

Karakteristik Kombucha Dengan Penambahan Kulit Jeruk Siam Kintamani (*Citrus nobilis* L.) Pada Fermentasi Lanjutan

Characteristics of Kombucha With The Addition of Kintamani Siam Orange Peel (*Citrus nobilis* L.) in Advanced Fermentation

**Kadek Ramana Sathya Pavana Wijaya, Ni Made Indri Hapsari Arihantana*,
Ni Wayan Wisaniyasa**

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana

* Penulis korepondensi: Ni Made Indri Hapsari Arihantana, Email: indrihapsari@unud.ac.id

Diterima: 9 Maret 2026 / Disetujui: 30 Juli 2026

Abstract

Kombucha is a fermented beverage made from sweet tea using a symbiotic culture of bacteria and yeast (SCOBY) that has a sour taste and distinctive aroma but is not liked by some consumers. One effort to improve the sensory quality of kombucha is to conduct further fermentation with the addition of natural ingredients. This study aims to investigate the effect of adding kintamani siamese orange peel (*Citrus nobilis* L.) on further fermentation and to determine the optimal concentration of kintamani siamese orange peel for producing kombucha with the best characteristics. The experimental design used was a Completely Randomized Design with five treatments of siamese orange peel concentration additions: 0%, 1.5%, 3%, 4.5%, and 6%, repeated three times, resulting in 15 experimental units. The parameters observed included total acidity, pH, alcohol content, total dissolved solids, total sugar, antioxidant activity, hedonic evaluation, and sensory scoring. The results showed that the addition of kintamani siamese orange peel significantly affected total acidity, pH, total alcohol, total dissolved solids, antioxidant activity, and total sugar. The best treatment was obtained with the addition of 1.5% kintamani siamese orange peel, resulting in kombucha with total acidity of 2%, pH of 3.2, total alcohol of 0%, total dissolved solids of 8.5°Brix, antioxidant activity of 50.93%, and total sugar of 4.90%, with a color liked, slightly strong and liked aroma of kintamani siamese orange peel, slightly strong and liked taste of kintamani siamese orange peel, and overall preferred acceptance.

Keywords: kombucha, kintamani siam orange peel, secondary fermentation.

Abstrak

Kombucha adalah minuman hasil fermentasi teh yang telah ditambahkan gula menggunakan kultur mikroba simbiotik bakteri dan ragi, memiliki karakteristik rasa dan aroma asam, namun kurang disukai panelis. Salah satu usaha untuk meningkatkan kualitas sensoris kombucha adalah dengan melakukan fermentasi lanjutan dengan penambahan bahan alami, seperti kulit jeruk siam kintamani. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kulit jeruk siam kintamani pada fermentasi lanjutan terhadap karakteristik kombucha dan mengetahui konsentrasi kulit jeruk siam kintamani yang tepat untuk menghasilkan kombucha dengan karakteristik terbaik. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan penambahan kulit jeruk siam kintamani yang terdiri dari lima taraf penambahan kulit jeruk siam kintamani yaitu: 0%, 1,5%, 3%, 4,5%, dan 6% yang diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 15 unit percobaan. Parameter yang diamati meliputi total asam, pH, total alkohol, total padatan terlarut, aktivitas antioksidan dan total gula, serta uji hedonik dan skoring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kulit jeruk siam kintamani memberikan pengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap total asam, pH, total alkohol, total padatan terlarut, aktivitas antioksidan, dan total gula. Perlakuan terbaik diperoleh F1 dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani 1,5% yang menghasilkan kombucha dengan karakteristik yaitu total asam 2%, pH 3,2, total alkohol 0%, total padatan terlarut 8,5°Brix, aktivitas antioksidan 50,93%, total gula 4,90%, dengan warna disukai, aroma agak kuat dan agak disukai, rasa agak kuat dan disukai dan penerimaan keseluruhan disukai.

Keywords: kombucha, kulit jeruk siam kintamani, fermentasi lanjutan

PENDAHULUAN

Teh merupakan suatu olahan minuman yang dihasilkan dengandaun tanaman teh (*Camellia sinensis*). Menurut data dari Badan Pusat Statistik (2022), Indonesia mencatatkan produksi teh sebesar 124,7 ribu ton pada tahun 2022, menjadikannya produsen teh terbesar ke-8 di dunia setelah Turki dan Vietnam. Teh dapat diklasifikasikan secara umum menjadi dua jenis, yaitu teh tanpa proses fermentasi dan teh dengan proses fermentasi. Salah satu bentuk olahan teh fermentasi yang populer adalah kombucha. Kombucha diproduksi melalui fermentasi larutan teh yang telah ditambahkan gula, menggunakan konsorsium mikroorganisme simbiotik yang meliputi berbagai jenis bakteri asam asetat, ragi, dan Bakteri Asam Laktat (BAL) (Villarreal et al., 2018).

Kultur mikroba pada kombucha memiliki bentuk seperti gel dengan tekstur kenyal dan tampilan fisik berwarna putih pucat. Struktur ini dikenal sebagai pelikel, yang tersusun dari selulosa yang dihasilkan selama proses metabolisme oleh BAL (Ndraha et al., 2024). Kombucha memiliki cita rasa manis yang cenderung asam, sebagai hasil dari proses fermentasi yang juga menghasilkan berbagai senyawa bioaktif. Senyawa-senyawa tersebut terdiri atas berbagai vitamin seperti vitamin B1, vitamin B2, vitamin B6, vitamin B12, dan vitamin C. Kombucha juga serta mengandung beberapa senyawa jenis asam

organik meliputi asam glukuronat, asam glukonat, dan asam asetat (Vina et al., 2014).

Fermentasi kombucha umumnya berlangsung selama 8 hingga 12 hari pada suhu berkisar antara 18 hingga 20°C. Namun, proses ini dapat berlangsung lebih cepat, yaitu sekitar 4 hingga 6 hari, apabila dilakukan pada suhu yang lebih tinggi, yakni antara 22 hingga 26°C (Wistiana dan Elok, 2015). Senyawa-senyawa yang dihasilkan selama proses fermentasi dapat kombucha dapat bermanfaat bagi kesehatan seperti peningkatan populasi mikroflora dalam saluran pencernaan, aktivitas antibakteri, kandungan antioksidan, serta kemampuan dalam membantu menurunkan tekanan darah (Suhardini et al., 2016). Kandungan antioksidan pada kombucha berkolerasi dengan keberadaan senyawa fenolik di dalamnya. Senet et al., (2017) melaporkan bahwa komponen bioaktif seperti fenol memiliki peran sebagai antioksidan, sehingga tingginya nilai total fenol dalam suatu bahan dapat menghasilkan aktivitas antioksidan yang tinggi pula.

Produk fermentasi seperti kombucha mempunyai kekurangan dari segi rasa dan aroma akibat proses fermentasi. Rasa dan aroma kombucha yang cenderung asam tidak disukai oleh semua orang. Di sisi lain, sensoris memiliki peran krusial dalam penerimaan pangan termasuk kombucha. Berdasarkan hasil penelitian Sintyadewi dan Widnyani, 2021, 11 dari 20 panelis

menyatakan tidak menyukai aroma asam menyengat dari kombucha. Rosita et al., (2021) menyatakan seluruh panelis tidak menyukai rasa asam pada kombucha. Perombakan gula oleh yeast dan bakteri asam asetat menjadi asam-asam organik dan gas karbondioksida (CO₂) berkontribusi terhadap cita rasa asam kombucha. Rasa asam dan aroma yang menyengat tersebut menjadi kelemahan pada kombucha. Sebagian besar konsumen lebih menyukai kombucha dengan karakteristik rasa sedikit asam dan berkarbonasi rendah (Leal et al., 2018 ; Gumanti et al., 2023).

Jeruk siam kintamani (*Citrus nobilis* L.) merupakan salah satu jeruk lokal Bali. Selama ini, pemanfaatan buah jeruk ini umumnya hanya terbatas pada daging buah dan air perasannya, sementara bagian kulit yang mencapai sekitar 30–35% dari total berat buah sering kali tidak dimanfaatkan secara optimal (Izquierdo & Sendra, 2003). Kulit jeruk siam kintamani mengandung senyawa limonene yang memberikan aroma khas jeruk (Karne et al., 2023), dan flavonoid yang tergolong sebagai senyawa fungsional (Thanur et al., 2024). Namun, flavonoid memiliki rasa pahit yang dapat mengurangi penerimaan produk, sehingga perlu dilakukan fermentasi lanjutan agar dapat dimanfaatkan secara optimal.

Fermentasi lanjutan, yang juga dikenal sebagai fermentasi sekunder, merupakan proses tambahan yang dilakukan setelah tahap fermentasi utama selesai. Pada

tahap ini, kombucha biasanya dipindahkan ke wadah terpisah dan ditambahkan bahan seperti gula, buah-buahan, atau komponen alami lainnya untuk meningkatkan cita rasa dan aroma (Yuwono & Muhammad, n.d.). Azizah et al., (2024) melaporkan kombucha *cascara* dengan penambahan 2% kulit buah naga berpengaruh terhadap total asam tertitiasi (TAT), kadar alkohol, nilai pH, dan memperoleh tingkat kesukaan tertinggi dari panelis. Sementara itu, studi oleh Pratama et al., (2015) menemukan bahwa penambahan 1% kulit buah manggis pada kombucha berpengaruh signifikan terhadap nilai pH, aktivitas antioksidan, serta memberikan rasa manis pada produk akhir. Fermentasi lanjutan menggunakan kulit jeruk siam kintamani berpotensi pada minuman kombucha.

Hingga kini, pemanfaatan kulit jeruk siam kintamani untuk fermentasi lanjutan kombucha belum pernah dilaksanakan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kulit jeruk siam kintamani pada fermentasi lanjutan terhadap karakteristik kombucha dan menentukan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani yang tepat untuk menghasilkan kombucha dengan karakteristik terbaik.

METODE

Bahan Penelitian

Penggunaan bahan pada penelitian ini meliputi teh hitam celup (*Sariwangi*), air mineral (*Kaori*), sukrosa (*Gulaku*), larutan

starter kombucha dan SCOBY dengan diameter 10-12 cm, berat kurang lebih 121 gram dengan ketebalan 1 cm (didapatkan secara online dari marketplace inidya_kombucha), kulit jeruk siam kintamani yang sudah matang ditandai dengan warna kulit hijau kekuningan, saat ditekan memiliki tekstur yang lunak dengan aroma khas yang segar dan manis (diperoleh dari pedagang lalapan dan jeruk peras di Jalan Ahmad Yani, Denpasar). Bahan lain pada penelitian ini meliputi bahan-bahan kimia seperti aquades, indikator phenolphthalein (PP) 1 persen (*Merck*), NaOH 0,0119 N, larutan buffer pH, glukosa standar, pereaksi anthrone (*Merck*), H₂SO₄, HCL 4 N, NaOH 50% (*Merck*), metanol, DPPH (*sigma*).

Alat Penelitian

Alat yang digunakan terdiri dari toples kaca 3 liter, kain serbet untuk penutup toples, karet gelang, panci *stainless steel*, centong, sendok, corong, pisau, tisu dapur, talenan, kain saring, botol kedap udara, kompor gas, termometer, timbangan analitik (Ohaus), gelas beaker (Iwaki), labu ukur 50 ml (Iwaki), erlenmeyer, pipet tetes, buret, pH meter (ATC), alkohol meter, refraktometer (Atago), labu ukur 10 ml, pipet mikro, pipet ukur 10 ml, *waterbath* (NVS thermolog), vortex, tabung reaksi, labu ukur 100 ml, kertas saring, batang pengaduk, cawan petri, kuvet, dan spektrofotometer UV-Vis.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada lima taraf perlakuan berdasarkan variasi konsentrasi penambahan kulit jeruk siam kintamani meliputi yaitu:

F0 = Kontrol tanpa penambahan kulit jeruk siam kintamani

F1 = Penambahan kulit jeruk siam kintamani 1,5%

F2 = Penambahan kulit jeruk siam kintamani 3%

F3 = Penambahan kulit jeruk siam kintamani 4,5%

F4 = Penambahan kulit jeruk siam kintamani 6%

Setiap perlakuan dilakukan pengulangan 3 kali, sehingga unit percobaan sebanyak 15.

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan kombucha meliputi air, teh hitam celup, sukrosa, larutan starter kombucha, dan SCOBY, serta kulit jeruk siam kintamani yang ditimbang sesuai dengan formulasi. Formulasi bahan pembuatan kombucha dapat dilihat pada Tabel 1.

Pembuatan Kombucha

Studi Shanzet et al., (2023) dikutip dalam proses produksi kombucha. Titik didih 100 °C dicapai dengan memanaskan 1000 ml air. Air mendidih dicampur dengan dua kantong teh hitam.

Tabel 1. Formulasi kombucha

No	Bahan	Jumlah
1	Air (ml)	1000
2	Teh hitam celup (buah)	2
3	Sukrosa (%)	10
4	Larutan starter kombucha (%)	10
5	SCOBY (g)	±121
6	Kulit jeruk siam kintamani	1,5%, 3%, 4,5%, 6%

Keterangan: Persentase di atas berdasarkan jumlah kombucha (1000 ml)

Sumber: (Shanzet et al., 2023 yang telah dimodifikasi)

Setelah teh direndam selama lima menit (hingga larutan teh menjadi merah tua), ditambahkan 10 persen (b/v) sukrosa, dan campuran diaduk selama tiga menit hingga homogenitas. Setelah didinginkan hingga suhu ruangan (25-30°C), teh disaring dan dimasukkan ke dalam wadah kaca berkapasitas 3 liter. Selanjutnya, tambahkan larutan awal 10 persen (v/v) dan 12% SCOBY ke dalam toples berisi larutan teh. Tutup toples dengan kain bersih dan ikat dengan karet gelang. Setelah tujuh hari fermentasi, letakkan toples ditempat yang terlindung dari sinar matahari dan getaran. Setelah tujuh hari fermentasi, kombucha dipanen dengan mengangkat SCOBY dari larutannya. Setelah menyaring larutan kombucha, kulit jeruk Siam kintamani tidak ditambahkan ke produk akhir.

Pembuatan Kombucha dengan Penambahan Kulit Jeruk Siam Kintamani

Kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani mengacu pada penelitian Shanzet et al., (2023). Proses persiapan kulit jeruk siam kintamani diawali dengan disortir dan dibersihkan kulit jeruk

siam kintamani dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran. Kulit jeruk siam kintamani dipisahkan dari bagian putihnya dan hanya digunakan bagian luarnya saja. Kulit jeruk siam kintamani selanjutnya dipotong dengan ukuran 2x2 cm.

Kombucha yang telah difermentasi awal selama 7 hari dan telah disaring, ditambahkan kulit jeruk siam kintamani sesuai perlakuan yaitu 1,5, 3, 4,5 dan 6 persen. Larutan kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani dimasukkan kedalam botol kaca kedap udara dan ditutup rapat untuk selanjutnya dilakukan fermentasi lanjutan selama 8 hari. Selanjutnya kombucha kulit jeruk siam kintamani disaring dan didapatkan kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi: total asam (AOAC, 2005), derajat keasaman (pH) (AOAC, 2005), total alkohol (Prastujati, 2018), total padatan terlarut (AOAC, 2005), total gula (Andarwulan et al., 2011), aktivitas

antioksidan (AOAC, 2005) dan evaluasi sensoris (Lawless & Heymann, 2010).

Analisis Data

Analisis ragam (ANOVA) satu arah dengan Tingkat signifikansi $\alpha = 95\%$ digunakan untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan terhadap setiap variabel yang diamati. Apabila hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$), maka pengujian dilanjutkan dengan uji lanjutan Duncan Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kimia Kombucha

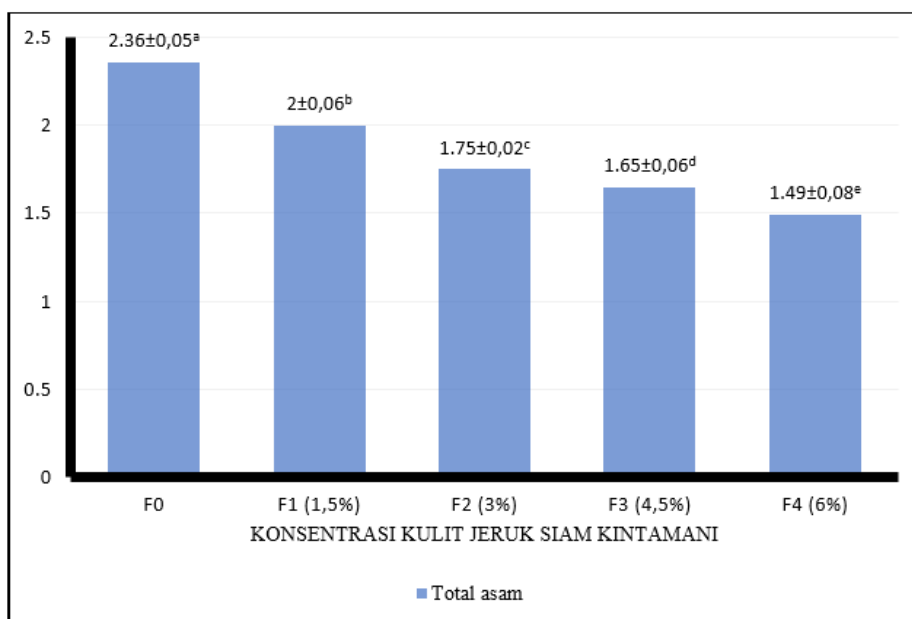
Karakteristik kimia kombucha yang dianalisis meliputi total asam, pH, total alkohol, total padatan terlarut, total gula, serta aktivitas antioksidan.

Total Asam

Perubahan total asam kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan kulit jeruk siam kintamani yang berbeda memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap total asam dalam kombucha. Berdasarkan Gambar 1, nilai rata-rata total asam kombucha berkisar antara 1,49 hingga 2,36 persen. Kombucha dengan total asam terendah diperoleh pada F4 sebesar 1,49 persen, sedangkan kombucha dengan total asam tertinggi

terdapat pada F0 sebesar 2,36 persen. Asam organik adalah produk utama yang terbentuk selama proses fermentasi kombucha. Nisak, (2023) melaporkan bahwa pembentukannya terjadi melalui metabolisme sukrosa oleh berbagai mikroorganisme yang terdapat dalam *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* (SCOBY). Hasil penelitian menunjukkan penurunan total asam pada kombucha setelah fermentasi lanjutan dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani. Penurunan ini disebabkan oleh senyawa bioaktif seperti alkaloid dan flavonoid yang terdapat dalam kulit jeruk siam kintamani. Alkaloid dalam kulit jeruk siam kintamani bersifat basa (Anindita et al., 2022) dapat menetralkan sebagian asam organik yang terbentuk selama fermentasi, sehingga menurunkan total asam dalam kombucha. Pradita et al., (2025) menyatakan flavonoid memiliki sifat antimikroba. Flavonoid diketahui dapat menyebabkan disrupsi membran sel dan menghambat sintesis asam nukleat pada mikroorganisme (Elbanoby et al., 2022). Akibatnya, mikroorganisme mengalami lisis dan kehilangan fungsi metaboliknya, sehingga produksi asam organik utama seperti asam asetat menjadi terhambat. Fermentasi lanjutan yang berlangsung dalam kondisi anaerob juga dapat memengaruhi komposisi metabolit yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Laureys et al., 2020).



Keterangan: Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (dari tiga ulangan) ± standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda pada setiap nilai menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$)

Gambar 1. Pengaruh penambahan kulit jeruk siam kintamani terhadap total asam pada kombucha

Pada tahap fermentasi anaerob yang dilakukan dalam botol kedap udara, aktivitas bakteri asam asetat seperti *Acetobacter xylinum* dan *Gluconobacter* menurun karena bakteri tersebut bersifat obligat aerob yang membutuhkan oksigen untuk tumbuh secara optimal. Akibatnya, konversi etanol menjadi asam asetat menjadi terbatas, sehingga kadar total asam dalam kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani cenderung lebih rendah dibandingkan dengan fermentasi yang berlangsung dalam kondisi aerob atau terbuka.

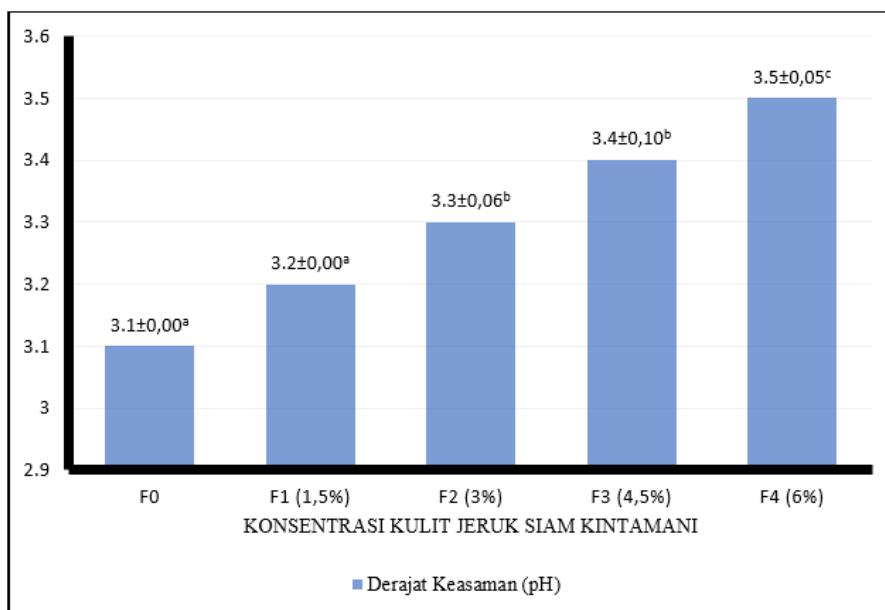
Selain konsentrasi kulit jeruk siam kintamani, lama fermentasi lanjutan juga berpengaruh terhadap penurunan kadar total

asam pada kombucha. Semakin lama waktu fermentasi, jumlah asam organik cenderung menurun karena adanya senyawa alkaloid dan flavonoid dalam kulit jeruk yang dapat menghambat aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri asam asetat (Lee et al., 2022).

Derajat Keasaman (pH)

Perubahan derajat keasaman kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani dalam pembuatan kombucha memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai pH ($P < 0,05$).



Keterangan: Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (dari tiga ulangan) $\pm$ standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda pada setiap nilai menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$)

Gambar 2. Pengaruh penambahan kulit jeruk siam kintamani terhadap derajat keasaman pada kombucha

Berdasarkan Gambar 2, nilai rata-rata pH berkisar antara 3,1 hingga 3,5. Kombucha dengan pH terendah diperoleh pada F0 sebesar 3,1, yang tidak berbeda nyata dengan F1 yaitu 3,2, sedangkan kombucha dengan pH tertinggi terdapat pada perlakuan F4 sebesar 3,5.

Penambahan kulit jeruk siam kintamani pada kombucha diketahui menyebabkan peningkatan nilai pH. Kondisi ini berkaitan dengan rendahnya kadar gula dalam kulit jeruk tersebut, yaitu hanya sekitar 6–8%, jika dibandingkan dengan kandungan gula pada bagian daging buahnya (Adhiksana et al., 2020). Selama fermentasi, gula berperan sebagai sumber energi utama bagi mikroorganisme seperti *Acetobacter xylinum*, *Gluconobacter*,

Saccharomyces cerevisiae, dan *Zygosaccharomyces* (Wang et al., 2022; Njieukam et al., 2024), yang memanfaatkannya untuk menghasilkan senyawa-senyawa metabolit, termasuk asam organik yang berkontribusi dalam penurunan pH. Dengan terbatasnya kandungan gula pada kulit jeruk siam kintamani, proses fermentasi oleh mikroorganisme dapat terhambat akibat kurangnya substrat yang tersedia (Lopes et al., 2021). Temuan ini sejalan dengan hasil studi yang dilakukan oleh Soto et al. (2019), yang menyatakan bahwa fermentasi kombucha dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pH, suhu, serta jenis substrat yang digunakan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan produksi asam organik

menjadi lebih rendah dibandingkan fermentasi kombucha yang didukung oleh sumber gula lain yang lebih tinggi kandungannya.

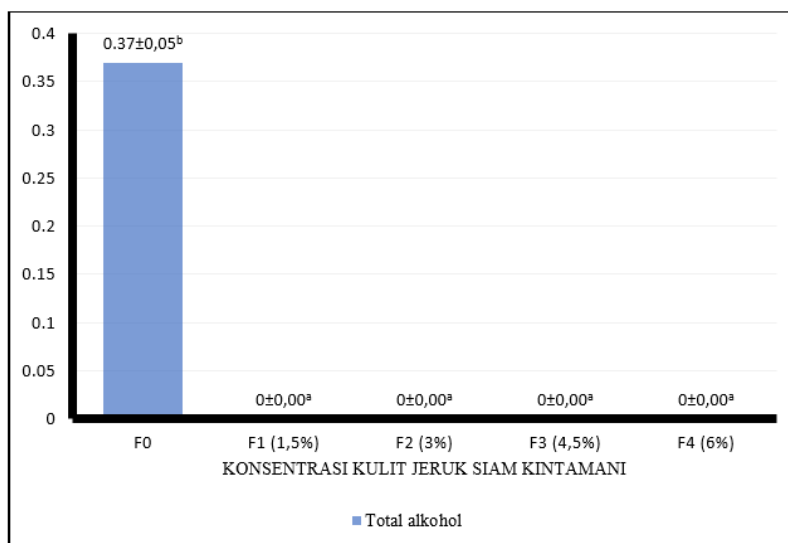
Menurut Laureys et al. (2020) menyatakan bahwa proses fermentasi lanjutan kombucha yang berlangsung dalam kondisi anaerob dapat memengaruhi hasil metabolit yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Pada tahap fermentasi sekunder yang dilakukan dalam wadah tertutup tanpa adanya pertukaran udara, aktivitas bakteri asam asetat seperti *Acetobacter xylinum* dan *Gluconobacter* mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh sifat bakteri tersebut yang bersifat aerob obligat, yaitu membutuhkan oksigen untuk tumbuh dan berfungsi secara optimal. Akibatnya, proses konversi etanol menjadi asam asetat tidak berlangsung secara maksimal, yang menyebabkan kadar total asam dalam kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam Kintamani cenderung lebih rendah dibandingkan dengan fermentasi yang dilakukan dalam kondisi terbuka atau aerob. Selain itu, waktu fermentasi juga memiliki pengaruh penting terhadap perubahan nilai pH dalam kombucha. Pada tahap awal fermentasi, pH umumnya menurun sebagai hasil dari akumulasi asam organik, seperti asam asetat dan asam glukonat, yang diproduksi oleh aktivitas mikroba (Nurhayati et al., 2020). Namun, selama fermentasi lanjutan dalam kondisi

anaerob, produksi asam cenderung menurun, sehingga menyebabkan pH mengalami kenaikan. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Kombucha Brewers International (2020), kisaran pH kombucha berada antara 2,3 hingga 3,8. Dengan demikian, seluruh perlakuan yang menggunakan penambahan kulit jeruk siam kintamani dalam penelitian ini masih berada dalam rentang pH yang sesuai dengan standar mutu tersebut.

Total Alkohol

Perubahan total alkohol kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani dalam pembuatan kombucha memberikan pengaruh yang nyata terhadap total alkohol ($P < 0,05$). Berdasarkan Gambar 3, nilai rata-rata total alkohol pada kombucha berkisar antara 0 hingga 0,37 persen. Kombucha dengan kadar alkohol terendah terdapat pada perlakuan F1 hingga F4 yaitu tidak terdapat alkohol, sedangkan kombucha dengan total alkohol tertinggi diperoleh pada F0 sebesar 0,37 persen. Penurunan ini mengindikasikan bahwa penambahan kulit jeruk siam kintamani memberikan pengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme dalam proses fermentasi, terutama ragi yang berperan dalam konversi gula menjadi etanol.



Keterangan: Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (dari tiga ulangan) ± standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda pada setiap nilai menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$)

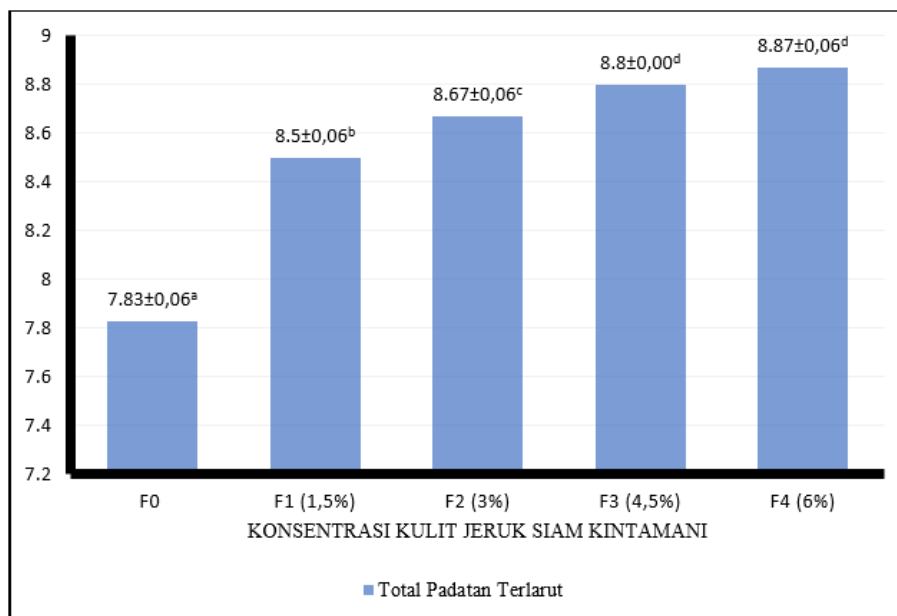
Gambar 3. Pengaruh penambahan kulit jeruk siam kintamani terhadap total alkohol pada kombucha

Etanol merupakan produk utama yang dihasilkan oleh ragi melalui fermentasi gula. Dalam kondisi optimal, ragi akan memecah gula menjadi etanol dan karbondioksida (Putri et al., 2023). Hasil penelitian menunjukkan penurunan total alkohol pada kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani disebabkan kandungan berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, dan limonene yang bersifat antimikroba (Fatima et al., 2018; Saini et al., 2022). Senyawa-senyawa ini menyebabkan disrupti membran dan menghambat sintesis asam nukleat (Elbanoby et al., 2022), sehingga menurunkan kemampuan ragi mengkonversi gula menjadi etanol. Penelitian yang dilakukan arista et al., (2020) mengenai ekstrak daun dewandaru, juga menyatakan senyawa bioaktif seperti

flavonoid mampu mengganggu metabolisme energi dan sintesis asam nukleat mikroorganisme.

Total Padatan Terlarut

Perubahan total padatan terlarut kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani dalam pembuatan kombucha memberikan pengaruh yang nyata terhadap total padatan terlarut ($P < 0,05$). Berdasarkan data pada Gambar 4, nilai rata-rata total padatan terlarut berkisar antara 7,83 hingga 8,87. Kombucha dengan total padatan terlarut terendah diperoleh pada F0 sebesar 7,83 dan kombucha dengan total padatan terlarut tertinggi terdapat pada F4 sebesar 8,87.



Keterangan: Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (dari tiga ulangan) $\pm$ standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda pada setiap nilai menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$)

Gambar 4. Pengaruh penambahan kulit jeruk siam kintamani terhadap total padatan terlarut pada kombucha

Total padatan terlarut merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan jumlah keseluruhan zat yang larut dalam suatu larutan, meliputi gula, asam organik, serta senyawa bioaktif lainnya (Huriah et al., 2019). Peningkatan nilai total padatan terlarut pada kombucha yang diberi tambahan kulit jeruk siam kintamani disebabkan oleh hadirnya senyawa-senyawa seperti flavonoid, alkaloid, likopen, pektin, dan tanin. Selama fermentasi, senyawa-senyawa tersebut larut ke dalam larutan dan memperkaya kandungan padatan dalam minuman (Nirmalasari et al., 2024). Flavonoid dan tanin termasuk senyawa fenolik yang bersifat larut dalam air (Arifin et al., 2018), sehingga dapat dengan mudah

terekstraksi selama proses fermentasi. Keberadaan senyawa tersebut tidak hanya menambah nilai gizi, tetapi juga berkontribusi terhadap kompleksitas cita rasa produk.

Temuan ini diperkuat oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Lee Yeon Tae et al. (2023), yang menunjukkan bahwa penambahan bahan alami yang kaya akan senyawa bioaktif, seperti kulit buah anggur, jeruk, dan pir, mampu meningkatkan kadar total padatan terlarut dalam kombucha. Di samping itu, waktu fermentasi juga memiliki pengaruh terhadap peningkatan nilai total padatan terlarut. Fermentasi yang berlangsung lebih lama memungkinkan ekstraksi senyawa bioaktif dari kulit jeruk

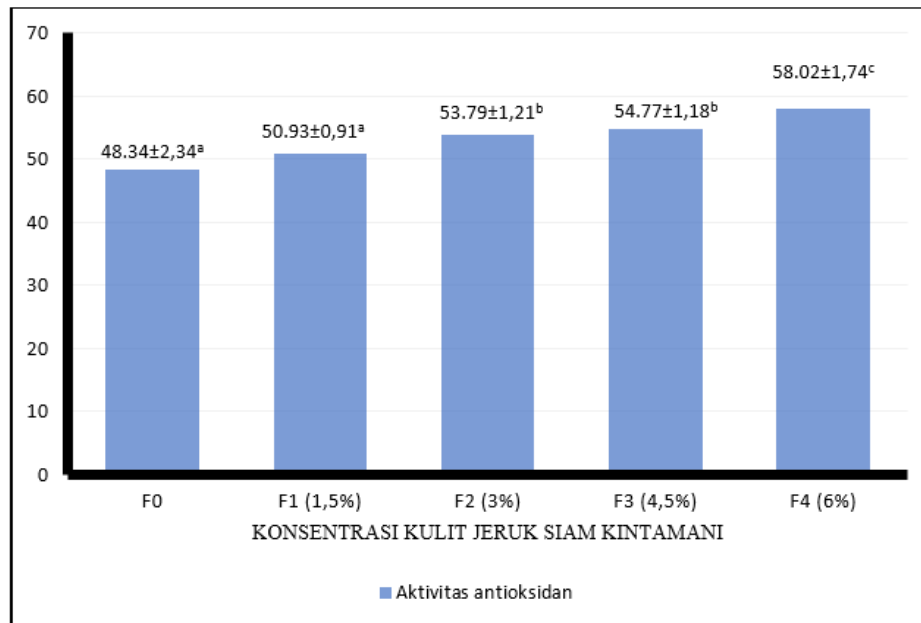
siam kintamani berlangsung lebih optimal. Senyawa seperti flavonoid dan tanin akan lebih mudah larut ke dalam cairan seiring lamanya waktu fermentasi (Arifin et al., 2018). Oleh karena itu, baik peningkatan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani maupun perpanjangan waktu fermentasi terbukti berkontribusi dalam menaikkan total padatan terlarut dalam kombucha. Hasil ini sejalan dengan pernyataan Dewi et al. (2024) yang menyebutkan bahwa waktu fermentasi memiliki peran penting dalam memengaruhi total padatan terlarut pada produk kombucha.

Aktivitas Antioksidan

Perubahan aktivitas antioksidan kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani dalam pembuatan kombucha memberikan pengaruh yang nyata terhadap aktivitas antioksidan ($P < 0,05$). Berdasarkan data pada Gambar 5, nilai rata-rata aktivitas antioksidan berkisar antara 48,34 hingga 58,02 persen. Kombucha dengan aktivitas antioksidan terendah diperoleh pada F0 sebesar 48,34 persen yang tidak berbeda nyata dengan F1 dan kombucha dengan aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada F4 sebesar 58,02 persen.

Aktivitas antioksidan merupakan parameter penting yang digunakan untuk

mengevaluasi kemampuan suatu senyawa atau produk dalam menangkal radikal bebas serta mencegah terjadinya stres oksidatif yang dapat merusak sel-sel tubuh (Sari et al., 2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kulit jeruk siam kintamani pada kombucha mampu meningkatkan aktivitas antioksidan, yang dikaitkan dengan kandungan senyawa bioaktif di dalamnya, terutama dari golongan flavonoid seperti hesperidin dan naringenin. Flavonoid tersebut diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang efektif dalam menetralkan radikal bebas dan memperlambat proses oksidatif di dalam tubuh (Anupong et al., 2023). Selain flavonoid, kulit jeruk siam kintamani juga mengandung senyawa Polymethoxylated Flavones (PMFs), seperti nobiletin, yang tidak hanya bersifat antioksidan, tetapi juga memiliki potensi terapeutik lainnya, termasuk sebagai agen antiinflamasi dan antikanker (Silalahi et al., 2022). Indraswari (2024) turut melaporkan bahwa kulit jeruk siam kintamani mengandung berbagai senyawa bioaktif lain, seperti β -karoten, likopen, senyawa fenolik, flavonoid, dan vitamin C (asam askorbat), yang semuanya berkontribusi terhadap kemampuan antioksidannya. Kontribusi lain berasal dari kandungan minyak atsiri dalam kulit jeruk tersebut, khususnya limonene, yang ditemukan dalam konsentrasi tinggi yakni sebesar 98,11–98,42%.



Keterangan: Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (dari tiga ulangan) ± standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda pada setiap nilai menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$)

Gambar 5. Pengaruh penambahan kulit jeruk siam kintamani terhadap aktivitas antioksidan pada kombucha

Limonene termasuk dalam kelompok senyawa terpenoid yang dikenal memiliki sifat antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba. Di samping itu, waktu fermentasi juga memberikan pengaruh terhadap aktivitas antioksidan dalam kombucha. Selama proses fermentasi lanjutan, senyawa bioaktif dari kulit jeruk siam kintamani akan terekstraksi secara lebih optimal ke dalam minuman. Hal ini sejalan dengan temuan Saimaiti et al. (2022), yang menyatakan bahwa waktu fermentasi berperan penting dalam menentukan tingkat aktivitas antioksidan pada kombucha.

Total Gula

Perubahan total gula kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam

kintamani yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.

Kenaikan kadar gula dalam kombucha berkaitan erat dengan keberadaan gula alami yang terkandung dalam kulit jeruk siam kintamani, seperti sukrosa, glukosa, dan fruktosa. Selama proses fermentasi berlangsung, senyawa-senyawa tersebut larut ke dalam larutan dan memberikan kontribusi terhadap peningkatan kadar gula dalam produk akhir (Czech et al., 2021). Selain mengandung gula, kulit jeruk siam kintamani juga kaya akan senyawa bioaktif, termasuk flavonoid dari kelompok Polymethoxylated Flavones (PMFs), salah satunya adalah nobiletin, yang diketahui memiliki aktivitas antimikroba (Silalahi et al., 2022).

Tabel 2. Nilai rata-rata total gula kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani

Perlakuan	Total Gula (%)
F0	4,88±0,06 ^a
F1 (1,5%)	4,90±0,04 ^a
F2 (3%)	4,98±0,04 ^{ab}
F3 (4,5%)	5,06±0,03 ^b
F4 (6%)	5,24±0,15 ^c

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (dari tiga ulangan) ± standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda pada setiap nilai menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$)

Sifat antimikroba dari nobiletin dapat menekan aktivitas mikroorganisme fermentatif seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter xylinum*, yang berperan penting dalam mengubah gula menjadi etanol dan asam organik (Wang et al., 2018). Akibatnya, laju fermentasi menjadi lebih lambat dan konsumsi gula oleh mikroorganisme pun berkurang, sehingga kandungan gula yang tersisa dalam kombucha lebih tinggi dibandingkan dengan fermentasi tanpa penambahan kulit jeruk siam kintamani. Di samping itu, waktu fermentasi juga memengaruhi kadar total gula dalam kombucha (Neffe-Skocińska et al., 2017). Pada tahap awal fermentasi, kandungan gula cenderung menurun karena dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh mikroorganisme. Namun, selama fermentasi lanjutan, adanya senyawa antimikroba dari kulit jeruk siam kintamani dapat memperlambat proses fermentasi, sehingga penurunan kadar gula tidak terjadi secepat pada fermentasi tanpa penambahan kulit tersebut (Silalahi et al., 2022).

Karakteristik Sensoris

Hasil uji sensoris hedonik kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani disajikan dalam Tabel 3, sedangkan hasil uji sensoris skoring dapat dilihat pada Tabel 4.

Warna

Nilai hedonik warna dipengaruhi secara signifikan oleh perubahan konsentrasi kulit jeruk kintamani selama proses pembuatan kombucha, menurut hasil uji analisis variansi ($P < 0,05$). Berdasarkan informasi dalam Tabel 3, tingkat penerimaan panelis berada dalam rentang "agak suka" hingga "suka", dengan nilai warna hedonik rata-rata berkisar antara 4,56 hingga 6,20. Perlakuan F1 menghasilkan skor tertinggi sebesar 6,20, sementara perlakuan F4 menghasilkan nilai terendah sebesar 4,56. Karena warna kombucha tampak lebih kekuningan-cokelat, yang secara estetika lebih menarik dan disukai, tingkat kesukaan panelis terhadap warna meningkat pada perlakuan F1.

Tabel 3. Karakteristik sensoris hedonik warna, aroma, rasa, dan penerimaan keseluruhan kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani

Perlakuan	Warna	Aroma	Rasa	Penerimaan Keseluruhan
F0	5,52±0,51 ^b	4,20±0,40 ^a	3,16±0,37 ^a	4,36±0,49 ^a
F1 (1,5%)	6,20±0,57 ^c	5,44±0,50 ^c	6,48±0,58 ^c	6,52±0,51 ^d
F2 (3%)	5,64±0,56 ^b	6,00±0,50 ^d	5,36±0,49 ^b	5,56±0,50 ^c
F3 (4,5%)	5,60±0,57 ^b	5,24±0,43 ^{bc}	5,12±0,44 ^b	5,20±0,57 ^b
F4 (6%)	4,56±1,32 ^a	5,16±0,37 ^b	5,08±0,49 ^b	5,12±0,44 ^b

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (dari tiga ulangan) ± standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda pada setiap nilai menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$)

Kriteria hedonik: (1) sangat tidak suka; (2) tidak suka; (3) agak tidak suka; (4) biasa; (5) agak suka; (6) suka; (7) sangat suka

Tabel 4. Karakteristik sensoris skoring aroma dan rasa dari kombucha dengan penambahan kulit jeruk siam kintamani

Perlakuan	Aroma	Rasa
F0	1,40±0,50 ^a	1,44±0,58 ^a
F1 (1,5%)	2,76±0,83 ^b	2,72±0,84 ^b
F2 (3%)	3,00±0,70 ^b	3,04±0,53 ^{bc}
F3 (4,5%)	3,12±0,78 ^b	3,32±0,62 ^{cd}
F4 (6%)	3,20±0,81 ^b	4,00±0,50 ^d

Keterangan: Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (dari tiga ulangan) ± standar deviasi. Notasi huruf yang berbeda pada setiap nilai menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan pada taraf signifikansi 5% ($P < 0,05$)

Kriteria skoring aroma kulit jeruk siam kintamani: (1) tidak kuat; (2) agak kuat; (3) kuat; (4) sangat kuat

Kriteria skoring rasa kulit jeruk siam kintamani: (1) tidak kuat; (2) agak kuat; (3) kuat; (4) sangat kuat

Namun, seiring bertambahnya konsentrasi kulit jeruk siam kintamani, preferensi panelis terhadap warna cenderung menurun. Hal ini diduga disebabkan oleh perubahan warna kombucha menjadi lebih kuning jernih, yang dihasilkan dari meningkatnya ekstraksi pigmen alami seperti flavonoid dan karotenoid dari kulit jeruk tersebut.

Aroma

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kulit jeruk

siam kintamani dalam formulasi kombucha berpengaruh signifikan terhadap penilaian hedonik terhadap aroma ($P < 0,05$). Berdasarkan data yang tercantum pada Tabel 3, rata-rata skor hedonik aroma berkisar antara 4,20 hingga 6,00, dengan kategori penilaian mulai dari "biasa saja" hingga "suka". Skor terendah diperoleh pada perlakuan F0 sebesar 4,20 (kategori biasa), sedangkan nilai tertinggi tercatat pada perlakuan F2, yaitu 6,00 (kategori suka). Peningkatan kesukaan panelis terhadap

aroma terlihat hingga pada perlakuan F2. Fenomena ini diduga berkaitan dengan meningkatnya kandungan senyawa volatil khas dari kulit jeruk siam kintamani, seperti limonene, yang memberikan aroma segar dan citrusy yang dinilai menarik oleh panelis. Limonene merupakan senyawa utama dalam minyak atsiri kulit jeruk siam kintamani dan memiliki sifat mudah menguap selama proses fermentasi, sehingga mampu memperkaya profil aroma pada kombucha. Namun, seiring bertambahnya konsentrasi kulit jeruk yang ditambahkan, terjadi penurunan skor hedonik terhadap aroma. Hal ini disebabkan oleh intensitas aroma citrus yang menjadi terlalu kuat atau bahkan mendekati aroma asam yang tajam, akibat akumulasi senyawa volatil dalam jumlah berlebih.

Berdasarkan hasil analisis ragam, peningkatan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani dalam proses pembuatan kombucha memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai skoring aroma jeruk ($P < 0,05$). Seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4, rata-rata nilai skoring aroma berkisar antara 1,40 hingga 3,20, dengan kategori intensitas aroma mulai dari "tidak kuat" hingga "kuat". Nilai terendah diperoleh pada perlakuan F0 dengan skor 1,40 (kategori tidak kuat), sedangkan skor tertinggi dicapai oleh perlakuan F4 sebesar 3,20 (kategori kuat), meskipun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan F1, F2, dan

F3. Peningkatan intensitas aroma jeruk tersebut erat kaitannya dengan kandungan minyak atsiri yang terdapat dalam kulit jeruk siam kintamani, khususnya senyawa limonene yang dikenal sebagai komponen utama pemberi aroma citrus yang khas. Semakin besar konsentrasi kulit jeruk yang ditambahkan, semakin banyak senyawa volatil yang terekstraksi selama proses fermentasi berlangsung, sehingga menghasilkan aroma jeruk yang lebih dominan pada produk kombucha.

Rasa

Analisis ragam menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani dalam formulasi kombucha memberikan pengaruh signifikan terhadap penilaian hedonik terhadap rasa ($P < 0,05$). Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 3, rata-rata skor hedonik rasa berkisar antara 3,16 hingga 6,48, dengan rentang kategori dari "agak tidak suka" hingga "suka". Nilai terendah tercatat pada perlakuan F0 sebesar 3,16 (agak tidak suka), sedangkan skor tertinggi diperoleh pada perlakuan F1 dengan nilai 6,48 (suka). Peningkatan kesukaan panelis terhadap rasa pada perlakuan F1 diduga terkait dengan keseimbangan cita rasa antara keasaman khas kombucha dengan kesegaran yang dihasilkan dari senyawa alami dalam kulit jeruk siam kintamani. Namun, seiring bertambahnya konsentrasi penambahan kulit jeruk, tingkat kesukaan panelis terhadap rasa menunjukkan penurunan. Penurunan ini

kemungkinan disebabkan oleh tingginya kandungan senyawa bioaktif, seperti flavonoid dan alkaloid, yang diketahui dapat menimbulkan sensasi pahit dan sepat dalam produk (Ramlah., 2016).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani dalam proses pembuatan kombucha memberikan pengaruh yang signifikan terhadap skor intensitas rasa jeruk ($P<0,05$). Berdasarkan pada data Tabel 12, rata-rata nilai skorsing rasa berkisar antara 1,44 hingga 4,00, dengan kategori mulai dari "tidak kuat" hingga "sangat kuat". Skor terendah tercatat pada perlakuan F0 sebesar 1,44 (tidak kuat), sedangkan skor tertinggi diperoleh pada perlakuan F4 dengan nilai 4,00 (sangat kuat). Peningkatan skor rasa jeruk ini memiliki hubungan yang erat dengan keberadaan senyawa asam organik, khususnya asam sitrat, yang secara alami terdapat dalam kulit jeruk siam kintamani. Semakin tinggi konsentrasi kulit jeruk yang ditambahkan selama proses fermentasi, semakin banyak pula senyawa penyusun rasa yang terekstraksi ke dalam minuman, sehingga memperkuat karakteristik rasa jeruk dalam kombucha.

Penerimaan Keseluruhan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tingkat kulit jeruk siam kintamani yang lebih tinggi dalam formulasi kombucha berpengaruh signifikan terhadap nilai penerimaan keseluruhan ($P<0,05$). Menurut data yang ditunjukkan dalam Tabel 3, skor

penerimaan rata-rata berkisar dari 4,36 hingga 6,52, dengan kategori dari "biasa" hingga "sangat suka". Perlakuan F0 menerima skor terendah, 4,36, dan perlakuan F1 menerima skor tertinggi, 6,52. Keinginan panelis terhadap kombucha meningkat paling banyak pada perlakuan F1, tetapi seiring dengan peningkatan konsentrasi kulit jeruk siam kintamani, keinginannya menurun. Beberapa elemen sensasi, seperti warna, aroma, dan rasa, memengaruhi tingkat penerimaan umum ini. Faktor-faktor ini saling berhubungan dan memengaruhi persepsi panelis tentang kualitas produk secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan ($P<0,05$) dari penambahan kulit jeruk Siam Kintamani terhadap berbagai parameter kombucha. Parameter yang terpengaruh meliputi total asam, pH, total padatan terlarut, total alkohol, aktivitas antioksidan, total gula, serta evaluasi sensoris (warna, aroma, rasa, dan penerimaan keseluruhan). Formula terbaik ditemukan pada perlakuan F1, yaitu dengan penambahan 1,5% kulit jeruk Siam Kintamani. Kombucha dari perlakuan ini memiliki karakteristik: total asam 2%, pH 3,2, total padatan terlarut 8,5°Brix, aktivitas antioksidan 50,93%, total gula 4,90%, dan tidak mengandung alkohol (0%). Secara sensoris, produk ini disukai dari segi warna, memiliki aroma

dan rasa yang agak kuat namun tetap disukai, serta mendapatkan penerimaan keseluruhan yang baik dari panelis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, D. (2019). Uji aktivitas Antioksidan pada Minuman Kemasan dengan Metode DPPH. (SKRIPSI), Institut Kesehatan Helvetia, Medan, Indonesia.
- Arista, P. C., Kawuri, R., & Darmayasa, I. G. Potensi Ekstrak Daun Dewandaru (*Eugenia uniflora* L.) Sebagai Pengendali Bakteri *Bacillus cereus* ATCC 11778 Penyebab Diare Potential Of Dewandaru Leaf Extract (*Eugenia uniflora* L.) As Bacterial Control Agent Of *Bacillus cereus* ATCC 11778 CAUSE Of Diarrhea.
- Arifin, B., & Ibrahim, S. (2018). Struktur, bioaktivitas dan antioksidan flavonoid. *Jurnal zarah*, 6(1), 21-29.
- Adhiksana, A., Nadir, M., & Salasiah, S. (2020, November). Pengaruh Waktu Ekstraksi Pektin Dari Kulit Jeruk Siam Menggunakan Gelombang Mikro. In Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) (Vol. 5, pp. 34-38).
- Azizah, K., Pertiwi, S. R. R., & Rifqi, M. (2024). Karakteristik Fisikokimia Kombucha Berbahan Baku Cascara (Kulit Kopi) dan Kulit Buah Naga. *Karimah Tauhid*, 3(5), 6132-6142.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). (2005). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist. AOAC International. Virginia USA.
- Anindita, R. A., Yolanda, H., & Inggriani, M. (2022). Skrining Fitokimia dan Uji Antibakteri Senyawa Ekstrak Etanol Kulit Jeruk Lemon (*Citrus limon* (L.) Osbeck) Terhadap *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Bioshell*, 11(2), 100-112.
- Anupong, W., On-Uma, R., Jutamas, K., Joshi, D., Salmen, S. H., Alahmadi, T. A., & Jhanani, G. K. (2023). Cobalt nanoparticles synthesizing potential of orange peel aqueous extract and their antimicrobial and antioxidant activity. *Environmental Research*, 216, 114594.
- Andarwulan, N., F. Kusnandar, & D. Herawati. (2011). Analisis Pangan. Jakarta: Dian Rakyat.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Statistik Teh Indonesia 2022. BPS-Statistik Indonesia
- Chandra, P. P. B. (2024). Uji Angka Lempeng Total dan Angka Kapang Khamir Ekstrak Buah Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Parapemikir: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 13(2), 204-210.
- Czech, A., Malik, A., Sosnowska, B., & Domaradzki, P. (2021). Bioactive substances, heavy metals, and antioxidant activity in whole fruit, peel, and pulp of citrus fruits. *International Journal of Food Science*, 2021(1), 6662259.
- Dewi, A. J., Saati, E. A., & Husna, A. (2024). Formulasi Teh Hijau Kombucha dengan Penambahan Limbah Kulit Carica (*Carica pubescens*) Berdasarkan Lama Fermentasi Terhadap Aktivitas Antioksidan. *Food Technology and Halal Science Journal*, 7(1), 15-27.
- Elbanoby, N. E., El-Settawy, A. A., Mohamed, A. A., & Salem, M. Z. (2024). Phytochemicals derived from *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae) biomass and their antimicrobial and antioxidant activities: HPLC analysis of extracts. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(13), 14593-14609.
- Fardiaz, S. (1987). Penuntun Praktek: Mikrobiologi Pangan. Lembaga Sumberdaya Informasi. IPB
- Fatima, A., Ghouri, M., & Sajid, T. (2018). Citrus Fruit Peels in Combating Various Foodborne Pathogens. *RADS Journal of Biological Research & Applied Sciences*, 9(2), 64-66.
- Gumanti, Z., Salsabila, A. P., & Sihombing, M. E. (2023). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Mutu Organoleptik Pada Proses Pembuatan Kombucha Sari Kulit Buah Naga Merag (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Pengolahan Pangan*, 8(1), 25-32.
- Handito, D., & Amaro, M. (2021). Pengaruh Konsentrasi Starter Scoby (Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeast) Terhadap Total Mikroba, Total Khamir dan Organoleptik Kombucha Sari Buah Apel: Effect of SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) Starter's Concentration on Chemical, Microbiological and Organoleptic

- Properties of Apple Juice Kombuch. *Pro Food*, 7(2), 12-22.
- H. T. Lawless And H. Heymann, Sensory Evaluation Of Food: Principles And Practices. Springer Science & Business Media, 2010.
- Huriah, H., & Alam, N. (2019). Karakteristik Fisik, Kimia dan Organoleptik Selai pada Berbagai Rasio Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus* Britt and Rose)-Gula Pasir. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 4(1), 16-25.
- Indraswari, P. I. I., & Marangyana, I. G. B. I. (2024). Pemanfaatan Ekstrak Etanol 70% Kulit Jeruk Siam Kintamani (*Citrus nobilis* L.) Sebagai Bahan Aktif Pada Sediaan Lotion Antioksidan. *As-Syifaa Jurnal Farmasi*, 16(2), 107-116.
- Izquierdo, L., & Sendra, J.M. (2003). Citrus fruits composition and characterization. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 1335–1341
- Karne, H., Kelkar, V., Mundhe, A., Ikar, M., Betawar, S., & Chaudhari, N. (2023). Essential oil extraction from orange and lemon peel. In *E3S web of conferences* (Vol. 455, p. 01005). EDP Sciences.
- Kombucha Brewers International (KBI). 2020. Kombucha code of practice (2nd ed).
- Laureys, D., Britton, S. J., & De Clippeleer, J. (2020). Kombucha tea fermentation: a review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 78(3), 165-174.
- Lee, T. Y., & Yi, Y. H. (2023). Physicochemical properties of kombucha with fruit peels during fermentation. *Food Science and Preservation*, 30(2), 321-333.
- Lopes, D. R., Santos, L. O., & Prentice-Hernández, C. (2021). Antioxidant and antibacterial activity of a beverage obtained by fermentation of yerba-maté (*Ilex paraguariensis*) with symbiotic kombucha culture. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15101.
- Ndraha, H., & Al Ihsan, M. A. (2024). Sosialisasi Pentingnya Kesadaran Masyarakat Desa Lingga Tiga Dalam Pemanfaatan Teh Kombucha Guna Meningkatkan Kesehatan Bagi Masyarakat Khusus Nya Para Lansia. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Anshara Madani (JPMAM)*, 2(1).
- Nilayani, N. L., Arnawa, I. K., & Sukanteri, N. P. (2021). Pemasaran Jeruk Siam Kintamani. *AGRIMETA: Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem*, 11(21), 33-38.
- Nirmalasari, N. K. D. A., Permatananda, P. A. N. K., Udiyani, D. P. C., Aryastuti, A. A. S. A., & Dewi, E. S. (2024). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Limbah Kulit Jeruk Siam Kintamani (*Citrus Nobilis*) Dengan Pelarut Polar, Semipolar, Dan Nonpolar. *Jurnal Ners*, 8(1), 210-215.
- Nisak, Y. K. Studi Aktivitas Antioksidan Minuman Fermentasi Kombucha: Kajian Pustaka Study Of Antioxidant Activity Of Kombucha Beverage: Literature Review.
- Njieukam, J. A., Ciccone, M., Gottardi, D., Ricci, A., Parpinello, G. P., Siroli, L., ... & Patrignani, F. (2024). Microbiological, Functional, and Chemico-Physical Characterization of Artisanal Kombucha: An Interesting Reservoir of Microbial Diversity. *Foods*, 13(12), 1947.
- Nurhayati, I. (2024). Inovasi Limbah Kulit jeruk siam kintamani Menjadi Traveling Hand Soap. *Karimah Tauhid*, 3(4), 4506-4518.
- Nurhayati, N., Yuwanti, S., & Urbahillah, A. (2020). Karakteristik fisikokimia dan sensori kombucha
- Cascara (kulit kopi ranum). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 31(1), 38–49.
- Pratama, N., Pato, U., & Yusmarini, Y. (2015). *Kajian Pembuatan Teh Kombucha dari Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana L.)* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Prastujati, A. U., Hilmi, M., & Khirzin, M. H. (2018). Pengaruh konsentrasi starter terhadap kadar alkohol, pH, dan total asam tertitiasi (TAT) whey kefir (the effect of starter concentration on alcohol, pH, and total titrated acids (TTA) in whey kefir). *Jurnal Ilmu Peternakan Terapan*, 1(2).
- Pradita, D., Pertiwi, I., & Limbong, Y. S. (2025). Tinjauan Literatur: Mekanisme Antibakteri Ekstrak Kulit Jeruk Purut (*Citrus hystrix* DC.). *Jurnal Indah Sains dan Klinis*, 6(1), 26-39.
- Putri, D. A., Komalasari, H., Ulpiana, M., Salsabilah, A., & Arianto, A. R. (2023). Produksi kombucha teh hitam menggunakan jenis pemanis dan lama fermentasi berbeda. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(7), 640-656.

- Ramlah, S. 2016. Karakteristik Mutu dan Citarasa Cokelat Kaya Polifenol. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 11 (1): 23-32.
- Sari, D., Zurmansyah, E., Hamdi, H., & Kristiandi, K. (2023). Analisis Antioksidan, Total Asam, Total Padatan Terlarut Dan Viskositas Pada Minuman Sirop Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*): Analysis of antioxidants, total acid, total dissolved solid and viscosity of siam orange syrop drink (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*). *Journal of Food Security and Agroindustry*, 1(1), 12-17.
- Saini, R. K., Ranjit, A., Sharma, K., Prasad, P., Shang, X., Gowda, K. G. M., & Keum, Y. S. (2022). Bioactive compounds of citrus fruits: A review of composition and health benefits of carotenoids, flavonoids, limonoids, and terpenes. *Antioxidants*, 11(2), 239.
- Saimaiti, A., Huang, S. Y., Xiong, R. G., Wu, S. X., Zhou, D. D., Yang, Z. J., ... & Li, H. B. (2022). Antioxidant capacities and polyphenol contents of kombucha beverages based on vine tea and sweet tea. *Antioxidants*, 11(9), 1655.
- Senet, M. R. M., Parwata, I. M. O. A., & Sudiarta, I. W. (2017). Kandungan total fenol dan flavonoid dari buah kersen (*Muntingia calabura*) serta aktivitas antioksidannya. *Jurnal Kimia*, 11(2), 187-193.
- Shanzet, F. F. F., Karna, N. P. I. S., Khairunnisa, N., Amelia, A., Himawan, A., Darmayasa, I. B. G., dan Ramona, Y. (2023). Pengaruh suplementasi buah dan lama fermentasi terhadap mutu organoleptik kombucha teh hitam. *Cassowary*, 6(1), 8–17.
- Sintyadewi, P. R., & Widnyani, I. A. P. A. (2021). Pengaruh lama waktu fermentasi terhadap total flavonoid dan uji organoleptik kombucha teh hitam dan infusa bunga telang. *Media Ilmiah Teknologi Pangan*, 8(2), 72-77.
- Suhardini, P. N., & Zubaidah, E. (2016). Studi aktivitas antioksidan kombucha dari berbagai jenis daun selama fermentasi [in press januari 2016]. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 4(1).
- Thanur, S., Wirawan, G., Phabiola, T. (2024). Kandungan Fitokimia Kulit Buah Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour. var. *microcarpa*) Sehat dan Berpenyakit CVPD di Desa Catur, Kintamani Menggunakan GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry). Fakultas Pertanian. Universitas Udayana, Indonesia
- Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J. P., & Taillandier, P. (2018). Understanding kombucha tea fermentation: a review. *Journal of food science*, 83(3), 580-588.
- Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J. P., Renard, T., Rollan, S., & Taillandier, P. (2019). Impact of fermentation conditions on the production of bioactive compounds with anticancer, anti-inflammatory and antioxidant properties in kombucha tea extracts. *Process Biochemistry*, 83, 44-54.
- Vina, I., Semjonovs, P., Linde, R., & Deniņa, I. (2014). Current evidence on physiological activity and expected health effects of kombucha fermented beverage. *Journal of medicinal food*, 17(2), 179-188.
- Wang, B., Rutherford-Markwick, K., Zhang, X. X., & Mutukumira, A. N. (2022). Kombucha: Production and microbiological research. *Foods*, 11(21), 3456.
- Wang, M., Meng, D., Zhang, P., Wang, X., Du, G., Brennan, C., ... & Zhao, H. (2018). Antioxidant protection of nobiletin, 5-demethylnobiletin, tangeretin, and 5-demethyltangeretin from citrus peel in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(12), 3155-3160.
- Wistiana, Duwi dan Zubaidah, Elok. 2015. Karakteristik Kimiawi dan Mikrobiologis Kombucha dari Berbagai Daun Tinggi Fenol Selama Fermentasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol. 3 No 4 p. 1446-1457. Universitas Brawijaya, Malang
- Yuwono, D. P., & Muhammad, N. A. (n.d.). *Soko-Ndalem Kombucha: Mengenal fermentasi teh yang menyehatkan*. Yogyakarta: Forbil Institute. ISBN: 978-623-5455-07-5
- Zarrad, K., Hamouda, A. B., Chaieb, I., Laarif, A., & Jemâa, J. M. B. (2015). Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. *Industrial crops and products*, 76, 121-127.