termal, komponen-komponen kompleks dalam biji kopi mentah dipecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana, termasuk senyawa alkohol. Reaksi maillard juga dapat berkontribusi pada pembentukan senyawa alkohol melalui interaksi antara asam amino dan gula. Aroma yang dihasilkan meliputi manis, buah-buahan, bunga, dan tropis atau eksotis. Contohnya pada kandungan 2-*Furanmethanol* yang berkontribusi pada aroma kopi manis seperti karamel (Caporaso et al., 2018).

4. Kesimpulan

Aroma kopi erat kaitannya dengan senyawa volatil yang melibatkan lebih dari 800 senyawa dengan berbagai gugus fungsi. Senyawa yang berperan dalam menentukan aroma kopi dapat diidentifikasi dengan menggunakan metode *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS). Aroma dan rasa khas dalam biji kopi robusta yang telah disangrai sangat dipengaruhi oleh sejumlah senyawa volatil yang terbentuk selama proses pemanggangan. Biji kopi robusta disangrai memiliki ciri khas aroma kacang yang kuat, namun juga menunjukkan aroma karamel dan coklat yang lebih intens. Berbagai kelompok senyawa volatil, termasuk furan, keton, asam, aldehid, pirol, fenol, dan ester, berperan dalam memberikan kompleksitas aroma dan rasa yang khas pada kopi. Masing-masing kelompok senyawa memiliki kontribusi unik pada profil aroma kopi. Sebagai contoh, pirazin memberikan aroma panggang, fenol memberikan nuansa asap dan rempah-rempah, sedangkan ester memberikan aroma buah-buahan dan bunga. Aldehid memberikan aroma khas yang kuat, sering kali dengan nuansa manis dan karamel. Alkohol memberikan aroma manis, buah-buahan, dan bunga.

Daftar Pustaka

- Abdullah, M. I. N. K. 2019. Photobook Siti Kewe The Highland of Gayo. Pantun Jurnal Ilmiah Seni Budaya, 4(1), pp.36-46.
- As'ad, M. H., and Joni, M. M. A. 2020. Faktor yang Mempengaruhi Preferensi Konsumen Kedai Kopi Modern di Bondowoso. Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian, 13(2), pp.182-199.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023, Jakarta. Badan Pusat Statistik.
- Budi, D., Mushollaeni, W., Yusianto, and Rahmawati, A. 2020. Karakterisasi Kopi Bubuk Robusta (*Coffea canephora*) Tulungrejo Terfermentasi dengan Ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Jurnal Agroindustri, 10(2), pp.129-138.
- Caporaso, N., Whitworth, M. B., Cui, C., Fisk, I. D. 2018. Variability of Single Bean Coffee Volatile Compounds of Arabica and Robusta Roasted Coffees Analysed by SPME-GC-MS. Food Research International, 108, pp.628-640.
- Chindapan, N., Puanggoen, C., and Devahastin, S. 2021. Original Article Profiles of Volatile Compounds and Sensory Characteristics of Robusta Coffee Beans Roasted by Hot Air and Superheated Steam. International Journal of Food Science and Technology, pp.1-

12.

- Chindapan, N., Soydok, S. and Devahastin, S. 2019. Roasting Kinetics and Chemical Composition Changes of Robusta Coffee Beans Durlng Hot Air and Superheated Steam Roasting. *Journal of Food Science*, 84, pp.292–302.
- Cuong, T. V., Ling, L. H., Ling, L. H., Quan, G. K., Tiep, T. D., Nan, X., Qing, C. X., and Linh, T. L. 2014. Effect Of Roasting Conditions on Several Chemical Constituents of Vietnam Robusta Coffee. *Fascicle VI-Food Technology*, 38(2), pp.43-56.
- Hanasasmita, N. 2018. Profiling Komponen Aroma Kopi (Arabika dan Robusta) UB Forest dengan Aplikasi Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS). Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Hui, Y., and Evranuz, E. 2016. *Handbook of Vegetable Preservation and Processing*, Second Edition. CRC Press.
- Laiqotul, L. 2018. Analisis Kandungan Senyawa Volatil, Kadar Lipid dan Nitrogen Total dalam Kopi Robusta Olah Basah. Skripsi. Universitas Jember.
- Liu, C., Yang, Q., Linforth, R., Fisk, I. D., and Yang, N. 2019. Modifying Robusta coffee aroma by green bean chemical pre-treatment. *Food Chemistry*, 272, pp.251-257.
- Moccand, C., Manchala, A. D., Sauvageat, J., Lima, A., FleuryRey, Y., Glabasnia, A. 2023. Improvement of Robusta Coffee Aroma by Modulating Flavor Precursors in The Green Coffee Bean with Enzymatically Treated Spent Coffee Grounds: A Circular Approach. *Food Research International*, 170(2023), pp.10-9.
- Poisson, L., Blank, I., Dunkel, A. and Hofmann, T. 2017. The chemistry of roasting-decoding flavor formation. In: *The Craft and Science of Coffee* (edited by B. Folmer). Pp. 273–309. London: Academic Press.
- Puttatanun, Y., and Tongchitpakdee, S. 2015. Volatile Compounds in Robusta Instan Coffee. *Journal of Agro-industry Branch*, 57, pp.788-795.
- Seotantijo, L. A., Hendrik, O. L., Heriyanto, Mitha, A. P. H., and Tatas, H. P. B. 2022. Optimization of Adsorption and Desorption Time in the Extraction of Volatile Compounds in Brewed Java Arabica Coffee Using the HS-SPME/GC-MS Technique. *Journal of Scientific and Applied Chemistry*, 25(2), pp.49-55.
- Sihombing, M., Puspita, D., Sirenden, M. T. 2018. Fragrance Formation in the of Cocoa Roasted Process (*Theobroma cacao*) with Roaster Temperature Variation using a Vacuum Drying Oven, *Journal of Scientific and Applied Chemistry*, 21(3), pp.155-160.
- Sunarhum, W. 2016. *The Compositional Basis of Coffee Flavour*. Thesis. The University of Queensland.
- Toledo, P. R. A. B., Pezza, L., Pezza, H. R., and Toci, A. T. 2016. Relationship Between The Different Aspects Related to Coffee Quality and Their Volatil Compounds. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*, 15, pp.705-709.
- Yang, N., Liu, C., Liu X., Degn, X. K., Munchow, M., and Fisk, I. 2016. Determination of Volatile Marker Compounds of Common Coffee Roast Defects. *Food Chemistry*, 211, pp.206-214.
- Yunowo, S. S., Hanasasmita, N., Sunarhum, W. B., and Harijono. 2019. Effect of different aroma extraction methods combined with GC-MS on the aroma profiles of coffee. *International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy*, 230, pp.1-8.