



Optimasi Proses Pembuatan Kombucha Daun kelor (*Moringa oleifera* L.) Kajian Konsentrasi Sukrosa dan Lama Fermentasi Sebagai Minuman Probiotik menggunakan *Response Surface Methodology*

Optimisation of the manufacturing process of Moringa Leaf Kombucha (*Moringa oleifera* L.) Study of Sucrose Concentration and Fermentation Time as Probiotic Beverage Using *Response Surface Methodology*

Rahmah Utami Budiandari ^{*,1}, Allysa Rowihatunnufus Hikmah ¹, Syarifa Ramadhani Nurbaya ¹, Andriani Eko Prihatiningrum ^{1,2}, Fitriyah Fitriyan Nur Indahsari ¹

¹ Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Sidoarjo, Indonesia

² Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Sidoarjo, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: rahmautami@umsida.ac.id

Abstrak. Kombucha umumnya berbahan dasar teh hitam atau teh hijau, untuk meningkatkan nilai gizi dan bioaktivitas, penelitian modern telah mengalihkan fokus ke diversifikasi substrat, salah satunya adalah daun kelor (*Moringa oleifera*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum kombucha daun kelor terhadap karakteristik dari metode respons permukaan RSM variabel lama fermentasi dan konsentrasi sukrosa. Optimasi kombucha dilakukan dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dua variabel bebas yakni konsentrasi sukrosa (X_1) (10, 20, 30%) dan lama fermentasi (X_2) (96, 144, 192 jam), terhadap respons total flavonoid. Hasil kombucha optimal pada perlakuan 20% sukrosa dan lama fermentasi selama 144 jam, dengan respons total flavonoid sebesar 0,182 mgQE/g. Karakteristik kombucha optimal meliputi nilai Total Padatan Terlarut (TPT) 15,4°Brix, pH 4,6, Vitamin C 0,12% dan total gula 0,62% yang dapat digunakan sebagai minuman probiotik fungsional bernilai ekonomi tinggi.

Kata kunci: kombucha, daun kelor, lama fermentasi, konsentrasi sukrosa, total flavonoid.

Abstract. Kombucha is generally made from black tea or green tea. To enhance its nutritional value and bioactivity, modern research has shifted focus to substrate diversification, one of which is moringa leaves (*Moringa oleifera*). This study aimed to determine the optimal condition of moringa leaf kombucha based on characteristics from the response surface methodology using fermentation time and sucrose concentration. Kombucha optimization was carried out using the *Response Surface Methodology* (RSM) with two independent variables: sucrose concentration (X_1) (10, 20, 30%) and fermentation duration (X_2) (96, 144, 192 hours), in relation to the total flavonoid response. The optimal kombucha was obtained with 20% sucrose and a fermentation duration of 144 hours, resulting in a total flavonoid content of 0.182 mg QE/g. The characteristics of the optimal kombucha included Total Dissolved Solids/TDS value of 15.4°Brix, pH 4.6, Vitamin C 0.12%, and total sugar 0.62%, which can be used as a high-value functional probiotic beverage.

Keywords: kombucha, moringa leaf, fermentation time, sugar concentration, total flavonoid.

1. Pendahuluan

Kombucha merupakan minuman probiotik fermentasi yang dihasilkan dari proses anaerobik campuran teh (seperti teh hitam atau hijau) dan gula, dengan penambahan starter mikroba berupa SCOBY (*Symbiotic Colony of Bacteria and Yeast*) ataupun biang kombucha sebagai agen fermentasi utama pada konsentrasi optimal 6-20% (Agustien *et al.*, 2022; Nasution & Nasution, 2022; Taufik, 2024). SCOBY sendiri berasal dari koloni simbiotik bakteri dan khamir yang hidup bersama membentuk lapisan gel mirip nata akibat produksi selulosa, khamir seperti *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii*, dan *Brettanomyces bruxellensis* memfermentasi gula menjadi etanol dan CO₂, sementara bakteri didominasi oleh *Acetobacter sp.* (termasuk *Acetobacter xylinum*, *A. aceti*, dan *Gluconacetobacter*) mengonversinya etanol menjadi asam organik seperti asam asetat, glukonat, dan laktat (Budiandari *et al.*, 2023; Nuraida *et al.*, 2022; Wulansari *et al.*, 2022). Hasil akhirnya adalah minuman bersoda dengan profil rasa asam-manis khas, kaya senyawa bioaktif seperti polifenol, vitamin B, dan asam organik yang berkontribusi pada manfaat kesehatan mencakup pemulihan keseimbangan mikroflora usus melalui probiotik, yang krusial untuk optimalisasi sistem pencernaan, peningkatan imunitas terhadap infeksi patogen, serta inhibisi pertumbuhan mikroorganisme oportunistik di saluran cerna untuk menjaga integritas mukosa gastrointestinal secara holistik (Yustin *et al.*, 2025).

Pembuatan kombucha secara konvensional umumnya menggunakan infus teh hitam atau hijau sebagai substrat utama. Namun, untuk meningkatkan nilai gizi dan bioaktivitas, penelitian modern telah mengalihkan fokus ke diversifikasi substrat, salah satunya adalah daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai pengganti potensial (Aznury *et al.*, 2021). Daun kelor memiliki kandungan berbagai senyawa sekunder, seperti tanin, flavonoid, alkaloid, steroid, saponin, antrakuinon dan terpenoid, termasuk kemampuan anti bakteri, mendenaturasi protein, menghambat proses pencernaan bakteri, serta memiliki sifat antimikroba dan antivirus (Fauziah *et al.*, 2023). Meskipun pemanfaatan tradisional daun kelor di Indonesia masih terbatas pada sayuran dengan nilai ekonomis rendah, pengembangannya menjadi kombucha dapat meningkatkan nilai tambah secara signifikan. Proses fermentasi terbukti dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan kadar flavonoid total pada ekstrak daun kelor dibandingkan seduhan non-fermentasi, menjadikannya alternatif minuman probiotik fungsional berkualitas tinggi (Aznury *et al.*, 2021; Mailidarni *et al.*, 2022).

Kualitas akhir kombucha, termasuk potensi fungsional dan karakteristik sensorisnya, sangat sensitif terhadap kondisi fermentasi. Dua faktor kunci yang menentukan adalah konsentrasi sukrosa (sumber karbon esensial bagi mikroba) dan lama fermentasi. Penelitian Kurniawan *et al.* (2017) dengan konsentrasi optimal 12% dikombinasikan starter 2% menghasilkan mutu terbaik

pada kombucha teh daun gambir (Kurniawan *et al.*, 2017). Pada penelitian kombucha kulit manggis menunjukkan bahwa lama fermentasi selama 14 hari merupakan perlakuan yang terbaik menghambat pertumbuhan *S. epidermidis* dan *S. typhi* (Syarilla & Martina, 2018). Penelitian lain oleh Naufal *et al.* (2023) menunjukkan bahwa konsentrasi sukrosa yang optimal harus dijaga untuk menunjang viabilitas SCOBY, sementara lama fermentasi memengaruhi akumulasi asam asetat, yang secara langsung menentukan rasa, aroma, dan aktivitas antimikroba produk.

Oleh karena itu, optimasi kondisi fermentasi merupakan langkah krusial. *Response Surface Methodology* (RSM) dipilih karena keunggulannya memodelkan dan mengidentifikasi interaksi multi-variabel yang dapat memengaruhi hasil. RSM merupakan gabungan teknik matematika dan statistik yang digunakan untuk menggabungkan desain eksperimen yang terstruktur seperti *Central Composite Design* atau *Box-Behnken Design* (Pandey & Mishra, 2015; Myers *et al.*, 2016). Pemodelan oleh RSM yaitu pada interaksi antara variabel independen konsentrasi sukrosa dan lama fermentasi dan respons total flavonoid.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses pembuatan kombucha daun kelor dengan mengkaji pengaruh interaksi antara konsentrasi sukrosa dan lama fermentasi menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Respons yang menjadi fokus optimasi adalah kadar total flavonoid sebagai indikator potensi fungsional. Hasil optimalisasi ini diharapkan dapat menghasilkan formulasi kombucha daun kelor yang terkarakterisasi, menjadikannya alternatif minuman probiotik fungsional bernilai ekonomi tinggi.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan pada mulai bulan Desember 2024 hingga Februari 2025. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi, Laboratorium Analisa Pangan dan Laboratorium Pengembangan Produk, Prodi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi.

2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain daun kelor yang didapat dari daerah Mojokerto, Jawa Timur, gula pasir, starter kombucha, air, aquades, AlCl_3 2%, Asam asetat 5%, kuersetin, larutan iodin 0,01 N (ROFA Laboratorium Center), larutan amilum 1%, NaOH 0,01 N (Kanto Chemical), indikator phenolftalein (PP), glukosa p.a, pereaksi anthrone, H_2SO_4 (RCI Labscan), methanol (RCI Labscan), etanol (RCI Labscan) dan buffer pH 6.

Alat yang digunakan pada proses penelitian ini yaitu cabinet dryer, loyang, timbangan analitik (Ohaus), pH meter (Trans Instrumens), colour reader (FRU), erlenmeyer (Pyrex), gelas ukur (iwaki), beaker glass (Pyrex), hand-refractometer (Atago), kaca arloji, spatula besi, labu ukur (pyrex), tabung reaksi, pipet tetes, pipet ukur (Pyrex), termometer, spektrofotometer UV-Vis (B-

one 100 DA), kuvet, kompor (Rinnai), panci, botol kaca, wadah, kertas roti, tissue, saringan 100 mesh, dan karet gelang.

2.2. Metode Penelitian

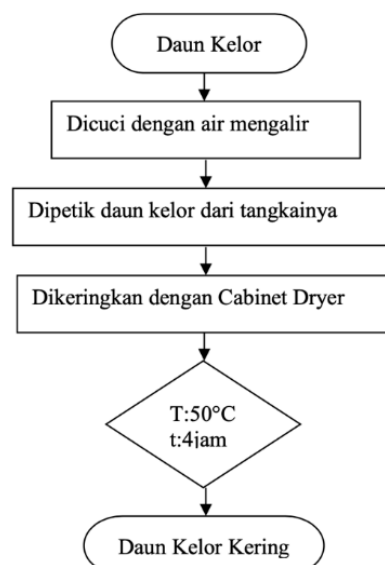
Penelitian ini menggunakan metode *Respon Surface Methodology* (RSM), dengan *Central Composite Design* (CCD), variabel yang digunakan faktor pertama konsentrasi sukrosa (%) (X_1) dan lama fermentasi (jam) (X_2). Variabel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan Rancangan komposit pusat/ CCD optimasi pembuatan kombucha daun kelor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Variabel titik yang digunakan pada optimasi kombucha daun kelor

	Konsentrasi sukrosa (%)	Lama fermentasi (jam)
Batas bawah (-1)	10	96
Titik tengah (0)	20	144
Batas atas (+1)	30	192

Tabel 2. Rancangan CCD optimasi pembuatan kombucha daun kelor

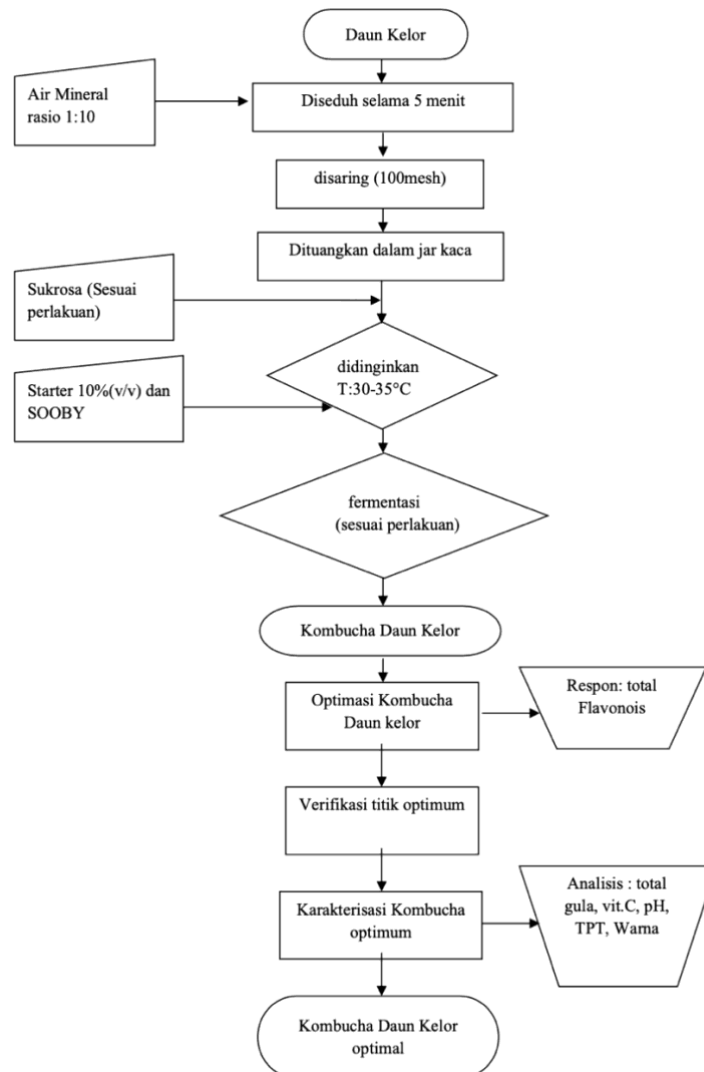
Run	Kode variabel		Variabel sederhana		Flavonoid
	X_1	X_2	Konsentrasi sukrosa (%)	Lama fermentasi (jam)	
1	1	1	30	192	
2	0	0	20	144	
3	-1	-1	10	96	
4	0	0	20	144	
5	-1,414	0	5,85786	144	
6	0	0	20	144	
7	0	1,414	20	211,882	
8	-1	1	10	192	
9	1	-1	30	96	
10	1,414	0	34,1421	144	
11	0	0	20	144	
12	0	0	20	144	
13	0	-1,414	20	76,1177	



Gambar 1. Proses pengeringan daun kelor

2.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan dua tahap, tahap pertama membuat daun kelor kering tahap kedua proses optimasi kombucha daun kelor. Proses pertama meliputi pencucian daun kelor dengan air mengalir lalu ditiriskan, setelah dicuci, dipetik dari tangkainya kemudian diletakkan diatas loyang yang sudah dialasi kertas roti. Daun kelor dikeringkan dengan *cabiner dryer* pada suhu 50°C. Daun kelor yang sudah kering disimpan dalam wadah kedap udara. Gambar Proses pengeringan daun kelor dapat dilihat pada [Gambar 1](#).



Gambar 2. Proses optimasi kombucha daun kelor

Proses optimasi kombucha daun kelor mengacu pada [Budiandari et al. \(2023\)](#) dan [Widyasari \(2016\)](#). Daun kelor kering diseduh dengan air hangat 45°C dan didiamkan selama 5 menit, lalu disaring menggunakan saringan 100 mesh. Kemudian dituang dalam jar kaca yang sudah disterilisasi dan ditambahkan gula pasir sesuai perlakuan. Setelah itu didinginkan sampai suhu 30-35°C dan dimasukkan starter kombucha sebanyak 10% (v/v). Selanjutnya bagian atas jar ditutup kain dan diikat dengan karet gelang, kemudian dilakukan fermentasi sesuai perlakuan. Kombucha yang dihasilkan lalu dianalisis respons total gula dan flavonoid. Selanjutnya dilakukan proses

optimasi dengan menginputkan data analisis total gula dan flavonoid ke dalam software *Design Expert* 13. Setelah data diinputkan, software akan menganalisis data tersebut dan menentukan karakteristik yang diinginkan. Program akan memberikan prediksi titik optimum berdasarkan karakteristik tersebut. Hasil dari proses optimasi selanjutnya dilakukan proses verifikasi untuk mengetahui perbedaan antara prediksi software *Design Expert* 13 dengan hasil analisis. Setelah itu, dilakukan karakterisasi hasil verifikasi melalui pengujian kimia, fisik dan organoleptik. Proses dapat dilihat pada [Gambar 2](#).

2.4. Verifikasi Hasil Optimal

Verifikasi dilakukan dengan menganalisis perbedaan yang muncul antara hasil prediksi yang dihasilkan oleh *Software Design Expert 13* sebagai titik optimum. Jika selisihnya kurang dari 5%, hal ini mengindikasikan adanya kesamaan yang signifikan antara keduanya, yang menandakan bahwa model yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

2.5. Karakterisasi Hasil Verifikasi

Kombucha daun kelor optimal yang sudah diverifikasi dilakukan karakterisasi meliputi sifat fisik yaitu nilai padatan terlarut (TPT) ([Thenu et al., 2023](#)) dan warna ([Nurhayati et al., 2020](#)), analisis kimia pH ([Nurhayati et al., 2020](#)), total asam ([Rohman et al., 2019](#)), dan Vitamin C ([Naufal et al., 2023](#)), serta organoleptik warna, rasa, dan aroma ([Naufal et al., 2023](#)).

3. Hasil dan Pembahasan

Optimasi pembuatan kombucha daun kelor berdasarkan variabel konsentrasi sukrosa (%) dan lama fermentasi (jam) dengan respons yang diamati adalah total flavonoid dapat dilihat pada [Tabel 3](#). Grafik Interaksi Variabel Konsentrasi Gula dan Lama Fermentasi terhadap Respons Total Flavonoid dapat dilihat pada [Gambar 3](#).

Tabel 3. Data Hasil Optimasi Kombucha Daun Kelor Respons Total Flavonoid

Run	Variabel Kode		Variabel		Respons
	X ₁	X ₂	Konsentrasi Gula (%)	Lama Fermentasi (Jam)	Total Flavonoid (mgQE/g)
1	1	1	30	192	0,056
2	0	0	20	144	0,049
3	-1	-1	10	96	0,037
4	0	0	20	144	0,049
5	-1,414	0	5,85786	144	0,044
6	0	0	20	144	0,051
7	0	1,414	20	211.882	0,049
8	-1	1	10	192	0,051
9	1	-1	30	96	0,053
10	1,414	0	34,1421	144	0,061
11	0	0	20	144	0,051
12	0	0	20	144	0,051
13	0	-1,414	20	76.1177	0,044

3.1. Pemilihan Model Respons Total Flavonoid

Berdasarkan software design expert 13.0 setelah dilakukan analisis diperoleh model respons berdasarkan total flavonoid, data dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa pemodelan memiliki nilai F Hitung 27,51 sehingga signifikan secara statistik. Nilai *lack of fit* memiliki nilai p-value sebesar 0,2018 yang menunjukkan model ini tidak signifikan ($p > 0,05$), hal tersebut menunjukkan bahwa model kuadratik cocok dengan data eksperimen. Model quadratic yang digunakan untuk A-konsentrasi gula memiliki p-value sebesar $< 0,0001$ yang menandakan bahwa sumber keragaman tersebut berpengaruh nyata (signifikan) terhadap total flavonoid. Kemudian pada B-lama fermentasi memiliki p-value 0,0018 juga menunjukkan berpengaruh nyata terhadap total flavonoid. Selanjutnya pada sumber keragaman interaksi (AB) memiliki p-value sebesar 0,0096 yang menunjukkan interaksi signifikan. Model quadratic memiliki standar deviasi sebesar 0,0017 dengan nilai R^2 Adjusted sebesar 0,9170 mendekati nilai R^2 sebesar 0,9516 serta nilai R^2 Predicted sebesar 0,7500 yang mendekati 1.

Tabel 4. Data Analisis Ragam Respons Total Flavonoid

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	p-value prob>F	Keterangan
Model	0,0004	5	0,0001	27,51	0,0002	significant
A-konsentrasi gula	0,0003	1	0,0003	88,21	$< 0,0001$	
B-lama fermentasi	0,0001	1	0,0001	23,70	0,0018	
AB	0,0000	1	0,0000	12,46	0,0096	
A ²	8,094E-06	1	8,094E-06	2,83	0,1367	
B ²	0,0000	1	0,0000	8,84	0,0207	
Lack of Fit	0,0000	3	4,338E-06	2,47	0,2018	not significant
Standar Deviasi	0,0017					
R ²	0,9516					
R ² Adjusted	0,9170					
R ² Predicted	0,7500					
PRESS	0,0001					

Dari model quadratic didapatkan persamaan polynomial dalam bentuk variabel actual sebagai berikut:

$$Y = (-0,000653) + 0,001027X_1 + 0,000424X_2 - 6,22435E - 06X_1X_2 + 0,000011X_{12} - 8,28099E - 07X_{22} \quad (1)$$

Keterangan:

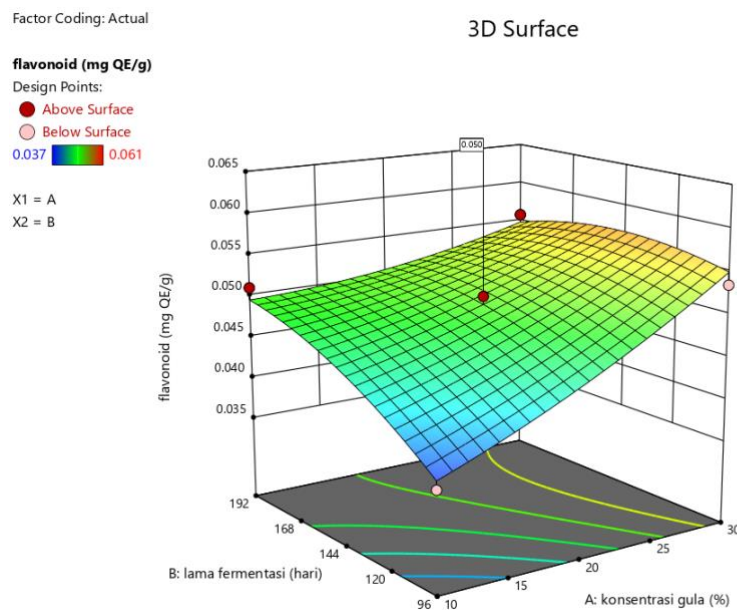
Y = respons total flavonoid

X₁ = konsentrasi gula

X₂ = lama fermentasi

Persamaan aktual merupakan persamaan yang digunakan untuk mengetahui respons total flavonoid yang akan diperoleh, apabila nilai faktor yang diperlukan berbeda. Berdasarkan persamaan tersebut, pengaruh konsentrasi gula berbanding lurus dengan total flavonoid, sementara

lama fermentasi berbanding terbalik dengan total flavonoid. Total flavonoid akan memiliki nilai yang semakin rendah saat lama fermentasi dinaikkan dan konsentrasi gula memiliki nilai yang lebih kecil.



Gambar 3. Grafik Interaksi Variabel Konsentrasi Gula dan Lama Fermentasi Terhadap Respons Total Flavonoid (Dokumentasi Pribadi, Hasil software design Expert)

Perbedaan warna pada grafik menunjukkan interaksi antar variabel terhadap respons total flavonoid dengan menampilkan warna dari biru hingga merah. Daerah yang berwarna biru menunjukkan daerah dengan hasil rendah, sedangkan daerah berwarna merah menunjukkan daerah dengan hasil tinggi (Qodim *et al.*, 2023). Permukaan respons menunjukkan kemiringan tajam ke arah kanan (peningkatan konsentrasi gula, X_1) dan kemiringan yang lebih landai ke arah belakang (peningkatan lama fermentasi, X_2). Titik tertinggi (berwarna merah tua/kuning) berada di area konsentrasi gula tertinggi (sekitar 30-34,14% (run 10 pada Tabel 3)) dan lama fermentasi yang tinggi, mengonfirmasi bahwa kondisi optimal terletak pada batas ruang eksperimen yang tinggi.

Konsentrasi gula memberikan pengaruh yang lebih dominan pada respons total flavonoid dibandingkan pengaruh lama fermentasi. Kandungan total flavonoid kombucha daun kelor cenderung meningkat seiring bertambahnya konsentrasi gula. Sukrosa/gula berfungsi sebagai substrat utama bagi mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk menghasilkan asam organik dan alkohol (Sintyadewi & Widnyani, 2021). Proses ini merangsang pelepasan flavonoid yang terikat dalam matriks daun kelor ke dalam medium fermentasi (Naufal *et al.*, 2023). Mikroba memetabolisme senyawa polifenol kompleks seperti lignin menjadi senyawa flavonoid. Senyawa flavonoid dapat mengalami degradasi ataupun terbentuk dari hasil degradasi senyawa polifenol lainnya (Puspaningrum *et al.*, 2022).

Total flavonoid pada kombucha daun kelor cenderung menurun seiring dengan lama fermentasi, karena adanya degradasi senyawa oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang tak terhitung flavonoid. Selain itu kondisi pH yang asam menyebabkan flavonoid menjadi lebih stabil dan sulit melepaskan proton sehingga total flavonoid menurun (Naufal *et al.*, 2023). Komposisi polifenol dan banyaknya bahan yang dijadikan substrat juga memengaruhi hasil total flavonoid (Lalong *et al.*, 2022).

Dalam pengujian kandungan total flavonoid daun kelor didapat nilai sebesar 1,607 mgQE/g. Apabila dibuat minuman seperti kombucha, daun kelor melalui proses pengeringan terlebih dahulu yang mana akan menurunkan kandungan total flavonoid. Proses pengeringan jika menggunakan suhu tinggi dapat menyebabkan degradasi kandungan flavonoid, karena senyawa ini sensitif terhadap panas, cahaya, dan oksidasi (Trimonika, 2023).

3.2. Verifikasi Titik Optimal Respons total Flavonoid

Verifikasi titik optimum dilakukan dengan membandingkan hasil solusi optimal berdasarkan model yang terpilih dengan nilai aktual saat penelitian. Apabila nilai respons yang dihasilkan berbeda dengan nilai minimum dan maksimum respons maka simpangan dari respons dapat ditentukan. Perbandingan hasil prediksi dan actual dapat dilihat pada Tabel 5.

Kondisi optimum untuk konsentrasi gula dan lama fermentasi pada kombucha daun kelor yaitu pada konsentrasi gula 20% dan lama fermentasi 144 jam dengan nilai *desirability* sebesar 0,825. Nilai *desirability* berfungsi untuk menentukan derajat kesesuaian hasil optimasi. Total flavonoid yang didapat pada proses verifikasi sebesar 0,182 mgGE/g. Selisih antara respons total flavonoid hasil prediksi *software* dengan verifikasi lebih dari 5%. Berdasarkan hasil tersebut, hasil verifikasi mengindikasikan bahwa model yang diperoleh kurang tepat untuk proses. Perbedaan respons total flavonoid hasil prediksi dengan verifikasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti saat analisis, suhu, dan pH (Agustien *et al.*, 2022; Fadilah & Pranowo, 2024).

Tabel 5. Solusi Titik Optimum Pada *Software Design Expert*

	Konsentrasi Gula (%)	Lama Fermentasi (Jam)	Total Flavonoid (mgQE/g)	Desirability	Keterangan
Prediksi	20	144	0,050	0,825	<i>selected</i>
Verifikasi	20	144	0,182	-	-
	Tingkat ketepatan (%)		27,47 %	-	-

3.3. Karakteristik Kombucha daun kelor pada kondisi optimum

Karakteristik kombucha daun kelor dilakukan berdasarkan hasil optimum yang dihasilkan *software Design Expert* terhadap respons total flavonoid. Karakteristik ini meliputi analisis kimia, fisik, dan organoleptik. Total gula pada kombucha daun kelor didapatkan 0,62%. Sukrosa dalam kombucha tidak hanya digunakan sebagai pemanis, tetapi juga berfungsi sebagai sumberdaya

untuk membantu bakteri bertahan hidup melalui fermentasi dan respirasi ([Puspaningrum et al., 2021](#)).

Kombucha daun kelor memiliki kadar vitamin C 0,12%, dan lama fermentasi memengaruhi jumlah vitamin C yang ada di dalamnya. Ini disebabkan oleh fakta bahwa selama tahap awal fermentasi, bakteri *Acetobacter xylinum* menghasilkan vitamin C dan mengubah D-glukosa menjadi D-sorbitol, serta menghasilkan enzim yang mengubah D-sorbitol menjadi L-sorbosa. Dengan adanya oksigen, bakteri dapat mengoksidasi gugus alkohol senyawa gula. Selanjutnya, L-Sorbosa difermentasikan menjadi asam askorbat, atau vitamin C, yang ditemukan dalam kombucha semakin lama proses fermentasi berlangsung ([Nafisah et al., 2024](#)).

Nilai pH yang dihasilkan pada kombucha daun kelor sebesar 4,6. Proses fermentasi mengakibatkan pH kombucha menurun dan nilai asam meningkat karena gula yang ditambahkan mengakibatkan aktivitas mikroorganisme menghasilkan asam organik seiring dengan lama waktu fermentasi ([Nafisah et al., 2024](#)). Secara umum nilai pH kombucha yang aman untuk dikonsumsi yaitu tidak boleh <3. Apabila pH <3 maka harus dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum dikonsumsi. Nilai pH kombucha daun kelor yang dihasilkan masih dalam batas aman untuk dikonsumsi ([Nurhayati et al., 2020](#)).

Total padatan terlarut kombucha daun kelor sebesar 15,4°Brix. Starter SCOBY akan menghidrolisis sukrosa kombucha menjadi glukosa dan fruktosa. Sisa sukrosa yang tidak terhidrolisis dan asam-asam organik yang terbentuk disebut padatan terlarut ([Budiandari et al., 2023](#)). Semakin tinggi penambahan gula maka ketersediaan gula di dalam teh akan meningkat walaupun sebagian mengalami perombakan, maka padatan yang terdiri dari karbohidrat juga semakin meningkat, sehingga total padatan terlarut meningkat ([Nurhayati et al., 2020](#)).

Kombucha daun kelor memiliki nilai L (kecerahan) sebesar 41,14, nilai a (warna merah) sebesar 3,38, dan nilai b (warna kuning) sebesar 11,52. Setelah fermentasi, kombucha berwarna coklat pada awalnya. Semakin lama fermentasi, warnanya menjadi lebih terang. Ini disebabkan oleh fakta bahwa mikroba dapat menghancurkan warna dengan menggunakan energi dari solid yang tidak larut sepenuhnya. Akibatnya, pelarut dalam media akan habis dan cairan akan menjadi semakin bening ([Naufal et al., 2023](#)).

Organoleptik kombucha daun kelor pada parameter warna disukai para panelis karena tampilan warna cerah. Selama fermentasi terjadi perubahan warna kombucha menjadi semakin cerah. Pada parameter rasa, disukai oleh para panelis karena rasa yang dihasilkan tidak terlalu asam. Gula yang digunakan masih banyak tersisa dapat terjadi karena proses pemecahan dan konversi gula menjadi asam-asam organik dan alkohol belum maksimal ([Tanamas et al., 2025](#)). Sedangkan parameter aroma para panelis tidak suka, karena teh kombucha daun kelor memiliki

aroma yang kuat dan menyengat. Penambahan konsentrasi gula dalam kombucha berpengaruh terhadap aroma dikarenakan gula diubah bakteri dan khamir menjadi asam organik seperti asam asetat, asam glukonat, asam glukoronat, serta alkohol yang menyebabkan senyawa volatil dapat dirasakan oleh indra penciuman manusia (Rosyada *et al.*, 2023).

4. Kesimpulan

Kondisi optimum kombucha daun kelor menghasilkan respons total flavonoid 0,182 mgQE/g. Titik optimum kombucha daun kelor untuk variabel konsentrasi gula 20% dan lama fermentasi 144 jam. Pada kondisi tersebut menghasilkan total gula dengan nilai 0,62%, vitamin C 0,12%, nilai pH 4,6. Total padatan terlarut 15,4° Brix, warna nilai L (kecerahan) 41,41, nilai a (merah) 3,38, nilai b (kuning) 11,52. Berdasarkan hasil karakterisasi kombucha optimal, dapat digunakan sebagai alternatif minuman probiotik. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan jumlah variabel yang lebih banyak untuk memperkuat hasil penelitian.

Singkatan yang Digunakan

RSM *Respon Surface Method*

Pernyataan Ketersediaan Data

Semua data hasil perhitungan respons menggunakan Software Design Expert 13.0. Kami akan memberikan bantuan yang melibatkan gambar dan data asli kami jika penulis bersangkutan dihubungi.

Kontribusi Para Penulis

Rahmah Utami Budiandari: Konseptual, Persiapan data awal, Sumber daya, investigasi, penulisan artikel. **Allysa Rowihatunnufus Hikmah:** Investigasi, kurasi data, draft awal. **Syarifa Ramadhani Nurbaya:** Metodologi, kurasi data. **Andriani Eko Prihatiningrum:** Administrasi, Tinjauan dan Penyuntingan. **Fitriyah Nur Indahsari:** Investigasi, sumberdaya.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa tidak memiliki konflik kepentingan atau kepentingan yang bersaing.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung Hibah Internal UMSIDA tahun 2025 dengan nomor kontrak 031.4/II.3.AU/14.00/C/PER/II/2025. Dosen pembimbing, laboran dan asisten laboratorium di prodi Teknologi Pangan atas dukungan sehingga penelitian ini terlaksana. Teman dan Keluarga atas segala support dan dukungannya.

Daftar Pustaka

Agustien, G. S., Fadilah, N. N., & Salsabila, A. (2022). Pengaruh Variasi Konsentrasi Starter terhadap Kualitas Organoleptik Kombucha Daun Kenitu (*Chrysophyllum cainito* L).

Seminar Nasional LPPM UMMAT, 1, 546–551.

- Aznury, M., Maulidi, M. D., & Yuliati, S. (2021). Analisa Perubahan Waktu terhadap Kualitas Hasil Pengeringan Daun Kelor (*Moringa oleifera*) menggunakan Photovoltaic Tray Dryer. *JUSTE (Journal of Science and Technology)*, 1(2), 175–181. <https://doi.org/10.51135/justevol1issue2page175-181>
- Budiandari, R. U., Azara, R., Adawiyah, R., & Prihatiningrum, A. E. (2023). Studi Karakteristik Kimia Minuman Probiotik Kombucha Sari Kulit Nanas (*Ananas comosus*). *Teknologi Pangan: Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 14(2), 181–188. <https://doi.org/10.35891/tp.v14i2.3890>
- Fadilah, N., & Pranowo, D. (2024). Optimasi Mikroenkapsulasi Ekstrak Biji Kurma (*Phoenix dactylifera* L.) sebagai Sediaan Antioksidan dengan Penambahan Maltodekstrin dan Tween 80 [University of Brawijaya]. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/189522/>
- Fauziah, N., Maulidiah, M., Hartanto, T. P., Putri, S. N. D., Sabhira, A. S., Mukarromah, I. W., ..., & Ningsih, A. W. (2023). Artikel Review : Studi Fitokimia Dan Farmakologi Tanaman Kelor (*Moringa Oleifera* Lam). *The Journal General Health and Pharmaceutical Sciences Research*, 1(4), 45–52. <https://doi.org/10.57213/tjghpsr.v1i4.110>
- Kurniawan, M. B., Ginting, S., & Nurminah, M. (2017). The Effect of Addition of Sugar and Starter on Kombucha Drink Characteristics of Gambir Leaf Tea (*Uncaria gambir* Roxb). *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 5(2), 251–257. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/56366>
- Lalong, P. R. F., Zubaidah, E., & Martati, E. (2022). Karakteristik Kimia dan Potensi Antioksidan dari Kombucha Berbahan Kulit Batang Faloak (*Sterculia quadrifida* R.Br). *Teknologi Pangan : Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 13(1), 134–143. <https://doi.org/10.35891/tp.v13i1.2873>
- Mailidarni, N., Aprita, I. R., Yanti, F., & Rejeki, S. U. P. (2022). Teknologi Pengolahan Tepung Daun Kelor Sebagai Substitusi Bahan Pewarna Alami Terhadap Olahan Pangan. *Nawadeepa: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 5–8. <https://doi.org/10.58835/nawadeepa.v1i1.89>
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response Surface Methodology Process and Product Optimization Using Designed Experiments* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Nafisah, E., Ningrum, L. W., Budiandari, R. U., & Hudi, L. (2024). Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Aktivitas Antioksidan Kombucha Kunyit (*Curcuma longa* L.) sebagai Minuman Probiotik. *Jurnal SAGO Gizi Dan Kesehatan*, 5(3A), 633. <https://doi.org/10.30867/gikes.v5i3A.1750>
- Nasution, I. W., & Nasution, N. H. (2022). Peluang Minuman Teh Kombucha Dan Potensinya Sebagai Minuman Kesehatan Pencegah Dan Penyembuh Aneka Penyakit. *JCS - Journal of Comprehensive Science*, 1(1), 9–16. <https://doi.org/10.36418/jcs.v1i1.2>
- Naufal, A., Harini, N., & Putri, D. N. (2023). Karakteristik Kimia dan Sensori Minuman Instan Kombucha dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Berdasarkan Konsentrasi Gula dan Lama Fermentasi. *Food Technology and Halal Science Journal*, 5(2), 137–153. <https://doi.org/10.22219/fths.v5i2.21556>
- Nuraida, L., Hasanah, U., Athaya, D. R., & Refita, K. (2022). *Teknologi Fermentasi Pangan*. IPB Press.
- 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. <https://doi.org/10.6066/jtip.2020.31.1.38>
- Pandey, S. M., & Mishra, H. N. (2015). Optimization of the Prebiotic & Probiotic Concentration and Incubation Temperature for the Preparation of Synbiotic Soy Yoghurt using Response Surface Methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 458–467. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.003>

- Puspaningrum, D. H. D., Sumadewi, N. L. U., & Sari, N. K. Y. (2022). Kandungan Total Asam, Total Gula dan Nilai pH Kombucha Cascara Kopi Arabika Desa Catur Bangli Selama Fermentasi. *Seminar Ilmiah Nasional Teknologi, Sains, Dan Sosial Humaniora (SINTESA)*, 4. <https://doi.org/10.36002/snts.v4i0.1687>
- Qodim, A., Setyorini, D., Panjaitan, R., Variana, Y., & Ansori. (2023). Optimasi Ekstraksi Minyak Biji Alpukat Dengan Pelarut N-Hexana. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, 2(1), 53–59. <https://doi.org/10.61844/jtkm.v2i1.452>
- Rohman, A. R., Dwiloka, B., & Rizqati, H. (2019). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Total Asam, Total Bakteri Asam Laktat, Total Khamir dan Mutu Hedonik Kefir Air Kelapa Hijau (*Cocos nucifera*). *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(1), 127–133. <https://doi.org/10.14710/jtp.2019.23281>
- Rosyada, F. F. A., Agustina, E., & Faizah, H. (2023). Pengaruh Konsentrasi Gula Terhadap Karakteristik Fisika, Kimia dan Aktivitas Antioksidan Teh Kombucha Daun Belimbing Wuluh (*Avverhoa bilimbi* Linn.). *Rekayasa*, 16(1), 27–34. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i1.16977>
- Sintyadewi, P. R., & Widnyani, I. A. P. A. (2021). The Influence of Fermentation Time on the Total Flavonoid and Organoleptic Test of Black Tea Kombucha and Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* L.) Infusion. *Scientific Journal of Food Technology*, 8(2), 72–77. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/pangan/article/view/89984>
- Syarilla, A., & Martina. (2018). Antimicrobial Activity Assay of Kombucha Black Tea and Kombucha Mangosteen Peel Tea Based on Fermentation Length. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 2(2), 67–76. [https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=843068&val=11803&title=Uji Aktivitas Antimikroba Kombucha Teh Hitam dan Kombucha Teh Kulit Manggis Berdasarkan Lama Fermentasi](https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=843068&val=11803&title=Uji%20Aktivitas%20Antimikroba%20Kombucha%20Teh%20Hitam%20dan%20Kombucha%20Teh%20Kulit%20Manggis%20Berdasarkan%20Lama%20Fermentasi)
- Tanamas, L., Pratiwi, I. D. P. K., & Arihantana, N. M. I. H. (2025). Pengaruh Lama Fermentasi Lanjutan Terhadap Karakteristik Kimia dan Sensoris Kombucha Setelah Penambahan Sari Mangga Arumanis (*Mangifera indica* L.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 14(1), 39. <https://doi.org/10.24843/itepa.2025.v14.i01.p04>
- Taufik, R. S. R. (2024). *Produksi Kombucha Cascara Siap Minum Terfortifikasi Air Kelapa (Cocos nucifera L.) Dan Buah Naga Merah (Hylocereus polyrhizus)* [Thesis]. <https://repository.upi.edu/123163/>
- Thenu, S., Tetelepta, G., & Ega, L. (2023). Analisis Kandungan Total Padatan Terlarut dan Sensori Sari Buah Lemon Cina (*Citrus microcarpa*). *Jurnal Agrosilvopasture-Tech*, 2(2), 496–500. <https://doi.org/10.30598/j.agrosilvopasture-tech.2023.2.2.496>
- Trimonika, R. A. (2023). *Pengaruh Perbedaan Metode Pengeringan Simplisa Terhadap Kadar Flavonoid Pada Ekstrak Etanol Daun Kelor (Moringa oleifera Lam.)* [Thesis]. [https://eprints.unpak.ac.id/7579/1/HC_SKRIPSI REGA APRISITA.pdf](https://eprints.unpak.ac.id/7579/1/HC_SKRIPSI%20REGA%20APRISITA.pdf)
- Widyasari, A. (2016). *Aktivitas Antioksidan Dan Organoleptik Kombucha Daun Kelor Dengan Lama Fermentasi Dan Konsentrasi Daun Kelor Yang Berbeda* [Skripsi].
- Wulansari, N. T., Padmiswari, A. A. I. M., & Damayanti, I. A. M. (2022). The Effectiveness Probiotic Drink of Salak Bali (*Salacca zalacca*) in Inhibiting Growth of *Escherichia coli*. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(3), 934–939. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i3.3515>
- Yustin, Dien, H. A., & Taroreh, M. I. R. (2025). Pengendalian Patogen Pangan dalam Kombucha: Peran Teknik Fermentasi dan Probiotik. *AGROMEDIA: Berkala Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 43(1), 47–56. <https://doi.org/10.47728/ag.v43i1.587>