

## **Karakteristik fisikokimia dan organoleptik teh kombucha sarang semut (*Myrmecodia* sp.) pada variasi konsentrasi gula dan lama fermentasi**

### ***Physicochemical and Organoleptic Characteristics of Sarang Semut (Myrmecodia sp.) Kombucha Tea at Various Sugar Concentrations and Fermentation Durations***

**Peronika Br Barus<sup>1</sup>, Zita Letviany Sarungallo<sup>2\*</sup>, Meike Melan Lisangan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua.

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua, Jalan Gunung Salju, Amban, Manokwari-98314, Papua Barat

\*Email: [zlsarungallo@yahoo.com](mailto:zlsarungallo@yahoo.com)

Disubmit: 28 Desember 2025, direvisi: 23 Januari 2026, diterima: 31 Januari 2026

Doi : 10.30862/cassowary.cs.v9.1.516

---

**ABSTRACT:** *Sarang semut (Myrmecodia sp.) has potential to be developed as a raw material for functional beverages through fermentation processes; however, the effects of sugar formulation and fermentation time on its product characteristics have not been extensively studied. This study aimed to analyze the effects of sugar concentration and fermentation time on the physicochemical and organoleptic characteristics of sarang semut kombucha tea as a basis for the development of functional beverage products. The research was conducted using an experimental method with a factorial Completely Randomized Design (CRD), consisting of two factors: sugar concentration (20, 25, and 30%) and fermentation time (0, 4, 6, 8, 10, 12, and 14 days). The results showed that sugar concentration and fermentation time significantly affected the physicochemical characteristics of sarang semut kombucha tea. The pH value decreased during fermentation, from 4.15-4.23 on day 0 to 2.64-2.76 on day 14. Total soluble solids (TSS) increased with increasing sugar concentration and fermentation time, ranging from 14.5-17.0 °Brix at 20% sugar concentration, 18.0-19.9 °Brix at 25%, and 21.7-23.8 °Brix at 30%. Total acidity also increased with fermentation time, from 7.71-8.10% on day 4 to 15.63-17.37% on day 14. Meanwhile, organoleptic test results indicated that sugar concentration and fermentation time did not significantly affect color, aroma, taste, or the intensity of aroma and taste, with ratings ranging from neutral to slightly liked. The resulting sarang semut kombucha tea exhibited a brownish-yellow color, a moderately strong characteristic ant nest aroma, and a moderately sour taste intensity.*

**Keywords:** *Sarang semut, Kombucha, Fermentation time, Sugar concentration*

---

## **PENDAHULUAN**

Kesadaran masyarakat terhadap pola hidup sehat telah mendorong peningkatan konsumsi pangan fungsional, terutama minuman fungsional yang memberikan manfaat

kesehatan tambahan. Hal ini sejalan dengan pergeseran pola konsumsi masyarakat yang tidak hanya mencari minuman pelepas dahaga, tetapi juga mempertimbangkan nilai fungsional bagi kesehatan (Yuliawaty & Susanto, 2019).

Kombucha merupakan salah satu minuman fungsional hasil fermentasi yang semakin populer di kalangan masyarakat. Naland *et al.*, (2019) membuktikan bahwa kombucha mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti polifenol, asam organik, dan vitamin yang dihasilkan selama proses fermentasi oleh kultur SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast). Proses fermentasi kombucha terbukti dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan menghasilkan metabolit sekunder yang bermanfaat bagi kesehatan. Chu & Chen, (2006) melaporkan bahwa proses fermentasi meningkatkan bioavailabilitas senyawa polifenol dari teh, sehingga aktivitas antioksidannya menjadi lebih tinggi dibandingkan teh yang tidak difermentasi. Vīna *et al.*, (2014) juga melaporkan bahwa kombucha yang difermentasi selama 7-14 hari menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi dengan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), yang mengindikasikan kemampuan optimal dalam menangkap radikal bebas.

Indonesia memiliki keanekaragaman tanaman herbal yang berpotensi dikembangkan menjadi minuman fungsional, salah satunya adalah sarang semut (*Myrmecodia* sp.). Sarang semut merupakan tumbuhan endemik Indonesia yang secara tradisional telah digunakan sebagai obat. Bonggol sarang semut mengandung komponen fitokimia yaitu flavonoid, triterpenoid/steroid, saponin dan tannin galat yang berperan sebagai antioksidan alami (Dirgantara *et al.*, 2013).

Kajian pembuatan minuman instan dari sarang semut telah dilaporkan oleh Ngoranubun (2008) dengan menggunakan formulasi gula 75, 67, 50, dan 33%, sementara tren minuman saat ini sudah mulai mengurangi penggunaan gula. Dalam pembuatan teh kombucha, penambahan gula dikonversi oleh kultur mikroba menjadi berbagai metabolit seperti asam laktat, asam asetat, dan senyawa bioaktif lain yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh (Cheepchirasuk *et al.*, 2025).

Namun, efektivitas proses fermentasi tersebut sangat dipengaruhi oleh kadar gula awal dan lama fermentasi. Pengaruh kedua faktor ini sudah banyak dikaji pada kombucha berbahan teh hitam atau teh hijau (Vitasari *et*

*al.*, 2021), tetapi karakteristik fermentasi pada larutan sarang semut belum diketahui, mengingat perbedaan komposisi kimia dan kandungan fitokimianya. Dengan demikian, pembuatan teh kombucha berbasis sarang semut merupakan solusi untuk meminimalisasi kandungan gula sekaligus berpotensi meningkatkan aktivitas fungsionalnya, tetapi membutuhkan kajian lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi gula dan lama fermentasi terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik teh kombucha sarang semut, serta mengevaluasi perubahan parameter fisikokimia dan tingkat penerimaan sensorik sebagai dasar pengembangan produk fungsional berbasis sumber daya lokal.

## MATERI DAN METODE

### Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sarang semut (*Myrmecodia* sp.) yang berasal dari Kampung Indabri, Distrik Minyambouw, Kabupaten Pegunungan Arfak, Provinsi Papua Barat. Adapun kriteria fisik sarang semut yang siap panen meliputi warna kulit bonggol coklat tua, tekstur keras, struktur rongga internal yang berkembang sempurna, serta kondisi bonggol yang utuh dan bebas dari kerusakan.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan teh kombucha sarang semut yaitu sarang semut, gula (Gulaku Murni PT Sweet Indo, Lampung), SCOBY dan starter (Rumah Fermentasi, Jakarta) dan air minum kemasan Le Mineral (PT. Tirta Fresindo Jaya, Bogor). Bahan untuk uji total asam yaitu NaOH 0,1 N, aquades, dan indikator phenolphthalein (PP).

Peralatan yang digunakan untuk preparasi sampel adalah timbangan digital (Henherr BL-H2, PT Sakti Presisi, Indonesia), oven pengering kabinet, blender, pisau, talenan dan saringan. Peralatan yang digunakan untuk pembuatan teh kombucha sarang semut adalah pemanas, panci, toples kaca, kain steril, karet gelang dan botol kemasan Polyethylene Terephthalate (PET). Peralatan untuk analisis antara lain beaker glass, gelas ukur, tabung reaksi, pipet tetes, Erlenmeyer, buret, pH meter (pH-016, Fuzhou Hedao Trade Co., Ltd, Cina),

hand refractometer (FHR-1 Brix 0~32%, Jepang), spektrofotometri (Shimadzu Uv mini-1240, Jepang).

## Tahapan penelitian

### Pembuatan bubuk sarang semut

Proses pembuatan bubuk sarang semut diawali dengan tahap pengupasan kulit, kemudian pengecilan ukuran dengan ketebalan  $\pm 3$  mm dan pencucian menggunakan air bersih yang mengalir untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel. Setelah bersih, irisan sarang semut dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60-70°C sampai mencapai kadar air sekitar 10-12%, yang ditandai dengan tekstur keras dan mudah dipatahkan sehingga mudah untuk digiling. Irisan sarang semut yang telah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk dan diayak (80 mesh), sebelum dikemas dalam plastik.

### Pembuatan teh kombucha sarang semut

Tahap ini bertujuan menghasilkan teh kombucha dengan variasi konsentrasi gula 20%, 25%, dan 30% serta lama fermentasi (0, 4, 6, 8, 10, 12, dan 14 hari) sehingga memperoleh karakteristik fisikokimia dan organoleptik terbaik. Tahapan penelitian meliputi pembuatan teh kombucha, proses fermentasi, dan pemanenan.

Proses pembuatan teh kombucha sarang semut diawali dengan persiapan toples kaca, yang terlebih dahulu disterilisasi untuk memastikan wadah bebas dari kontaminan yang dapat mengganggu proses fermentasi. Toples kaca disiapkan sebanyak 21 buah dan disterilkan dengan cara direbus dalam air mendidih selama 30 menit dan dikeringkan. Selanjutnya pembuatan seduhan sarang semut yang mengacu pada laporan Ngoranubun (2008) dengan menggunakan perbandingan bubuk sarang semut dan air adalah 1:50.

Proses seduhan diawali dengan merebus air hingga 100°C setelah itu tambahkan bubuk sarang semut, diamkan selama  $\pm 15$  menit dan disaring. Sementara itu, dilakukan persiapan SCOBY. Karakteristik SCOBY yang sehat, yaitu memiliki tekstur yang kenyal, dengan permukaan yang halus dan berwarna krem hingga coklat muda, ketebalan SCOBY yang

ideal berkisar antara 0,5 hingga 2,5 cm, dengan lapisan yang padat dan tidak mudah sobek, aroma yang segar dan sedikit asam, mirip dengan cuka apel (tanpa bau busuk atau menyengat yang mengindikasikan kontaminasi). Permukaan SCOBY yang sehat, bebas dari bercak-bercak berwarna hijau, hitam, atau merah muda yang merupakan tanda pertumbuhan jamur atau bakteri (Villarreal-Soto *et al.*, 2018).

Setelah semua bahan disiapkan sesuai dengan komposisi perlakuan (Tabel 1), dilakukan proses pencampuran dan fermentasi teh kombucha dari sarang semut. Proses fermentasi diawali dengan memasukkan bahan-bahan ke dalam botol steril. Pertama masukkan gula ke dalam botol lalu ditambahkan seduhan sarang semut dalam keadaan panas, diaduk dan didinginkan hingga suhu  $\pm 25^\circ\text{C}$ , kemudian dilanjutkan dengan penambahan starter dan SCOBY. Selanjutnya toples kaca ditutup menggunakan kain bersih dan difermentasi pada suhu ruang sesuai perlakuan lama fermentasi (0, 4, 6, 8, 10, 12, dan 14 hari).

Pemanenan teh kombucha sarang semut dilakukan dengan cara mengeluarkan SCOBY dari toples kaca kemudian kombucha dikemas dalam botol PET, yang sebelumnya telah dicuci dan dikeringkan. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap sifat fisikokimia teh kombucha sarang semut meliputi pH, TPT, total asam, total gula dan dilanjutkan dengan uji organoleptik. Pengujian organoleptik dilakukan terhadap 9 formula terpilih berdasarkan karakteristik fisikokimia teh kombucha sarang semut.

Tabel 1. Formulasi bahan dalam pembuatan teh kombucha sarang semut

Bahan	Komposisi		
	P1	P2	P3
Seduhan sarang Semut (%)	62	57	52
Gula (%)	20	25	30
Scoby (%)	8	8	8
Starter (%)	10	10	10

### Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi gula

(G) yang terdiri dari tiga taraf yaitu 20, 25 dan 30%, sedangkan faktor kedua adalah lama fermentasi (F) yang terdiri dari tujuh taraf yaitu 0, 4, 6, 8, 10, 12, dan 14 hari. Kombinasi perlakuan terdiri dari 21 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 2 kali ulangan, sehingga diperoleh 42 satuan percobaan.

## Metode analisis

### Analisis derajat keasaman (pH)

Analisis derajat asam (pH) menggunakan alat pH meter (Chakravorty *et al.*, 2016). Sebelum digunakan pH meter dikalibrasi terlebih dahulu dengan larutan buffer pH 4,01 dan 6,68, yang bertujuan mendapatkan hasil pengukuran pH yang akurat. Pengukuran dilakukan dengan mencelupkan alat pada sampel uji beberapa saat hingga dihasilkan nilai pH yang konstan atau stabil kemudian dicatat hasilnya, pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

### Analisis Total padatan terlarut (TPT)

Total padatan terlarut dianalisis menggunakan refraktometer (Bayu *et al.*, 2017). Tahapan diawali dengan kalibrasi alat menggunakan aquades. Sampel teh kombucha diteteskan pada prisma refraktometer hingga merata, kemudian ditutup dan nilai TPT dibaca pada layar dalam satuan °Brix. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk mendapatkan hasil yang akurat.

### Analisis total asam

Pengukuran total asam dititrasi dengan metode titrasi asam basa (AOAC, 2015). Sampel teh kombucha sebanyak 10 mL dipipet ke dalam erlenmeyer, lalu ditambahkan 2-3 tetes indikator phenolphthalein (PP). Titrasi dilakukan menggunakan larutan NaOH 0,1 N hingga terbentuk warna merah muda yang stabil. Total asam dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Total asam tertitrasi (\%)} = \frac{V1 \times N \times BE \times FP}{V2} \times 100\% \dots (1)$$

Dimana:

V1 : Volume NaOH (ml)

V2 : Berat Sampel (g)

N : Normalitas NaOH 0,1 N

Be : Berat ekivalen asam asetat (60,052 g/mol)

Fp : Faktor pengencer

### Pengujian sifat organoleptik

Pengujian sifat organoleptik dilakukan terhadap 9 formula terpilih berdasarkan karakteristik fisikokimia teh kombucha sarang semut. Pengujian sifat organoleptik dilakukan dengan menggunakan metode dan uji penjejang dan uji hedonik (kesukaan) dengan melibatkan 30 panelis mengacu pada Setyaningsih *et al.*, (2010). Uji penjenjangan digunakan untuk pengujian intensitas aroma dan rasa teh kombucha. Penentuan intensitas aroma teh kombucha menggunakan 5 skor aroma, yaitu 1 (Tidak ada aroma sarang semut); 2 (Aroma sarang semut lemah); 3 (Aroma sarang semut agak kuat); 4 (Aroma sarang semut kuat); 5 (Aroma sarang semut sangat kuat). Uji penjenjangan untuk intensitas rasa menggunakan 5 skor, yaitu 1 (Manis); 2 (Agak manis); 3 (Asam manis); 4 (Agak asam); dan 5 (Asam).

Metode uji hedonik merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan dan kesukaan panelis terhadap teh kombucha yang dihasilkan. Aspek penilaian warna, rasa, aroma, dan penampilan keseluruhan menggunakan skala uji 1-5. Skala uji yang digunakan yaitu 1 (tidak suka), 2 (agak tidak suka), 3 (netral), 4 (agak suka), 5 (suka).

### Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini akan dianalisis menggunakan sidik ragam (Analysis of Variance) pada tingkat kepercayaan 95%. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata, maka akan dilanjutkan dengan Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT), menggunakan Statistical Product and Service Solution (SPSS), Versi 31.0.

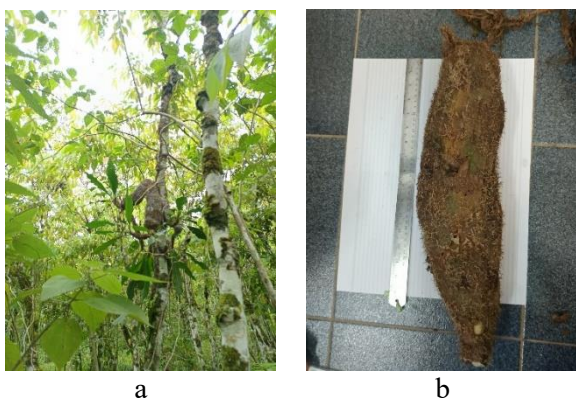
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik fisik sarang semut

Sarang semut merupakan tumbuhan epifit yang umumnya hidup menempel pada pohon inang di hutan tropis, terutama pada ketinggian tertentu (Rosidah *et al.*, 2016). Dalam penelitian ini umbi sarang semut yang

digunakan diambil dari Kampung Indabri, Distrik Minyambouw, Kabupaten Pegunungan Arfak, yang tumbuh menempel pada pohon sirih hutan, dengan jumlah 2–8 umbi dalam satu pohon (Gambar 1a).

Secara morfologi, umbi sarang semut memiliki kulit khas dengan tekstur permukaan berduri (Gambar 1b). Umbi sarang semut yang masih muda biasanya berwarna hijau, sedangkan umbi sarang semut yang tua berubah menjadi kecokelatan. Perubahan warna kulit ini menunjukkan adanya perbedaan tingkat kematangan dan akumulasi senyawa metabolit sekunder, terutama flavonoid dan tanin, yang sering dilaporkan lebih tinggi pada umbi yang lebih tua (Soeksmanto *et al.*, 2010).



Gambar 1. Sarang semut yang menempel pada pohon sirih hutan (a) dan bonggol sarang semut utuh (b)



Gambar 2. Irisan umbi sarang semut sebelum dikeringkan (a) dan sesudah dikeringkan (b)

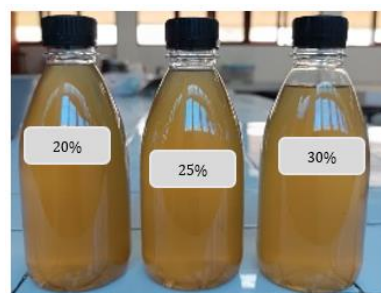
Umbi sarang semut berbentuk bulat lonjong dengan panjang rata-rata 43 cm, lingkaran pangkal 31,3 cm, lingkaran tengah 37,5 cm, lingkaran ujung 27,2 cm, serta berat rata-rata 1.987 g memperlihatkan ukuran yang cukup besar untuk kategori tanaman epifit. Data ini mendukung pernyataan Suryanto *et al.*, (2019) bahwa morfologi sarang semut sangat bervariasi tergantung pada lingkungan tumbuh dan jenis pohon inang. Besarnya ukuran umbi

menunjukkan adanya ruang yang luas di dalam struktur umbi, yang biasanya berfungsi sebagai sarang semut alami. Rongga-rongga dalam umbi tersebut tidak hanya menjadi habitat semut, tetapi juga berkontribusi terhadap sistem pertahanan tumbuhan dengan menyediakan simbiosis mutualisme antara tumbuhan dan koloni semut (Heil & McKey, 2003).

### Karakteristik fisikokimia teh kombucha sarang semut

Teh kombucha adalah minuman tradisional yang dibuat melalui proses fermentasi campuran teh dan gula menggunakan kultur starter kombucha yang terdiri dari bakteri *Acetobacter xylinum* dan beberapa spesies khamir (Wistiana & Zubaidah, 2014). Dalam penelitian ini, sarang semut (*Myrmecodia* sp.) digunakan sebagai bahan baku utama untuk pembuatan teh kombucha karena tanaman ini dikenal memiliki aktivitas bioaktif yang tinggi. Sarang semut mengandung flavonoid, triterpenoid/steroid, saponin dan tannin galat yang berperan sebagai antioksidan alami (Dirgantara *et al.*, 2013).

Hasil dari kombinasi perlakuan konsentrasi gula (20%, 30%, dan 40%) dan lama fermentasi (0, 4, 8, 10, 12, dan 14 hari) menghasilkan teh kombucha dengan warna kuning kecokelatan (Gambar 3). Teh kombucha yang dihasilkan selanjutnya dilakukan karakterisasi terhadap derajat keasaman (pH), total padatan terlarut dan total asam.



Gambar 3. Tampilan produk teh kombucha sarang semut selama proses fermentasi 12 hari dan konsentrasi gula 20, 25 dan 30%

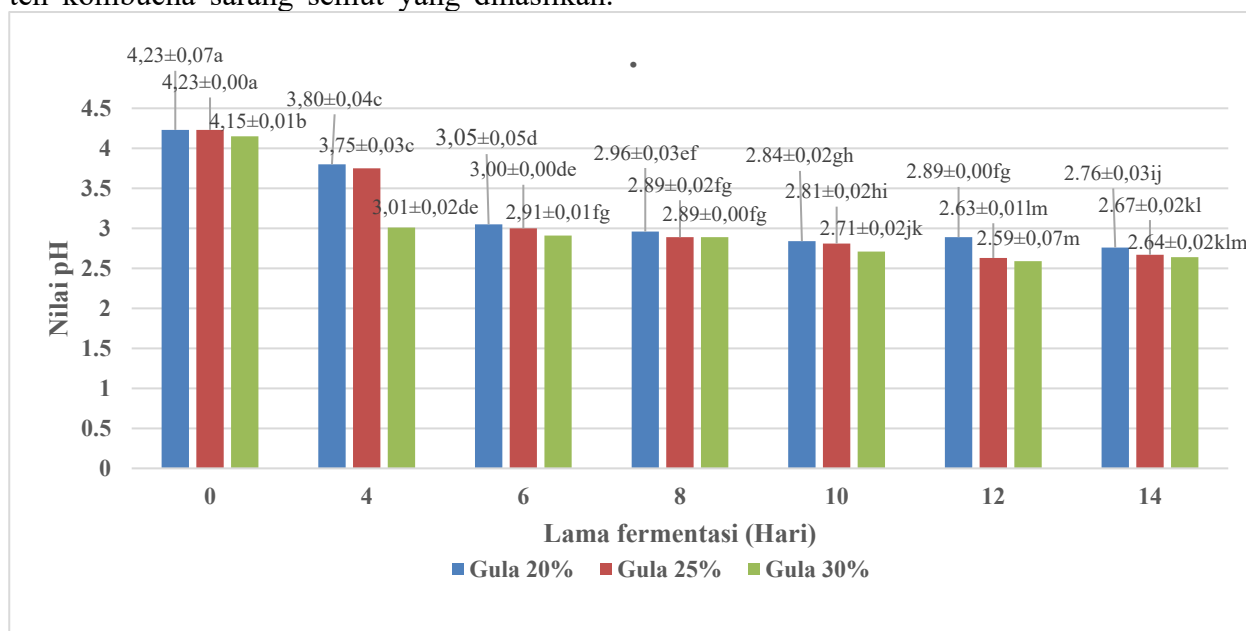
### Derajat Keasaman (pH)

Pengujian pH kombucha bertujuan untuk melihat perubahan tingkat keasaman akibat proses fermentasi dan memastikan keamanan konsumsi serta standar kualitas minuman.

Proses fermentasi menyebabkan penurunan nilai pH kombucha secara bertahap (Lestari & Sa'diyah, 2020). Kisaran pH kombucha sarang semut dengan perlakuan konsentrasi gula 20%, 25%, 30% dan lama fermentasi 0, 4, 6, 8, 10, 12 dan 14 hari yaitu 2,59-4,23 (Gambar 4).

Hasil sidik ragam pada Gambar 4. menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gula (20%, 25%, 30%), lama fermentasi (0, 4, 6, 8, 10, 12 dan 14 hari) dan interaksinya memberikan pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap nilai pH teh kombucha sarang semut yang dihasilkan. Berdasarkan hasil uji lanjut DMRT terlihat bahwa perlakuan konsentrasi gula berbeda nyata satu sama lain dimana semakin tinggi konsentrasi gula semakin rendah nilai pH teh kombucha sarang semut yang dihasilkan.

Perubahan pH teh kombucha sarang semut menjadi lebih rendah pada konsentrasi gula yang lebih tinggi, karena tersedianya gula sebagai substrat bagi mikroorganisme, sehingga proses metabolisme dan pembentukan asam berjalan dengan baik. Rukmelia *et al.*, (2023) juga melaporkan bahwa pH kombucha teh hijau dengan konsentrasi gula yang tinggi menghasilkan pH yang lebih rendah dibandingkan pada konsentrasi gula yang lebih rendah. Ditambahkan pula bahwa apabila kadar gula terlalu tinggi, dapat terjadi penghambatan pertumbuhan mikroba karena tekanan osmotik yang tinggi, sehingga pembentukan asam menjadi kurang optimal (Greenwalt *et al.*, 2000).



\*) Huruf yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $p < 0,05$ )

Gambar 4. Perubahan derajat keasaman (pH) teh kombucha sarang semut selama proses fermentasi 0-14 hari dengan konsentrasi gula 20, 25 dan 30%

Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa perbedaan lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap nilai pH teh kombucha sarang semut, di mana semakin lama fermentasi berlangsung semakin rendah nilai pH yang dihasilkan, yang mengindikasikan meningkatnya aktivitas mikroorganisme penghasil asam organik selama proses fermentasi. Chakravorty *et al.*, (2016) menjelaskan bahwa bakteri *Acetobacter* mengoksidasi etanol yang dihasilkan oleh *Saccharomyces* menjadi asam asetat, yang merupakan komponen asam utama dalam kombucha. Ditambahkan pula umumnya

pH teh kombucha menurun dari 4,5 menjadi 2,5 selama fermentasi 14 hari (Chakravorty *et al.*, 2016).

Hasil uji lanjut DMRT pada Gambar 4. menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara perlakuan konsentrasi gula dan lama fermentasi. Peningkatan konsentrasi gula dari 20% ke 25% menyebabkan nilai pH tidak berbeda nyata pada lama fermentasi hari ke-0 sampai hari ke-10, dan menurun (berbeda nyata) setelah fermentasi hari ke-12 dan hari ke-14. Selanjutnya pada peningkatan konsentrasi gula dari 25% ke 30%

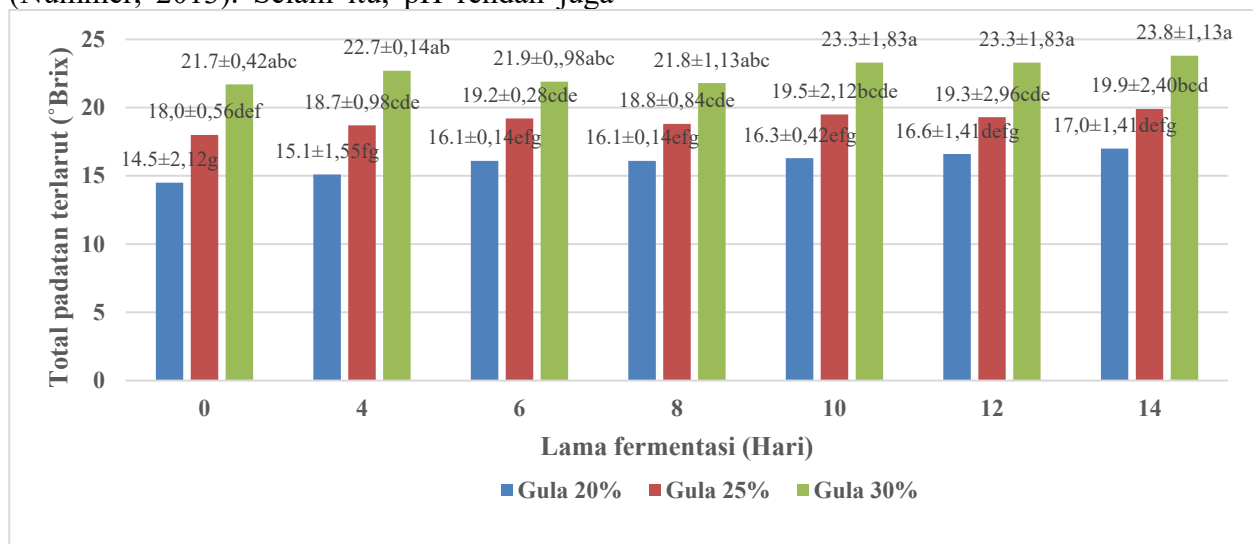
menyebabkan penurunan pH pada hari ke-0 sampai hari ke-6, pada hari ke-8 perubahan pH tidak berbeda nyata, kemudian menurun sampai fermentasi hari ke-14 namun tidak berbeda nyata satu sama lain. Interaksi antara perlakuan lama fermentasi menyebabkan nilai pH menurun berbeda nyata antar perlakuan sampai fermentasi hari ke-12, yang tidak berbeda nyata dengan hari ke-14.

Nilai pH teh kombucha sarang semut yang dihasilkan berkisar 2,59-2,76, berada dalam rentang pH optimal untuk minuman kombucha yaitu 2,5-3,5 (Zubaidah *et al.*, 2022). Nilai pH yang rendah penting untuk keamanan produk karena menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dan pembusuk (Nunmer, 2013). Selain itu, pH rendah juga

berkontribusi terhadap rasa asam yang khas pada kombucha yang disukai konsumen (Coton *et al.*, 2017)

### Total Padatan Terlarut (TPT)

Total padatan terlarut merupakan banyaknya material yang dilarutkan dalam air yang terdiri dari monosakarida atau disakarida, asam-asam organik, gula reduksi, protein serta pektin (Purnami *et al.*, 2018). Nilai TPT pada teh kombucha sarang semut dengan perlakuan konsentrasi gula 20%, 25%, 30% dan lama fermentasi 0, 4, 6, 8, 10, 12 dan 14 hari berkisar antara 14,5-23,8°Brix dapat dilihat pada Gambar 5.



\*) Huruf yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $p < 0,05$ )

Gambar 5. Perubahan total padatan terlarut teh kombucha sarang semut selama proses fermentasi 0-14 hari dan konsentrasi gula 20, 25 dan 30%

Hasil sidik ragam pada Gambar 5. menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gula (20%, 25%, 30%) berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap TPT teh kombucha sarang semut. Sementara itu perlakuan lama fermentasi (0, 4, 6, 8, 10, 12 dan 14 hari) dan interaksi perlakuan konsentrasi gula dengan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata. Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gula berbeda nyata satu sama lain, dimana semakin tinggi konsentrasi gula semakin tinggi pula nilai TPT teh kombucha sarang semut yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan penelitian Syazani *et al.*, (2023) yang melaporkan bahwa semakin tinggi

kadar gula yang ditambahkan, semakin besar pula jumlah zat terlarut yang terbaca sebagai TPT pada awal fermentasi.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa lama fermentasi tidak mempengaruhi TPT teh kombucha sarang semut yang dihasilkan, walaupun ada kecenderungan mengalami peningkatan. Kondisi ini sedikit berbeda dengan kebanyakan fermentasi kombucha pada umumnya, dimana TPT mengalami penurunan karena gula dikonversi menjadi alkohol dan asam organik oleh *Saccharomyces* dan *Acetobacter* (Jayabalan *et al.*, 2014). Peningkatan nilai TPT diduga karena sukrosa yang terkandung dalam sarang semut yang

mengalami hidrolisis menjadi gula sederhana selama fermentasi yang kemudian digunakan oleh SCOBY. Budiandari *et al.*, (2023) juga melaporkan bahwa nilai TPT teh kombucha kulit nenas meningkat akibat hidrolisis sukrosa yang terdapat dalam kulit nenas selama fermentasi oleh SCOBY. Nilai TPT juga dapat dikontribusi oleh kandungan protein dan karbohidrat sederhana yang terkandung dalam larutan teh sarang semut. Seperti yang dilaporkan Sulistiawaty & Solihat (2022) bahwa pada umumnya total padatan terlarut suatu bahan meliputi gula reduksi, gula non reduksi, asam-asam organik, pektin dan protein. Komponen-komponen ini berkontribusi terhadap nilai total padatan terlarut yang terukur pada minuman fermentasi kombucha. Kombucha mengandung komponen kimia yang meliputi etanol, asam organik, polifenol teh, vitamin yang larut dalam air, mineral, asam amino dan protein (Fiana & Refdi, 2018).

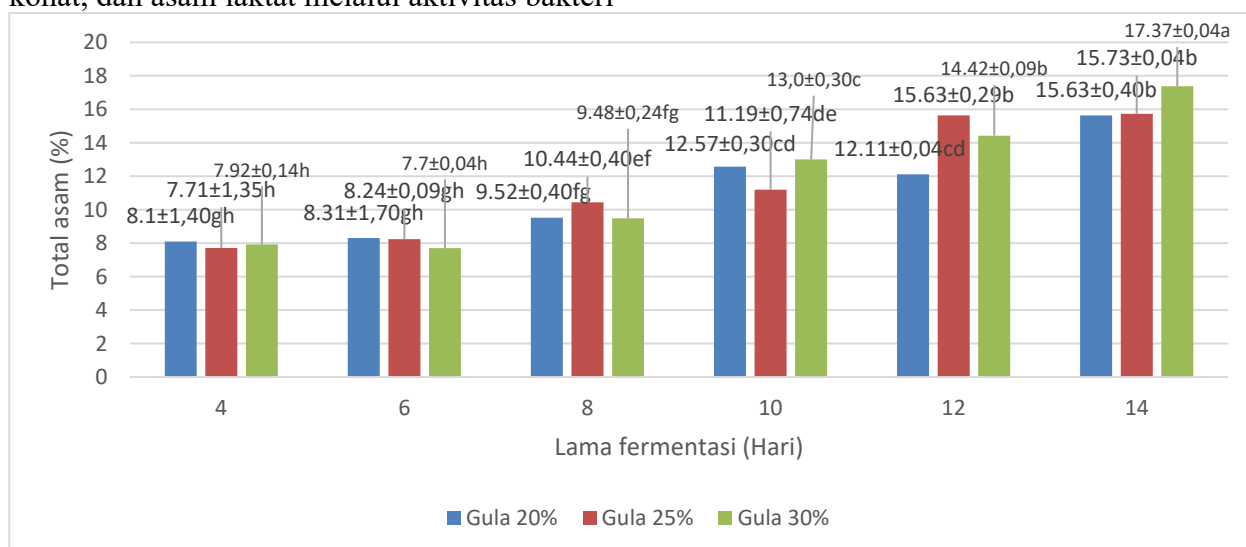
### Total Asam

Peningkatan total asam selama fermentasi kombucha disebabkan oleh aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam kultur SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*). Menurut Jayabalan *et al.*, (2014), selama fermentasi kombucha terjadi proses biotransformasi sukrosa menjadi asam-asam organik seperti asam asetat, asam glukuronat, asam glukonat, dan asam laktat melalui aktivitas bakteri

asam asetat (*Acetobacter* spp.) dan khamir. Nilai total asam pada teh kombucha sarang semut dengan perlakuan konsentrasi gula 20%, 25%, 30% dan lama fermentasi 0, 4, 6, 8, 10, 12 dan 14 hari berkisar antara 7,7-17,37% dapat dilihat pada Gambar 6.

Hasil sidik ragam pada Gambar 6, menunjukkan bahwa lama fermentasi (4, 6, 8, 10, 12 dan 14 hari) dan interaksi perlakuan konsentrasi gula dan lama fermentasi berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap total asam teh kombucha sarang semut. Akan tetapi perlakuan konsentrasi gula (20, 25 dan 30%) tidak berpengaruh nyata. Hasil uji lanjut DMRT memperlihatkan bahwa total asam pada perlakuan fermentasi hari ke-4 dan hari ke-6 tidak berbeda nyata namun berbeda nyata dengan yang lain, dimana semakin lama waktu fermentasi semakin tinggi total asam teh kombucha sarang semut yang dihasilkan.

Demikian halnya dengan hasil uji lanjut DMRT interaksi perlakuan konsentrasi gula dan lama fermentasi (Gambar 6) menunjukkan bahwa total asam teh kombucha sarang semut tidak berbeda nyata pada fermentasi 4–6 hari, tetapi meningkat dan berbeda nyata antar perlakuan pada fermentasi hari ke-8 hingga ke-14, bervariasi sesuai konsentrasi gula. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses fermentasi teh kombucha sarang semut menghasilkan asam organik.



\*) Huruf yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $p < 0,05$ )

Gambar 6. Perubahan total asam teh kombucha sarang semut selama proses fermentasi 4-14 hari dan konsentrasi gula 20, 25 dan 30%

Menurut Villarreal-Soto *et al.*, (2018) melaporkan bahwa total asam kombucha terus meningkat secara linier selama fermentasi akibat akumulasi asam-asam organik. Sreeramulu *et al.*, (2000) juga melaporkan bahwa pH kombucha menurun dari 4,2 menjadi 2,5 seiring dengan peningkatan total asam selama 14 hari fermentasi, yang disebabkan oleh produksi asam asetat dan asam glukonat.

### Karakteristik Organoleptik Teh Kombucha Sarang Semut

Pengujian organoleptik pada penelitian ini diukur dengan uji hedonik dan uji penjenjangan. Formula yang diuji pada tahap uji sifat organoleptik ditentukan berdasarkan hasil pengukuran derajat keasaman (pH) dan total asam teh kombucha sarang semut. Nilai pH teh kombucha sarang semut pada lama fermentasi 8-12 hari berada pada kisaran 2,89-

2,96 yang masih memenuhi standar kombucha, dengan total asam berkisar antara 9,48-15,63%. Leal *et al.*, (2018) menyatakan bahwa waktu fermentasi kombucha yang optimal untuk dikonsumsi adalah 7-12 hari, sedangkan fermentasi yang melebihi periode tersebut dapat meningkatkan keasaman secara berlebihan dan berpotensi membahayakan kesehatan konsumen. Oleh karena itu, tahap ini menguji 9 formula yang terdiri atas perlakuan lama fermentasi 8, 10, dan 12 hari pada konsentrasi gula 20%, 25%, dan 30%.

### Karakteristik tingkat kesukaan teh kombucha sarang semut

Uji hedonik dimaksud untuk menentukan tingkat kesukaan terhadap warna, aroma dan rasa pada teh kombucha sarang semut yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji hedonik teh kombucha sarang semut selama proses fermentasi 8-12 hari dan konsentrasi gula 20, 25 dan 30%

Lama fermentasi (Hari)	Konsentrasi gula (%)	Parameter Uji Hedonik Kombucha Sarang Semut**		
		Warna	Aroma	Rasa
8	20	3,36a	3,2a	3,64ab
	25	3,84a	3,4a	3,44ab
	30	3,64a	3,44a	3,52ab
10	20	3,72a	3,36a	3,52ab
	25	3,56a	3,52a	4,00a
	30	3,52a	3,32a	3,88ab
12	20	3,68a	3,20a	3,12b
	25	3,96a	3,56a	3,88ab
	30	3,92a	3,32a	3,56ab

\*) Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

\*\*\*) Nilai skor 1=tidak suka; 2=agak tidak suka; 3=netral; 4=agak suka; 5=suka

### Tingkat kesukaan terhadap warna

Warna bahan pangan menjadi kesan awal yang ditangkap oleh indera penglihatan, karena terlihat lebih dahulu (Winarno, 2008), sehingga tampilan visual kombucha menjadi salah satu aspek penilaian penting bagi panelis. Data Tabel 2 menunjukkan bahwa kisaran tingkat kesukaan panelis terhadap warna dari teh kombucha sarang semut berada pada nilai 3,36–3,96, yang menunjukkan bahwa secara umum panelis memberikan penilaian antara “netral” hingga “agak suka” terhadap warna kombucha yang dihasilkan. Perlakuan yang paling disukai panelis pada tingkat kesukaan terhadap warna dari teh kombucha sarang semut yaitu pada

konsentrasi gula 25% dan lama fermentasi 12 hari, dengan nilai skor 3,96 (agak suka).

Hasil sidik ragam pada Tabel 2, menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gula dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap tingkat kesukaan warna kombucha sarang semut. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sukmawati *et al.*, (2021) pada kombucha daun kelor, yang melaporkan bahwa perlakuan lama fermentasi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kesukaan warna minuman kombucha. Panelis menilai bahwa warna yang dihasilkan relatif serupa antara satu perlakuan

dengan lainnya karena perbedaan intensitas warna yang muncul masih berada pada rentang alami minuman fermentasi teh. Fadhillah & Ningsih (2020) juga melaporkan bahwa kombucha teh hijau memiliki warna kombucha yang disukai panelis meskipun terjadi sedikit perubahan warna akibat proses fermentasi, dari hijau kekuningan menjadi cokelat muda. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan warna alami yang terjadi selama fermentasi tidak menurunkan tingkat penerimaan panelis terhadap produk.

### **Tingkat kesukaan terhadap aroma**

Aroma merupakan atribut sensori pangan yang berperan penting dalam menentukan penerimaan konsumen, yang dideteksi oleh organ penciuman (hidung) dengan tingkat sensitivitas yang bervariasi pada setiap individu (Winarno, 2008). Pada kombucha, aroma khas yang cenderung asam berasal dari asam-asam organik yang dihasilkan selama proses fermentasi oleh khamir dan bakteri (Coton et al., 2017). Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa kisaran tingkat kesukaan panelis terhadap aroma dari teh kombucha sarang semut berada pada nilai 3,20-3,56 (netral-agak suka). Perlakuan dengan skor tertinggi yang aromanya paling disukai panelis pada konsentrasi gula 25% dan lama fermentasi 12 hari, dengan nilai skor 3,56 (agak suka).

Hasil sidik ragam pada Tabel 2. menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gula dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap tingkat kesukaan aroma kombucha sarang semut. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fadhillah dan Ningsih (2020), yang meneliti pengaruh variasi lama fermentasi pada kombucha teh hijau. Dalam penelitian tersebut, aroma kombucha juga tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan, karena fermentasi teh menghasilkan bau khas asam yang ringan dan tetap disukai oleh panelis. Rizqi et al., (2022) juga melaporkan bahwa kombucha bunga rosella memiliki aroma minuman kombucha yang tidak berubah secara drastis selama fermentasi berlangsung. Perubahan aroma yang terjadi cenderung stabil karena disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme seperti *Acetobacter* dan

*Saccharomyces*, yang menghasilkan asam organik dan alkohol dalam jumlah seimbang sehingga tidak menimbulkan bau yang mengganggu.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan laporan Sukmawati et al., (2021) bahwa aroma kombucha daun kelor tidak banyak dipengaruhi oleh lama fermentasi. Dalam hal ini, panelis menilai bahwa meskipun terjadi sedikit peningkatan aroma asam, bau khas teh yang mendasari produk tetap dominan dan masih disukai. Ditambahkan pula bahwa perubahan kecil pada aroma lebih disebabkan oleh senyawa volatil hasil fermentasi seperti etanol dan asam asetat, namun pada kadar yang wajar justru menambah karakter khas kombucha yang unik (Meilgaard et al., 2007).

### **Tingkat kesukaan terhadap rasa**

Rasa menjadi faktor penting yang menentukan pilihan konsumen terhadap suatu produk, yang pada dasarnya meliputi asin, asam, manis, dan pahit (Winarno, 2008). Data pada Tabel 2, menunjukkan bahwa kisaran tingkat kesukaan panelis terhadap rasa berada pada nilai 3,12-4,00, yang menunjukkan bahwa panelis secara umum memberikan penilaian antara “netral” hingga “agak suka” terhadap rasa kombucha yang dihasilkan. Perlakuan yang paling disukai panelis pada tingkat kesukaan terhadap rasa dari teh kombucha sarang semut yaitu pada konsentrasi gula 25% dan lama fermentasi 10 hari dengan nilai skor 4.

Hasil sidik ragam pada Tabel 2. menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gula dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap tingkat kesukaan rasa kombucha sarang semut. Penelitian ini sejalan dengan laporan Sukmawati et al., (2021) bahwa pada kombucha daun kelor, lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap rasa. Dalam penelitiannya, panelis memberikan penilaian netral hingga suka karena keseimbangan rasa asam dan manis.

### **Karakteristik intensitas aroma dan rasa kombucha sarang semut**

Uji penjenjangan yang dilakukan pada produk pangan dapat menentukan mutu yang sesuai dengan atribut sensori seperti tingkat kekerasan, tingkat kemanisan dan intensitas

aroma suatu produk pangan. Dalam hal ini sampel atau produk pangan yang diuji akan dinilai dengan memberikan penilaian panelis dalam bentuk skor (Setyaningsih *et al.*, 2010). Hasil

penilaian panelis terhadap intensitas aroma dan rasa kombucha sarang semut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji penjenjangan teh kombucha sarang semut selama proses fermentasi 8-12 hari dan konsentrasi gula 20, 25 dan 30%

Perlakuan		Parameter Uji Penjenjangan*	
Lama fermentasi (Hari)	Konsentrasi gula (%)	Intensitas Aroma**	Intensitas Rasa***
8	20	3,28 a	2,84 cde
	25	3,32 a	2,68 de
	30	3,04 a	2,56 e
10	20	3,00 a	3,40 abc
	25	3,44 a	3,28 abcd
	30	2,96 a	2,88 bcde
12	20	3,08 a	3,92 a
	25	2,88 a	3,88 a
	30	3,08 a	3,56 ab

\*) Huruf yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ( $p < 0,05$ )

\*\*\*) Skor nilai aroma = 1) Tidak ada aroma sarang semut, 2) Aroma sarang semut lemah, 3) Aroma sarang semut agak kuat, 4) Aroma sarang semut kuat, 5) Aroma sarang semut sangat kuat

\*\*\*\*) Skor nilai rasa = 1) Manis, 2) Agak manis, 3) Asam manis, 4) Agak asam, 5) Asam

### Intensitas aroma

Aroma khas kombucha berasal dari senyawa volatil yang terbentuk selama fermentasi, menghasilkan aroma asam yang menjadi ciri utamanya. Senyawa seperti asam asetat, asam glukoronat, asam glukonat, dan alkohol berkontribusi terhadap karakteristik aroma fermentatif tersebut (Wistiana, 2014). Data Tabel 3. menunjukkan bahwa intensitas aroma kombucha sarang semut memiliki nilai skor berkisar antara 2,88-3,28 (agak kuat). Perlakuan dengan intensitas aroma paling kuat pada teh kombucha sarang semut yaitu pada konsentrasi gula 25% dan lama fermentasi 10 hari dengan skor 3,44 (agak kuat).

Hasil sidik ragam pada Tabel 3, menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gula dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap intensitas aroma kombucha sarang semut yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi gula dan waktu fermentasi yang diterapkan dalam penelitian tidak memberikan perbedaan

yang signifikan terhadap pembentukan komponen volatil yang bertanggung jawab terhadap intensitas aroma sarang semut. Menurut Jayabalan *et al.*, (2014), aroma kombucha dipengaruhi oleh berbagai komponen volatil seperti asam asetat, etanol, dan senyawa ester yang terbentuk selama proses fermentasi oleh aktivitas mikroorganisme dalam kultur SCOBY. Namun demikian, aroma khas dari bahan baku seperti sarang semut dapat tetap dominan dan stabil selama proses fermentasi sehingga tidak terpengaruh secara signifikan oleh perlakuan yang diberikan.

### Intensitas rasa

Rasa khas kombucha terbentuk melalui proses fermentasi, di mana pada tahap awal minuman ini cenderung manis karena masih tingginya kandungan sukrosa. Seiring fermentasi berlangsung, rasa manis berkurang dan berubah menjadi asam akibat pemecahan sukrosa oleh khamir serta aktivitas bakteri yang

menghasilkan asam-asam organik (Pratiwi *et al.*, 2012). Data Tabel 6 menunjukkan bahwa intensitas aroma kombucha sarang semut memiliki nilai skor berkisar antara 2,56-3,92 (agak asam). Perlakuan dengan intensitas rasa paling kuat pada teh kombucha sarang semut yaitu pada konsentrasi gula 25% dan lama fermentasi 12 hari dengan skor 3,88 (agak asam).

Hasil sidik ragam pada Tabel 3, menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap intensitas rasa kombucha sarang semut yang dihasilkan. Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa lama fermentasi hari ke-8 dan hari ke-10 memiliki intensitas rasa teh kombucha sarang semut yang tidak berbeda nyata satu sama lain, tetapi berbeda nyata dengan fermentasi hari ke-12. Pada lama fermentasi hari ke-8 dan hari ke-10 intensitas rasa teh kombucha sarang semut masih asam manis, namun pada fermentasi hari ke-12 intensitas rasa teh kombucha sarang semut menjadi agak asam. Menurut Nummer (2013), intensitas rasa asam pada kombucha relatif stabil dalam rentang fermentasi tertentu karena aktivitas mikroorganisme dalam SCOBY bekerja secara optimal pada kondisi pH dan substrat yang sesuai. Greenwalt *et al.*, (2000) juga menjelaskan bahwa komposisi gula awal dan waktu fermentasi memang mempengaruhi produksi asam organik, namun persepsi sensoris panelis terhadap intensitas rasa tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kadar asam terukur secara kimia. Faktor lain seperti keberadaan senyawa volatil dan non-volatil lainnya juga turut mempengaruhi persepsi rasa secara keseluruhan (Dufresne & Farnworth, 2000).

## KESIMPULAN

Konsentrasi gula dan lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik teh kombucha sarang semut. Nilai pH teh kombucha sarang semut mengalami penurunan selama fermentasi dari hari ke-0 sekitar 4,15-4,23 menjadi 2,64-2,76 pada hari ke-14. Nilai TPT teh kombucha sarang semut juga mengalami peningkatan selama fermentasi dari hari ke-0 hingga hari ke-14 yaitu konsentrasi gula 20% berkisar 14,5-

17°Brix, 25% berkisar 18-19,9 °Brix dan 30% berkisar 21,7-23,8 °Brix. Total asam menunjukkan peningkatan seiring dengan lamanya fermentasi dari hari ke-4 berkisar 7,71-8,1% menjadi 15,63-17,37% pada hari ke-14. Sedangkan hasil pengujian organoleptik menunjukkan bahwa konsentrasi gula dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap warna, aroma, dan rasa teh kombucha sarang semut, dengan tingkat kesukaan panelis berada pada kisaran netral hingga agak suka. Teh kombucha sarang semut yang dihasilkan memiliki karakteristik warna kuning kecokelatan dengan aroma khas sarang semut yang agak kuat serta intensitas rasa yang agak asam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Indofood Sukses Makmur Tbk., atas bantuan dana penelitian melalui Progam Indofood Riset Nugraha (IRN) 2024-2025, sesuai dengan Surat Perjanjian Kerjasama Penelitian, Nomor: SKE.026/CC/XI/2024.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC [Analysis of the Association of Official Analytical]. (2015). Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical. Chemist. 18th ed. Maryland: AOAC International.
- Bayu M.K, Nurwantoro, & Risqiati H. (2017). Analisis total padatan terlarut keasaman kadar lemak dan tingkat viskositas pada kefir optima dengan lama fermentasi yang berbeda. *Jurnal Teknologi Pangan* 1: 33-38.
- Budiandari, R. U., Prihatiningrum, A. E., Azara, R., Aini, F. N. (2023). Influence of Sucrose and Scoby Concentration on Physical Characteristics of Pineapple Skin Kombucha. *Academia Open*, 8(2): 6-11
- Chakravorty S, Semantee B, Antonis C, Writachit C, Debanjana B, Ratan G. (2016). Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics. *International Journal of Food Microbiology*, 220: 63-72. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015.

- Cheepchirasuk, N., Kaewkod, T., Suriyaprom, S., Intachaisri, V., Ngamsaard, P. & Tragoolpua, Y. (2025). Functional metabolites and inhibitory efficacy of kombucha beverage on pathogenic bacteria, free radicals and inflammation. *Scientific Reports*, 15, 19187. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03545-z>
- Chu, S. C., & Chen, C. (2006). Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of kombucha. *Food Chemistry*, 98(3): 502-507.
- Coton, M., Pawtowski, A., Taminiau, B., Burgaud, G., Deniel, F., Coulloume-Labarthe, L., Fall, A., Daube, G., & Coton, E. (2017). Unraveling microbial ecology of industrial-scale Kombucha fermentations by metabarcoding and culture-based methods. *FEMS Microbiology Ecology*, 93(5): 1-16. <https://doi.org/10.1093/femsec/fix048>
- Dirgantara, S., Nawawi, A., & Insanu, M. (2013). Uji Aktivitas Antioksidan Tiga Spesies Tanaman Sarang Semut (Famili: *Rubiaceae*) Asal Kabupaten Merauke, Papua. *Jurnal Biologi Papua*, 5(1): 10-14
- Dufresne, C., & Farnworth, E. (2000). Tea, kombucha, and health: a review. *Food Research International*, 33(6): 409-421.
- Fadhilah, N., & Ningsih, R. (2020). Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi terhadap Cita Rasa dan Aroma Kombucha Teh Hijau. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 13(2): 90-97.
- Fiana, R. M & Refdi, C. W. (2018). Pendugaan Umur Simpan Minuman Instan Teh Kombucha menggunakan Pendekatan Kadar Air Kritis dengan Metode Accelerated Shelf Life Test (ASLT). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 22(2): 150-156.
- Greenwalt, C. J., Ledford, R. A., & Steinkraus, K. H. (2000). Determination and characterization of the antimicrobial activity of the fermented tea Kombucha. *LWT - Food Science and Technology*, 33(1): 13-20. <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0603>
- Heil, M., & McKey, D. (2003). Protective ant-plant interactions as model systems in ecological and evolutionary research. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1): 425-453.
- Jayabalan, R., Malbaša, R. V., Lončar, E. S., Vitas, J. S., & Sathishkumar, M. (2014). A review on Kombucha tea: Microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4): 538-550. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12073>
- Leal, J. M., Lucia, V. S., Rasu, J., Joselina, H. & Anayansi, E. A. (2018). A Review on Health Benefit of Kombucha Nutritional Compounds and Metabolites. *Cyta-Journal of Food*. 16(1): 390-399.
- Lestari, K. A. P. & Sa'diyah, L. (2020). Karakteristik Kimia dan Fisik Teh Hijau Kombucha pada Waktu Pemanasan yang Berbeda. *Journal of Pharmacy and Science*, 5(1): 5-20.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2007). *Sensory Evaluation Techniques* (4th ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Naland, H., Fardiaz, D., & Kusnandar, F. (2019). Karakteristik dan aktivitas antioksidan kombucha dari berbagai jenis teh. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 30(1): 28-37.
- Ngoranubun, C. B. (2008). Aplikasi Teknik Kokristalisasi Dalam Pembuatan Sarang Semut (*Myrmecodia tuberosa*) Instan. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Papua. Manokwari.
- Nummer, B. A. (2013). Kombucha brewing under the Food and Drug Administration model Food Code: Risk analysis and processing guidance. *Journal of Environmental Health*, 76(4): 8-11.
- Pratiwi, Ayu., Elfita., & Riris, A. 2012. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Sifat Fisik dan Kimia Pada Pembuatan Minuman Kombucha dari Rumpun Laut

- Sargassum* sp. Maspari Journal, 4 (1): 131-136.
- Purnami, K. I., Anom, J. & Ni, W.W. (2018). Pengaruh Jenis Teh Terhadap Karakteristik Teh Kombucha. Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan, 7(2): 1-10.
- Rizqi, A. F., Pramono, E., & Lestari, S. (2022). Evaluasi Rasa dan Kesukaan Panelis terhadap Kombucha Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). Agrotek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 16(3): 187-194.
- Rosidah, R., Sudarsono, S., & Sukardiman, S. (2016). Sarang Semut (*Myrmecodia tuberosa* Jack.) sebagai tanaman obat khas Papua. Jurnal Farmasi Indonesia, 13(2): 87-95.
- Rukmelia, Inayah, A.N., & Jumarni. (2023). Fermentasi Kombucha dengan Penambahan Kayu Manis dan Cengkeh Sebagai Alternatif Minuman Fungsional. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri, 11(3): 477-485.
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A. & Sari, M. P. (2010). Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro. Institut Pertanian Bogor (IPB) Press. Bogor.
- Soeksmanto, A., Subroto, M. A., & Simanjuntak, P. (2010). Anticancer activity of ethanolic extract of Sarang Semut (*Myrmecodia pendens*) on HeLa cells. Medical Journal of Indonesia, 19(1): 23-28.
- Sreeramulu, G., Zhu, Y., & Knol, W. (2000). Kombucha fermentation and its antimicrobial activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(6): 2589-2594. <https://doi.org/10.1021/jf991333m>
- Sulistiawaty, L. & Solihat, I. (2022). Kombucha: Fisikokimia dan Studi Kritis Tingkat Kehalalan. Warta Akab, 46(1): 21-27.
- Sukmawati, D., Pratiwi, R., & Andini, F. (2021). Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Mutu Organoleptik Kombucha Daun Kelor (*Moringa oleifera*). Jurnal Pangan dan Gizi, 12(1): 45-53.
- Suryanto, A., Widodo, E., & Kristanti, A. N. (2019). Variasi morfologi dan habitat Sarang Semut (*Myrmecodia* sp.) di Papua. Biodiversitas, 20(5): 1501-1508.
- Syazani, A. M., Rohim, A., & Widodo, A. (2023). The influence of sugar concentration on the physicochemical properties of kombucha. Indonesian Journal of Food Research, 2(3): 145-153.
- Vina, I., Semjonovs, P. Linde, R., & Denina, I. (2014). Current evidence on physiological activity and expected health effects of kombucha fermented beverage. Jurnal of Medicinal Food, 17(2): 179-188.
- Villarreal-Soto, Sandra, B. Jalloul B. Jean-Pierre, S. & Patricia, T. (2018). Understanding kombucha tea fermentation: A review. Journal of Food Science, 85(3): 872-882.
- Vitasari, R., Nurliyani, N., & Rahayu, E. S. (2021). Pengaruh konsentrasi gula dan lama fermentasi terhadap sifat fisikokimia dan aktivitas antioksidan kombucha teh hijau. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak, 16(1): 45-54.
- Wahyuningtias, D. S., Fitriana, A. S., & Nawangsari, D. (2023). Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Sifat Organoleptik dan Aktivitas Antioksidan Teh Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.). Pharmacy Genius, 2(3): 198-207.
- Winarno, F.G. (2008). Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia. Jakarta.
- Wistiana, D., & Zubaidah, E. (2015). Karakteristik kimiawi dan mikrobiologis kombucha dari berbagai daun tinggi fenol selama fermentasi. Jurnal Pangan dan Agroindustri, 3(4): 1446-1457.
- Yuliaty, S. T., & Susanto, W. H. (2019). Perkembangan minuman fungsional berbasis herbal di Indonesia. Jurnal Review Pangan dan Gizi, 4(1): 8-19.
- Zubaidah, E., Effendi, F. D., & Afgani, C. A. (2022). Kombucha: Mikrobiologi, Teknologi dan Manfaat Kesehatan. Universitas Brawijaya Press. Malang