

Original Article

Karakteristik Kimia dan Profil Sensori Kombucha dari Kopi Arabika Hasil Maserasi Semi-karbonik

Chemical Characteristic and Sensory Profile of Kombucha Made from Semi-carbonic Maceration Arabica Coffee

Kharisma Indah Listyorini*, Afif Arwani, Muhammad Iqbal Fanani Gunawan

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia 56116

* Corresponding email: kharismaindah@untidar.ac.id

Abstract: *Arabica coffee cultivated in Magelang Regency, Indonesia has been explored as an alternative medium for kombucha production. Arabica coffee cherries can undergo semi-carbonic maceration, a post-harvest method involving anaerobic soaking in airtight containers, which may influence kombucha properties derived from the infusion. This study aimed to evaluate the chemical and sensory characteristics of kombucha produced from semi-carbonic maceration Arabica coffee infusion. The fermentation process was conducted for 14 days, followed by analysis of phenolic content, total acetic acid, caffeine content, antioxidant activity, and total sugar. The results obtained were 0.16%, 0.43%, 0.29%, 44.09%, and 11.20 °Brix, respectively. These chemical characteristics represent quality attributes of fermented Arabica coffee kombucha and may serve as preliminary data for product development. Sensory evaluation using a 7-point hedonic scale revealed an average overall liking score of 3.75, reflecting moderate acceptance. The Check-All-That-Apply (CATA) method indicated that panelists predominantly associated the beverage with fermented, acid, vinegar, and sparkling attributes. Principal Coordinate Analysis (PCoA) further demonstrated that overall liking was positively correlated with acid and vinegar descriptors, while negatively correlated with sparkling, herbal, woody, floral, and opaque. These findings suggest that semi-carbonic maceration Arabica coffee infusion is a promising substrate for kombucha production with distinctive sensory attributes.*

Keywords: *kombucha, arabica coffee, carbonic maceration, CATA, hedonic*

Abstrak: Kopi arabika asal Kabupaten Magelang, Indonesia mulai dieksplorasi sebagai media alternatif dalam pembuatan kombucha. Buah kopi arabika dapat diproses melalui maserasi semi-karbonik, yaitu metode pascapanen yang melibatkan perendaman anaerobik dalam wadah kedap udara, yang dapat memengaruhi karakteristik kombucha yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik kimia dan sensori kombucha dari seduhan kopi arabika hasil maserasi semi-karbonik. Proses fermentasi kombucha dilakukan selama 14 hari, dilanjutkan dengan analisis kadar fenolik, total asam asetat, kadar kafein, aktivitas antioksidan, dan total gula yang menunjukkan hasil sebesar 0.16%, 0.43%, 0.29%, 44.09%, dan 11.20 °Brix, secara berturut-turut. Karakteristik kimia tersebut menggambarkan mutu kombucha kopi arabika hasil fermentasi dan dapat digunakan sebagai informasi awal dalam pengembangan produk kombucha kopi arabika. Evaluasi sensori menggunakan skala hedonik 7 poin menunjukkan skor kesukaan keseluruhan rata-rata 3.75, menunjukkan penerimaan sedang. Metode *Check-All-That-Apply* (CATA) menunjukkan bahwa panelis secara dominan mengasosiasikan minuman dengan atribut *fermented*, *acid*, *vinegar*, dan *sparkling*. Hasil *Principal Coordinate Analysis* (PCoA) memperlihatkan bahwa kesukaan secara keseluruhan berkorelasi positif dengan deskriptor *acid* dan *vinegar*, sementara berkorelasi negatif dengan deskriptor *sparkling*, *herbal*, *woody*, *floral*, dan *opaque*. Temuan ini menunjukkan bahwa

seduhan kopi arabika hasil maserasi semi-karbonik merupakan substrat yang menjanjikan untuk produksi kombucha dengan atribut sensoris yang khas.

Kata kunci: kombucha, kopi arabika, maserasi karbonik, CATA, hedonik

PENDAHULUAN

Kombucha merupakan minuman hasil fermentasi yang terbuat dari seduhan tumbuhan (teh, jus, ekstrak rempah-rempah) menggunakan kultur simbiotik bakteri dan khamir (SCOBY). Proses fermentasi kombucha tradisional melibatkan bakteri asam asetat dan asam laktat, serta khamir, sehingga menghasilkan produk dengan kadar alkohol rendah dan komponen bioaktif tinggi [1]. Sifat fungsional kombucha didukung oleh keberadaan senyawa fenolik, asam organik, vitamin, enzim, dan asam amino yang terdapat secara alami dalam bahan baku atau diproduksi oleh mikroorganisme selama proses fermentasi. Komponen-komponen ini dapat memberikan manfaat kesehatan yang signifikan dan sifat terapeutik seperti aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antikanker, dan antimikroba [2].

Komposisi komponen fungsional dan manfaat kesehatan kombucha bergantung pada jenis bahan baku yang digunakan dan proses fermentasi, yang meliputi jenis starter, waktu fermentasi, dan suhu fermentasi [3]. Berbagai inovasi telah dilakukan dengan memanfaatkan berbagai bagian tumbuhan sebagai bahan baku untuk menghasilkan kombucha dengan karakteristik sensori yang lebih menarik atau sifat fungsional yang lebih tinggi, termasuk daun, buah, rimpang, dan lainnya [4]. Kopi, khususnya arabika, merupakan substrat alternatif yang menjanjikan karena kaya akan senyawa fenolik, kafein, dan komponen volatil yang dapat berkontribusi pada atribut sensori yang khas dan potensi manfaat kesehatan. Berbagai varietas kopi di Jawa Tengah telah didaftarkan pada indikasi geografis, salah satunya adalah kopi arabika Merapi Merbabu [5].

Maserasi semi-karbonik, sebuah teknik fermentasi yang banyak digunakan dalam pembuatan anggur, telah terbukti meningkatkan pelepasan prekursor aroma volatil dan meningkatkan kualitas sensorik anggur [6]. Proses ini juga memodulasi aktivitas mikroba dan metabolisme asam, sehingga memengaruhi karakteristik kimia dan sensori minuman akhir. Adaptasi terbaru dari maserasi karbonik dalam pengolahan kopi telah terbukti mengubah komposisi kimia dan meningkatkan kualitas sensorik [7][8]. Namun, penelitian tentang aplikasinya dalam kombucha masih terbatas, terutama menggunakan kopi arabika sebagai substrat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik kimia dan profil sensori kombucha yang dihasilkan dari seduhan kopi arabika hasil maserasi semi-karbonik. Temuan ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam pengembangan minuman kombucha inovatif dengan sifat fungsional dan sensorik yang khas.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah kopi varietas arabika petik merah umur panen 8 bulan yang berasal dari petani kopi di Kabupaten Magelang, SCOBY (*Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast*) dari penjual lokal, sukrosa dalam bentuk gula pasir. Alat yang digunakan dalam proses pembuatan kopi dan kombucha adalah Dehidrator FDH 5, penggiling kopi DK-60, jar gelas ukuran 2L, thermometer pyrex, dan refraktometer digital.

Pembuatan Kopi

Buah ceri kopi Arabika dipetik merah dari petani di Kabupaten Magelang. Proses pembuatan kopi dimulai dengan merendam ceri merah dalam wadah tertutup rapat dan kedap udara selama 24 jam. Ceri kopi kemudian dikeringkan dalam dehidrator pada suhu 40 °C selama 24 jam. Biji kopi yang telah kering dipisahkan dari kulitnya dan disangrai secara tradisional hingga berwarna cokelat muda. Biji kopi kemudian digiling menjadi bubuk menggunakan Penggiling Kopi DK-60.

Pembuatan Kombucha

Sebanyak 55 g bubuk kopi diseduh dengan 1 liter air pada suhu 92.2–94.4 °C dan didiamkan selama 5 menit. Setelah itu, larutan kopi dipisahkan dari ampasnya. Kemudian, 100 g gula pasir (10% b/v) dilarutkan dalam kopi seduh panas dan didinginkan hingga suhu ruang (25 °C). Larutan kopi kemudian dipindahkan ke fermentor kaca dan ditambahkan SCOBY berukuran 1 cm x 1 cm x 0,5 cm dan starter kombucha cair (10% v/v) sebanyak 10 mL. Fermentasi dilakukan selama 14 hari pada suhu 25 °C [20].

Total Asam Asetat

Total asam asetat ditentukan dengan titrasi asam-basa mengikuti AOAC [9] dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 10 g sampel ditimbang secara akurat ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL dan diencerkan hingga tanda batas dengan akuades. Dari larutan ini, 25 mL dipindahkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 3-5 tetes indikator fenolftalein. Larutan dititrasi dengan NaOH 0,1 N standar hingga warna merah muda samar bertahan setidaknya selama 30 detik. Kadar asam asetat dihitung berdasarkan persamaan:

$$\% \text{ total asam asetat} = \frac{V_c \times N_{\text{NaOH}} \times 60.05}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

dengan V_c adalah volume titran terkoreksi (mL), N_{NaOH} adalah normalitas NaOH, 60.05 adalah berat ekivalen asam asetat (g/eq), dan m_s adalah massa sampel (g). Semua analisis dilakukan secara duplo.

Kadar Fenolik

Penetapan kadar fenol dilakukan dengan metode Folin–Denis [10] dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 5 g sampel yang telah dihomogenkan ditimbang ke dalam labu Erlenmeyer 100 mL dan diencerkan hingga tanda batas dengan akuades menggunakan labu ukur 100 mL. Suspensi disaring atau disentrifugasi untuk mendapatkan filtrat yang jernih. Sebanyak 1 mL filtrat ini dipindahkan ke dalam tabung reaksi, diikuti dengan penambahan 0.5 mL reagen Folin–Denis (diencerkan 1:1) dan 1 mL larutan natrium karbonat jenuh. Campuran didiamkan selama 10 menit pada suhu ruang sebelum diencerkan menjadi 10 mL dengan akuades dan dihomogenkan menggunakan *vortex mixer*. Absorbansi diukur pada 730 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis terhadap blanko reagen. Konsentrasi fenol dalam sampel ditentukan dari kurva kalibrasi yang dibuat menggunakan larutan standar fenol.

Kadar Kafein

Kandungan kafein dalam sampel dievaluasi menggunakan metode yang dijelaskan oleh Jacobs [11] dengan sedikit modifikasi. Sampel pertama-tama digiling dan ditimbang akurat hingga 5 g, kemudian dicampur dengan 1 g magnesium oksida dan 200 mL akuades. Campuran dipanaskan dengan refluks selama 2 jam dan selanjutnya diencerkan hingga 250 mL dengan akuades dalam labu ukur. Sebanyak 100 mL larutan ini dipindahkan ke dalam gelas kimia,

diikuti dengan penambahan 10 mL asam sulfat (1:9, v/v), dan dipanaskan hingga volumenya berkurang menjadi 25 mL. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam corong pemisah, dicampur dengan 10 mL asam sulfat (1:99, v/v), dan diekstraksi berturut-turut dengan kloroform dalam porsi 10, 15, 20, dan 25 mL, dikocok kuat setelah setiap penambahan. Setelah itu, 5 mL larutan kalium hidroksida 1% ditambahkan, dan campuran dicuci kembali dengan kloroform. Dua lapisan berbeda terbentuk: lapisan kloroform bawah mengandung kafein dan lapisan air atas mengandung komponen non-kafein. Lapisan kloroform dikumpulkan dan diuapkan dalam oven pada suhu 100 °C hingga mencapai berat konstan. Kandungan kafein dihitung secara gravimetri menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ kafein} = \frac{W_r \times F}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

dengan W_r adalah berat residu kafein kering (g), W_s adalah berat sampel awal (g), dan F adalah faktor pengenceran.

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan sampel dievaluasi menggunakan uji penangkap radikal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) sebagaimana dijelaskan oleh Molyneux [12] dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 1.00 g sampel ditimbang secara akurat dan dilarutkan dalam etanol untuk menyiapkan larutan stok dengan konsentrasi yang diketahui. Sebanyak 1.0 mL larutan stok dipindahkan ke dalam tabung reaksi dan dicampur dengan 1.0 mL larutan DPPH (200 µM, disiapkan dalam metanol). Campuran reaksi diinkubasi dalam gelap pada suhu ruang selama 30 menit. Setelah inkubasi, setiap tabung diencerkan hingga 5.0 mL dengan metanol dan divorteks untuk menghomogenkan. Blanko reagen disiapkan dengan mencampurkan 1.0 mL larutan DPPH dengan 4.0 mL metanol. Absorbansi diukur pada 517 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Aktivitas penangkap radikal (*radical scavenging activity* atau RSA) dihitung sebagai:

$$\% \text{ antioxidant activity} = \frac{A_c - A_s}{A_c} \times 100 \quad (3)$$

dengan A_c merupakan absorbansi reagen blanko (larutan DPPH tanpa sampel) dan A_s merupakan absorbansi campuran reaksi sampel.

Total Gula

Total gula (°Brix) diukur menggunakan refraktometer digital. Sekitar 5 g sampel yang telah dihomogenkan disaring untuk mendapatkan larutan yang jernih, dan setetes filtrat ditempatkan pada permukaan prisma. Instrumen dikalibrasi dengan akuades sebelum digunakan. Pembacaan dilakukan pada suhu 25 °C dengan kompensasi suhu otomatis, dan hasilnya dinyatakan secara langsung dalam °Brix.

Profil Sensori

Sebanyak 40 panelis tidak terlatih direkrut untuk evaluasi sensori sampel. Panelis menguji sampel menggunakan metode hedonik dan CATA (*Check-All-That-Apply*). Atribut sensori yang dievaluasi dalam pengujian hedonik adalah rasa, aroma, warna, dan secara keseluruhan dengan skala 7 poin di setiap atribut, mulai dari "sangat tidak suka" hingga "sangat suka". Metode CATA (*Check-All-That-Apply*) digunakan untuk mengevaluasi keberadaan 17 atribut dalam sampel, yaitu *citric, fermented, floral, herbal, woody, honey, acid, bitter, sweet, alcoholic, vinegar, astringent, fizzy, refreshing, full body, opaque*, dan *sparkling* dengan

deskripsi atribut yang dapat dilihat pada Tabel 1. Sebelum mencicipi sampel, panelis diminta untuk mengisi kolom kriteria kopi ideal terlebih dahulu. Kemudian, panelis mencicipi sampel dan menilai atribut sensori apa yang dirasakan dalam sampel dengan memberikan tanda centang pada atribut sensori yang dapat menggambarkan sampel [13].

Tabel 1 Deskripsi atribut sensori uji CATA

No	Atribut	Deskripsi
1	<i>Citric</i>	Aroma yang berasosiasi dengan jeruk
2	<i>Fermented</i>	Aroma yang berasosiasi dengan produk fermentasi
3	<i>Floral</i>	Aroma yang berasosiasi dengan bunga
4	<i>Herbal</i>	Aroma seperti bumbu daun kering
5	<i>Woody</i>	Aroma yang berasosiasi dengan kayu
6	<i>Honey</i>	Aroma yang berasosiasi dengan madu
7	<i>Acid</i>	Rasa dasar yang berasosiasi dengan larutan pH asam
8	<i>Bitter</i>	Rasa dasar yang berasosiasi dengan pahit
9	<i>Sweet</i>	Rasa dasar yang distimulasi oleh sukrosa
10	<i>Alcoholic</i>	Flavor yang berasosiasi dengan alkohol
11	<i>Vinegar</i>	Flavor yang berasosiasi dengan cuka atau cuka apel
12	<i>Astringent</i>	Sensasi sepat di mulut
13	<i>Fizzy</i>	Sensasi minuman bersoda
14	<i>Refreshing</i>	Sensasi menyegarkan
15	<i>Full Body</i>	Sensasi pekat / konsentrasi tinggi penuh di mulut
16	<i>Opaque</i>	Kenampakan tidak tembus pandang
17	<i>Sparkling</i>	Kenampakan berkilau

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kimia Kombucha Kopi Arabika

Karakteristik kimia kombucha kopi Arabika disajikan pada Tabel 2, menunjukkan kandungan fenolik sebesar 0.16% setelah 14 hari fermentasi. Konsentrasi senyawa fenolik dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kondisi pertumbuhan tanaman dan ketersediaan sinar matahari yang memengaruhi aktivitas fotosintesis. Selama fermentasi, depolimerisasi tearubigin berkontribusi pada pelepasan senyawa fenolik yang lebih sederhana, sementara metabolisme mikroba juga berperan penting. Kultur simbiosis bakteri dan khamir menghasilkan flavonoid melalui reaksi enzimatis, sehingga berkontribusi pada komposisi fenolik kombucha secara keseluruhan [14]. Penelitian yang telah dilakukan oleh Anh-Dao et al. [15] menunjukkan bahwa kadar total fenolik pada kopi Arabika sangrai tingkat sedang sebesar 3.26%. Penurunan kadar fenolik total setelah proses fermentasi terjadi akibat degradasi dan perubahan struktur senyawa fenolik melalui metabolisme mikroba selama fermentasi [16].

Tabel 2 Profil komposisi kimia kombucha kopi Arabika

No	Parameter	Value
1	Total fenolik (%)	0.16 ± 0.00
2	Total asam asetat (%)	0.43 ± 0.18
3	Kadar kafein (%)	0.29 ± 0.04
4	Antioksidan (%)	44.09 ± 2.53
5	Total gula (°Brix)	11.20 ± 1.21

Total asam asetat dalam kombucha kopi Arabika tercatat sebesar 0.43%. Sebagai perbandingan, penelitian sebelumnya yang telah dilakukan melaporkan bahwa kombucha cascara kopi arabika yang difermentasi selama 8 jam memiliki 0.29% asam asetat. Akumulasi asam asetat dalam kombucha disebabkan oleh aktivitas metabolisme konsorsium SCOBY,

kultur simbiotik bakteri dan khamir yang memanfaatkan gula sebagai substrat untuk menghasilkan asam organik [17]. Sebagaimana dicatat oleh Ayuratri dan Kusnadi [18], sukrosa mengalami biotransformasi selama fermentasi yang menghasilkan asam asetat dan glukonat. Asam asetat tidak hanya berkontribusi pada keasaman minuman, tetapi juga merangsang pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yang selanjutnya memetabolisme substrat untuk menghasilkan etanol. Interaksi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa keberadaan asam asetat yang dihasilkan oleh *Acetobacter xylinum* selama fermentasi aerobik mendukung proliferasi *S. cerevisiae* [19].

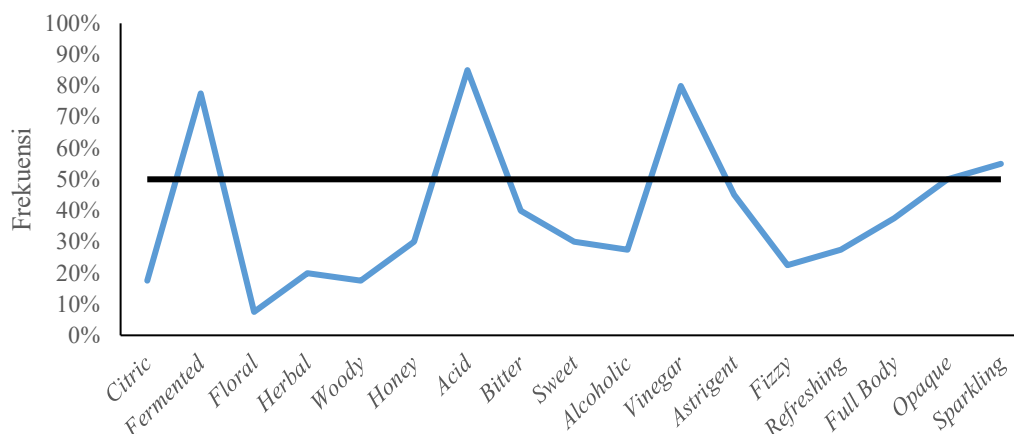
Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, kadar kafein kombucha kopi Arabika sebesar 0.29%. Penelitian sebelumnya melaporkan kadar kafein sebesar 0.77% dalam kombucha kopi Arabika setelah sembilan hari fermentasi [20]. Penelitian lain lebih lanjut menunjukkan bahwa kadar kafein umumnya menurun seiring dengan waktu fermentasi yang lebih lama. Penurunan ini terutama berkaitan dengan aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam asosiasi mikroba SCOBY karena khamir dan bakteri memanfaatkan kafein sebagai sumber nutrisi [21]. Melalui jalur enzimatik seperti demetilasi, kafein didegradasi menjadi metabolit termasuk teobromin, teofilin, dan xantin melalui jalur katabolik purin [22][23]. Beberapa galur bakteri yang terlibat dalam fermentasi kombucha telah diidentifikasi dengan kapasitas degradasi kafein [24] yang memperkuat peran biotransformasi mikroba dalam proses ini. Lebih lanjut, akumulasi asam organik dan penurunan pH selama fermentasi semakin mempercepat degradasi kafein. Fermentasi yang berkepanjangan secara konsisten terbukti menurunkan kadar kafein dibandingkan dengan konsentrasi awal dengan penurunan paling nyata terjadi pada tahap awal [25]. Secara kolektif, temuan ini menunjukkan bahwa penurunan kadar kafein selama fermentasi kombucha merupakan hasil dari pengaruh gabungan metabolisme mikroba, konversi enzimatik, dan perubahan kimia seiring waktu.

Hasil uji yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kombucha kopi Arabika yang difermentasi selama 14 hari menunjukkan aktivitas antioksidan sebesar 44.09%. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kombucha cascara kopi Arabika yang difermentasi selama 8 hari menunjukkan aktivitas antioksidan sebesar 87.01% [17]. Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Kusuma dan Fibrianto [26] mencatat bahwa aktivitas antioksidan dalam kombucha umumnya menurun seiring dengan fermentasi yang diperpanjang, yang berkaitan dengan penurunan pH dan meningkatnya keasaman larutan. Selama fermentasi kombucha, pH minuman menurun akibat produksi asam organik seperti asam asetat dan asam glukonat oleh bakteri asam asetat. Lingkungan asam ini dapat memengaruhi stabilitas senyawa fenolik yang merupakan kontributor utama aktivitas antioksidan minuman [27].

Analisis juga mengungkapkan bahwa kombucha kopi Arabika yang difermentasi selama 14 hari mengandung kadar gula total sebesar 11.20%. Kadar gula total dalam kombucha cascara kopi Arabika yang difermentasi selama 8 hari sebesar 5.92% [17], sementara kadar gula total dalam kombucha daun kopi sebesar 1.98% [28]. Variasi kadar gula di antara produk kombucha sebagian besar ditentukan oleh aktivitas mikroba selama fermentasi karena gula berfungsi sebagai sumber nutrisi utama untuk pertumbuhan dan metabolisme mikroba. Kadar gula dalam kombucha berfungsi sebagai sumber karbon yang mendukung proliferasi mikroba dan proses biokimia [29]. Dalam kultur SCOBY, khamir dan bakteri memetabolisme gula dan kemudian mengubahnya menjadi asam organik dan alkohol, sehingga memengaruhi konsentrasi gula akhir minuman.

Profil Sensori Kombucha Kopi Arabika

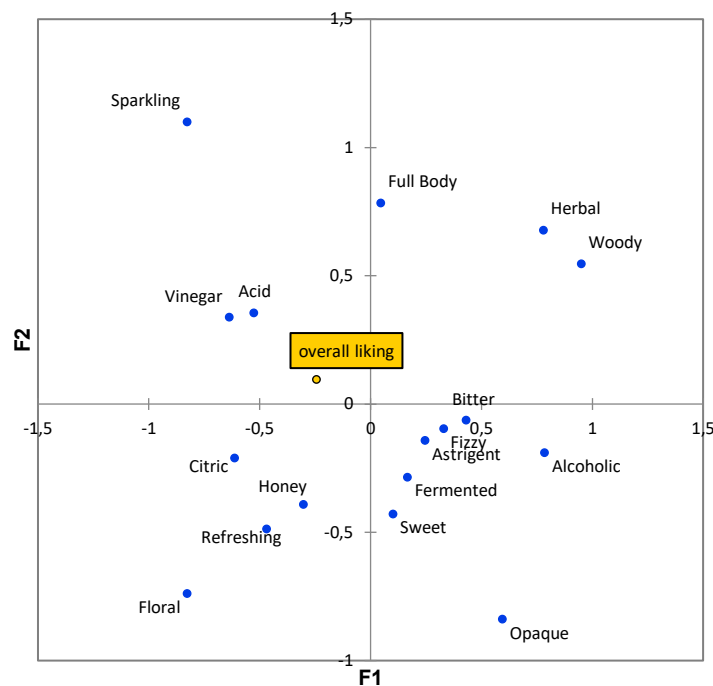
Rata-rata skor hedonik dari 40 panelis untuk warna, aroma, rasa, dan nilai keseluruhan kombucha kopi Arabika adalah 4.08; 3.75; 3.53; 3.75 pada skala 1 hingga 7. Sementara itu, hasil uji CATA dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2. Frekuensi (%) respons panelis (Gambar 1) dalam evaluasi CATA menunjukkan bahwa atribut-atribut seperti *fermented*, *acid*, *vinegar*, dan *sparkling* merupakan atribut yang paling dominan dipilih, menunjukkan bahwa karakteristik-karakteristik ini mewakili persepsi sensorial yang paling menonjol dari produk. Dominasi deskriptor ini menunjukkan bahwa panelis sangat mengasosiasikan produk dengan atribut-atribut khas yang berasal dari proses fermentasi.



Gambar 1 Frekuensi (%) evaluasi panelis dengan CATA

Ares dan Jaeger [30] menekankan bahwa data frekuensi CATA dapat secara efektif mengidentifikasi deskriptor kunci yang mendorong persepsi konsumen. Dominasi deskriptor *acid* dan *vinegar* mencerminkan aktivitas metabolisme bakteri asam asetat selama fermentasi yang umumnya dilaporkan sebagai fitur sensorial yang menentukan kombucha [27]. Lebih lanjut, atribut *sparkling* yang dipilih oleh panelis menyoroti karbonasi yang dihasilkan melalui metabolisme khamir, berkontribusi pada profil sensorial yang menyegarkan dari minuman tersebut. Analisis frekuensi respons CATA tidak hanya mengidentifikasi karakteristik sensorial yang dominan, tetapi juga memberikan gambaran hubungan atribut-atribut ini dengan penerimaan konsumen [31]. Dengan demikian, dominasi deskriptor *fermented*, *acid*, *vinegar*, dan *sparkling* menegaskan bahwa panelis mempersepsikan produk tersebut sebagai produk yang sangat didorong oleh fermentasi, konsisten dengan profil kombucha yang diharapkan.

Principal Coordinate Analysis (PCoA) memberikan visualisasi komprehensif tentang hubungan antara atribut sensorial dan kesukaan secara keseluruhan. Dalam studi ini, kesukaan secara keseluruhan tampak berkorelasi positif dengan atribut *acid* dan *vinegar* karena keduanya terletak berdekatan dengan kesukaan secara keseluruhan pada peta PCoA. Hal ini menunjukkan bahwa keasaman dan aroma seperti cuka memainkan peran penting dalam membentuk penerimaan konsumen terhadap kombucha yang terbuat dari kopi Arabika hasil maserasi semi-karbonat. Atribut-atribut tersebut merupakan ciri khas kombucha karena aktivitas bakteri asam asetat yang menghasilkan asam organik, seperti asam asetat dan asam glukonat selama fermentasi yang berkontribusi pada rasa asam dan tajam khas yang sering diasosiasikan konsumen dengan kesegaran dan kualitas produk [27]. Korelasi positif menunjukkan bahwa atribut sensorial ini dianggap diinginkan dan dapat berperan sebagai pendorong utama kesukaan konsumen terhadap produk.



Gambar 2 Principal coordinate analysis (PCoA) untuk kesukaan keseluruhan (*overall liking*) dan atribut CATA

Sebaliknya, kesukaan secara keseluruhan menunjukkan korelasi negatif yang kuat dengan atribut-atribut, seperti *sparkling*, *herbal*, *woody*, *floral*, dan *opaque*. Jarak spasial deskriptor-deskriptor ini dari kesukaan secara keseluruhan pada plot PCoA mencerminkan pengaruhnya yang terbatas atau bahkan merugikan terhadap preferensi konsumen. Atribut *sparkling*, meskipun merupakan karakteristik karbonasi dalam kombucha akibat metabolisme khamir dianggap berlebihan atau mengganggu ketika dikombinasikan dengan aroma asam yang kuat, sehingga mengurangi penerimaan konsumen. Demikian pula, deskriptor *herbal*, *woody*, dan *floral* meskipun relevan dengan bahan bakunya, tetapi tidak sejalan dengan ekspektasi konsumen terhadap kombucha yang lebih berpusat pada karakteristik rasa asam dan aroma seperti cuka. Atribut *opaque* juga berkorelasi negatif dengan kesukaan menunjukkan bahwa kekeruhan dalam minuman berkaitan dengan kesan visual yang kurang menarik, sehingga mengurangi penerimaan secara keseluruhan.

Hasil analisis menunjukkan pentingnya menyeimbangkan keasaman dan aroma seperti cuka untuk meningkatkan kesukaan konsumen sekaligus memoderasi atribut-atribut yang dianggap kurang baik. Hasil PCoA juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pendekatan CATA dan pemetaan multivariat berharga dalam mengidentifikasi faktor sensori positif dan negatif yang memengaruhi kesukaan [30], [31]. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penerimaan sensori kombucha kopi Arabika hasil maserasi semi-karbonik sangat dipengaruhi oleh profil *acid* dan *vinegar*, sementara atribut seperti *sparkling*, *herbal*, *woody*, *floral*, dan *opaque* memerlukan optimasi agar lebih sesuai dengan preferensi konsumen.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa seduhan kopi Arabika hasil maserasi semi-karbonik dapat dimanfaatkan sebagai substrat untuk produksi kombucha. Minuman yang dihasilkan

menunjukkan karakteristik kimia khas kombucha, ditandai oleh keberadaan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan, kandungan asam asetat yang memberikan sifat asam, kafein yang masih terdeteksi, serta total gula sebagai residu fermentasi, yang mendukung potensinya sebagai minuman fungsional. Evaluasi sensori menunjukkan penerimaan konsumen yang moderat atau sedang dengan panelis sebagian besar mengasosiasikan produk dengan atribut *fermented*, *acid*, *vinegar*, dan *sparkling*. *Principal Coordinate Analysis* (PCoA) menunjukkan bahwa kesukaan secara keseluruhan berkorelasi positif dengan keasaman (*acid*) dan aroma seperti cuka (*vinegar*), sementara atribut seperti *sparkling*, *herbal*, *woody*, *floral*, dan *opaque* berkorelasi negatif dengan penerimaan. Hasil ini menunjukkan bahwa kombucha kopi Arabika hasil maserasi semi-karbonik menyajikan profil sensoris khas yang terbentuk melalui proses fermentasi dan dapat berfungsi sebagai produk kombucha alternatif menjanjikan yang berasal dari kopi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Tidar atas dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini. Kami juga menyampaikan apresiasi yang tulus kepada seluruh panelis sensori atas kontribusi berharga mereka selama proses evaluasi.

REFERENSI

- [1] H. Antolak, D. Piechota, and A. Kucharska, “Kombucha tea—A double power of bioactive compounds from tea and symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY),” Oct. 01, 2021, *MDPI*. doi: 10.3390/antiox10101541.
- [2] H. Kitwetcharoen *et al.*, “Kombucha Healthy Drink—Recent Advances in Production, Chemical Composition and Health Benefits,” Jan. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/fermentation9010048.
- [3] Í. A. C. L. de Oliveira, V. A. de O. Rolim, R. P. L. Gaspar, D. Q. Rossini, R. de Souza, and C. S. B. Bogsan, “The Technological Perspectives of Kombucha and Its Implications for Production,” Apr. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/fermentation8040185.
- [4] K. E. Emiljanowicz and E. Malinowska-Pańczyk, “Kombucha from alternative raw materials—The review,” Oct. 27, 2020, *Bellwether Publishing, Ltd.* doi: 10.1080/10408398.2019.1679714.
- [5] F. Ashardiono and A. Trihartono, “Optimizing the potential of Indonesian coffee: a dual market approach,” *Cogent Soc Sci*, vol. 10, no. 1, 2024, doi: 10.1080/23311886.2024.2340206.
- [6] Y. S. Zhang *et al.*, “The effect of carbonic maceration during winemaking on the color, aroma and sensory properties of ‘Muscat Hamburg’ wine,” *Molecules*, vol. 24, no. 17, Aug. 2019, doi: 10.3390/molecules24173120.

- [7] D. Brioschi Junior *et al.*, “Microbial fermentation affects sensorial, chemical, and microbial profile of coffee under carbonic maceration,” *Food Chem*, vol. 342, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128296.
- [8] W. dos S. Gomes *et al.*, “Changes in the Chemical and Sensory Profile of *Coffea canephora* var. Conilon Promoted by Carbonic Maceration,” *Agronomy*, vol. 12, no. 10, Oct. 2022, doi: 10.3390/agronomy12102265.
- [9] AOAC INTERNATIONAL, *Official Method 942.15: Acidity (Titratable) of Fruit Products, in Official Methods of Analysis*, 17th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2000.
- [10] O. Folin and W. Denis, “A Colorimetric Method for the Determination of Phenols (and Phenol Derivatives) in Urine,” *J Biol Chem*, vol. 22, no. 2, pp. 305–308, 1915.
- [11] M. B. Jacobs, *The Chemical Analysis of Foods and Food Products*, 3rd ed. Princeton: D. Van Nostrand Company Inc., 1962.
- [12] P. Molyneux, “The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity,” *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, vol. 26, no. 2, pp. 211–219, 2004.
- [13] L. Dooley, Y. seung Lee, and J. F. Meullenet, “The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping,” *Food Qual Prefer*, vol. 21, no. 4, pp. 394–401, Jun. 2010, doi: 10.1016/j.foodqual.2009.10.002.
- [14] B. A. Nummer, “Kombucha brewing under the Food and Drug Administration model Food Code: risk analysis and processing guidance,” *J Environ Health*, vol. 76, no. 4, pp. 8–11, 2013.
- [15] L. T. Anh-Dao *et al.*, “Changes in the total phenolic contents, chlorogenic acid, and caffeine of coffee cups regarding different brewing methods,” *Food Res*, vol. 8, no. 6, pp. 71–79, Dec. 2024, doi: 10.26656/fr.2017.8(6).279.
- [16] O. A. Adebo and I. G. Medina-Meza, “Impact of fermentation on the phenolic compounds and antioxidant activity of whole cereal grains: A mini review,” Feb. 19, 2020, *MDPI AG*. doi: 10.3390/molecules25040927.
- [17] A. E. Shafira, A. Hintono, and S. Susanti, “Effect of Fermentation Time on Chemical, Microbiological and Hedonic Quality of Kombucha of Arabica Coffee Cascara (*Coffea arabica* L.),” *Journal of Applied Food Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 5–10, Jun. 2022, doi: 10.17728/jaft.8399.
- [18] M. K. Ayuratri and J. Kusnadi, “Aktivitas antibakteri kombucha jahe (*Zingiber officinale*): Kajian varietas jahe dan konsentrasi madu,” *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 5, no. 3, pp. 95–107, 2017.
- [19] Y. M. Nur, S. Indrayati, P. Periadnadi, and N. Nurmiati, “Pengaruh Penggunaan Beberapa Jenis Ekstrak Tanaman Beralkaloid terhadap Produk Teh Kombucha,” *Jurnal*

- Biologi UNAND*, vol. 6, no. 1, pp. 55–62, Mar. 2018, doi: 10.25077/jbioua.6.1.55-62.2018.
- [20] A. J. N. Parhusip, “Aktivitas Antioksidan dan Kadar Kafein Kombucha Kopi [Antioxidant Activity and Caffeine Content of Coffee Kombucha],” *FaST: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2022.
- [21] L. R. Nasution, Y. M. Permata, J. M. Keliat, M. A. T. Pelawi, V. K. Ciunardy, and T. R. Seruni, “Fermentation effects on caffeine content and chemical parameters of kombucha coffee cascara,” *International Journal of Applied Pharmaceutics*, pp. 11–16, Sep. 2024, doi: 10.22159/ijap.2024v16s4.52252.
- [22] S. Chakravorty, S. Bhattacharya, A. Chatzinotas, W. Chakraborty, D. Bhattacharya, and R. Gachhui, “Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics,” *Int J Food Microbiol*, vol. 220, pp. 63–72, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015.
- [23] Q. Guo *et al.*, “Microbial fermentation in fermented tea beverages: transforming flavor and enhancing bioactivity,” *Beverage Plant Research*, vol. 4, Aug. 2024, doi: 10.48130/bpr-0024-0026.
- [24] R. Parvin, S. Bhattacharya, S. S. Chaudhury, U. Roy, J. Mukherjee, and R. Gachhui, “Production, Purification and Characterization of a Novel Thermostable Caffeine Dehydrogenase from *Pichia manshurica* Strain CD1 Isolated from Kombucha Tea,” *Microbiology (N Y)*, vol. 92, no. 2, pp. 230–241, Apr. 2023, doi: 10.1134/S0026261722601476.
- [25] N. Sanwal, A. Gupta, M. A. Bareen, N. Sharma, and J. K. Sahu, “Kombucha fermentation: Recent trends in process dynamics, functional bioactivities, toxicity management, and potential applications,” *Food Chemistry Advances*, vol. 3, p. 100421, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.focha.2023.100421.
- [26] G. S. P. Kusuma and K. Fibrianto, “Pengaruh optimasi lama fermentasi terhadap karakteristik kombucha daun tua kopi robusta Dampit metode oksidatif dan non-oksidatif,” *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 6, no. 4, pp. 87–97, Oct. 2018, doi: 10.21776/ub.jpa.2018.006.04.10.
- [27] R. Jayabalan, R. V. Malbaša, E. S. Lončar, J. S. Vitas, and M. Sathishkumar, “A Review on Kombucha Tea—Microbiology, Composition, Fermentation, Beneficial Effects, Toxicity, and Tea Fungus,” *Compr Rev Food Sci Food Saf*, vol. 13, no. 4, pp. 538–550, Jul. 2014, doi: 10.1111/1541-4337.12073.
- [28] P. N. Suhardini and E. Zubaidah, “Studi aktivitas antioksidan kombucha dari berbagai jenis daun selama fermentasi,” *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 4, no. 1, pp. 221–229, Jan. 2016.
- [29] Y. Puspitasari, R. Palupi, and M. Nurikasari, “Analisis kandungan vitamin C teh kombucha berdasarkan lama fermentasi sebagai alternatif minuman untuk antioksidan,” *Global Health Science*, vol. 23, pp. 245–253, 2017.

- [30] G. Ares and S. R. Jaeger, “Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: experimental considerations and impact on outcome,” in *Rapid Sensory Profiling Techniques*, Elsevier, 2015, pp. 227–245. doi: 10.1533/9781782422587.2.227.
- [31] M. Meyners, J. C. Castura, and B. T. Carr, “Existing and new approaches for the analysis of CATA data,” *Food Qual Prefer*, vol. 30, no. 2, pp. 309–319, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.foodqual.2013.06.010.