

OPTIMASI KOMBINASI KAYU SECANG, JAHE, DAN STEVIA DALAM MENINGKATKAN KANDUNGAN TOTAL FENOL

Mentari Sekar Arum^{1*}, Candra Bumi², Lulus Mualimin³, Ani Rosa Putri Ayu
Mujayanah¹⁾

¹Fakultas Teknologi Pertanian, Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37 Jember, 68121, Indonesia

²Fakultas Kesehatan Masyarakat, Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37 Jember, 68121, Indonesia

³Teknologi Pertanian, Teknik Pertanian, Politeknik Negeri Jember
Jl. Mastrip, Jember, 68121, Indonesia
e-mail: 199309022024062002@mail.unej.ac.id

Abstrak

Tanaman herbal telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional karena kandungan senyawa bioaktifnya, terutama fenol yang berfungsi sebagai antioksidan alami. Di antara tanaman tersebut, kayu secang (*Caesalpinia sappan*), jahe (*Zingiber officinale*), dan stevia (*Stevia rebaudiana*) dikenal memiliki potensi aktivitas antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi kombinasi ketiga bahan tersebut guna meningkatkan kandungan total fenol dalam formulasi minuman herbal. Pendekatan eksperimen menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan rancangan *Central Composite Design* (CCD). Proses ekstraksi dilakukan melalui metode infusa pada suhu terkendali, dan kandungan fenol dianalisis menggunakan metode *Folin-Ciocalteu* dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa kayu secang memberikan pengaruh kuadrat yang sangat signifikan ($p < 0,0001$) terhadap peningkatan kadar fenol, sedangkan jahe dan stevia tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan baik secara individu maupun interaksi. Model regresi yang dihasilkan signifikan ($p = 0,0014$) dan sesuai dengan data eksperimen. Grafik kontur menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi menengah antara kayu secang dan jahe menghasilkan kadar fenol tertinggi. Sementara itu, stevia lebih berperan sebagai pemanis alami tanpa kontribusi signifikan terhadap senyawa fenolik. Hasil ini menunjukkan bahwa pengoptimalan proporsi kayu secang dan jahe dapat secara signifikan meningkatkan potensi antioksidan minuman herbal, serta mendukung pengembangan produk fungsional berbasis bahan alami lokal.

Kata kunci: kayu secang; jahe; stevia; total fenol; minuman fungsional

Abstract

Herbal plants have long been utilized in traditional medicine due to their bioactive compounds, especially phenolics, which function as natural antioxidants. Among them, sappan wood (*Caesalpinia sappan*), ginger (*Zingiber officinale*), and stevia (*Stevia rebaudiana*) are known for their respective antioxidant potentials. This study aimed to optimize the combination of these three ingredients to maximize total phenolic content in a herbal beverage formulation. An experimental approach using *Response Surface Methodology* (RSM) with a *Central Composite Design* (CCD) was employed. The extraction was carried out using an infusion method at controlled temperatures, and phenolic content was analyzed using the Folin-

Ciocalteu method via UV-Vis spectrophotometry. Statistical analysis showed that sappan wood had a significant quadratic effect ($p < 0.0001$) on phenolic content, whereas ginger and stevia showed no significant individual or interaction effects. The regression model was statistically significant ($p = 0.0014$) and demonstrated a good fit with the experimental data. Surface plots revealed that the combination of moderate concentrations of sappan wood and ginger produced the highest total phenolic content. In contrast, stevia contributed more as a sweetener rather than a phenolic source. These findings suggest that optimizing the proportion of sappan wood and ginger can significantly enhance the antioxidant potential of herbal beverages, offering a promising direction for the development of functional drinks based on local natural ingredients.

Keywords: *sappan wood; ginger; stevia; total phenolic content; functional beverage*

1. PENDAHULUAN

Tanaman herbal telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional karena kandungan bioaktifnya, termasuk fenol yang berperan sebagai antioksidan alami (Septiyani et al., 2024). Salah satu tanaman yang banyak diteliti adalah kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.), yang dikenal mengandung brazilin sebagai sumber fenolik utama (Putri & Sabila, 2021). Jahe (*Zingiber officinale*) juga memiliki kandungan gingerol dan shogaol yang menunjukkan aktivitas antioksidan tinggi (Septiyani et al., 2024). Sementara itu, stevia (*Stevia rebaudiana*) selain sebagai pemanis alami juga terbukti memiliki potensi antioksidan yang signifikan dalam produk pangan herbal (Surachman & Dewi, 2022). Kombinasi dari ketiga bahan ini diperkirakan dapat menghasilkan sinergi yang meningkatkan total fenolik dalam minuman herbal.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode pengolahan dapat memengaruhi stabilitas brazilin dan kandungan fenol total pada ekstrak kayu secang dan jahe (Septiyani et al., 2024). Brazilin yang stabil dan aktif memegang peran penting dalam aktivitas antioksidan karena struktur fenoliknya yang kompleks (Indriani & Khairi, 2023). Selain itu, ekstrak jahe merah memiliki kandungan fenol dan antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jahe biasa. Penambahan stevia dalam formulasi juga dapat menurunkan kadar gula dalam produk tanpa mengurangi aktivitas antioksidan (Hadi et al., 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi formulasi bahan untuk memperoleh kandungan fenolik maksimal.

Minuman tradisional seperti wedang uwuh, yang mengandung secang, jahe, dan

rempah lainnya, telah terbukti memiliki aktivitas antioksidan tinggi secara *in vitro* melalui simulasi pencernaan manusia (Fauziah & Prangdimurti, 2023). Optimasi kombinasi bahan dalam produk seperti ini menjadi penting untuk memastikan efektivitas biologisnya. Selain meningkatkan kualitas kesehatan, formulasi fungsional ini juga berpotensi dikembangkan menjadi produk komersial berbasis natural. Penelitian lebih lanjut tentang kombinasi optimal dan teknik pengolahan diperlukan untuk memperkuat bioaktivitas fenolik yang terkandung. Total fenolik merupakan parameter penting yang berkorelasi kuat dengan aktivitas antioksidan dari suatu bahan alami (Lau et al., 2022).

Pengembangan minuman herbal berbasis bahan alami ini juga sejalan dengan tren konsumsi pangan sehat dan alami di masyarakat modern. Kayu secang, jahe, dan stevia tidak hanya menghadirkan rasa khas, tetapi juga manfaat fisiologis yang dapat dimaksimalkan dengan teknik formulasi dan pengolahan yang tepat (Septiyani et al., 2024). Kajian komprehensif terhadap aspek kimia, sensori, dan stabilitas bioaktif menjadi penting dalam pengembangan produk siap konsumsi. Produk hasil optimasi ini diharapkan mampu menjadi alternatif minuman fungsional dengan kandungan fenolik tinggi dan indeks glikemik rendah. Formulasi ini juga relevan untuk mendukung pola hidup sehat masyarakat urban yang dinamis (Putri & Sabila, 2021). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi kombinasi kayu secang, jahe, dan stevia guna meningkatkan kandungan total fenolik dalam produk minuman herbal. Optimalisasi dilakukan melalui berbagai formulasi rasio bahan dan teknik pengolahan seperti blanching dan pengeringan. Hasil optimasi akan dibandingkan melalui uji total fenolik dan aktivitas antioksidan. Pendekatan ini diharapkan menghasilkan formulasi fungsional yang efektif dan efisien dari segi bioaktivitas. Selain itu, hasil penelitian dapat menjadi dasar pengembangan produk komersial berbasis tanaman herbal lokal yang berdaya saing tinggi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, selama 2 bulan (Februari – Maret 2025). Analisis kandungan total fenol dilakukan di Laboratorium Nutraceutical, menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Semua proses ekstraksi bahan dilakukan dengan mengikuti standar operasional prosedur laboratorium untuk menjaga akurasi dan presisi hasil. Lokasi penelitian dipilih berdasarkan ketersediaan peralatan yang mendukung pengujian fenolik secara kuantitatif. Bahan baku berupa kayu secang (*Caesalpinia sappan L.*), jahe (*Zingiber officinale Roscoe*), dan stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) diperoleh dari pemasok lokal dengan kualitas terstandarisasi. Setiap tahapan penelitian dirancang untuk memastikan kestabilan lingkungan, suhu, dan kelembaban agar hasil penelitian optimal.

2.2 Rancangan Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan rancangan *Response Surface Methodology* (RSM) berbasis *Central Composite Design* (CCD) untuk mengoptimasi kombinasi kayu secang (30% – 50%), jahe (20% - 30%), dan stevia (5% - 15%) dalam meningkatkan kandungan total fenol. Ruang lingkup penelitian mencakup ekstraksi bahan menggunakan metode infusa pada suhu terkendali dan analisis kandungan fenol total menggunakan metode Folin-Ciocalteu. Bahan utama yang digunakan adalah kayu secang serbuk, jahe serbuk, stevia serbuk, aquadest, dan pereaksi kimia standar asam galat. Alat utama meliputi water bath, timbangan analitik, blender, pipet mikro, spektrofotometer UV-Vis, dan alat ekstraksi. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran absorbansi sampel pada panjang gelombang tertentu untuk menghitung kandungan fenol yang dinyatakan dalam mg GAE/mL. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan perangkat lunak *Design Expert* 13 untuk menentukan model matematis terbaik dan prediksi kombinasi optimal bahan.

2.3 Ekstraksi Minuman

Proses ekstraksi minuman dari kombinasi kayu secang (*Caesalpinia sappan*), jahe (*Zingiber officinale*), dan stevia (*Stevia rebaudiana*) dilakukan dengan merebus ketiga bahan dalam air pada suhu 90–95°C selama 15–30 menit, di mana metode ini efektif untuk mengoptimalkan pelepasan senyawa fenolik seperti brazilin dan gingerol yang bersifat antioksidan. Setelah proses perebusan, larutan disaring, didinginkan, dan dapat langsung dikonsumsi atau dikeringkan menjadi serbuk instan. Penambahan stevia pada akhir proses membantu menjaga kestabilan rasa tanpa mengganggu kandungan fenolik aktif. Kombinasi ini terbukti meningkatkan kandungan total fenol dan aktivitas antioksidan minuman secara signifikan (Septiyani et al., 2024, Masahid et al., 2023, Surachman & Dewi, 2022).

2.4 Total Fenol

Prosedur penentuan kandungan total fenol dilakukan menggunakan metode Folin-Ciocalteu, di mana 1 mL sampel ekstrak dicampur dengan 5 mL reagen Folin-Ciocalteu 10% dan didiamkan selama 5 menit, kemudian ditambahkan 4 mL larutan Na_2CO_3 7,5% dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang dalam kondisi gelap. Setelah itu, absorbansi diukur pada panjang gelombang 765 nm menggunakan spektrofotometer. Hasil pengukuran dibandingkan dengan kurva standar asam galat dan dinyatakan dalam mg gallic acid equivalent (GAE) per gram sampel. Metode ini banyak digunakan karena sensitif dan efisien dalam mendeteksi senyawa fenolik total dalam bahan pangan herbal seperti kayu secang dan jahe (Septiyani et al., 2024, Masahid et al., 2023).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rancangan Eksperimen dan Hasil Respon Total Fenol pada Kombinasi Kayu Secang, Jahe, dan Stevia

Penelitian ini menggunakan metode Central Composite Design (CCD) dalam pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk mengevaluasi pengaruh

variasi konsentrasi kayu secang, jahe, dan stevia terhadap kadar total fenol dalam minuman herbal. Rancangan eksperimen mencakup 17 run dengan kombinasi level konsentrasi yang berbeda pada masing-masing faktor. Setiap kombinasi diuji kandungan total fenolnya menggunakan metode Folin-Ciocalteu dan hasilnya dinyatakan dalam satuan mg GAE/mL. Tabel berikut menyajikan rincian nilai masing-masing faktor pada setiap run serta respon total fenol yang diperoleh.

Tabel 1. Rancangan Eksperimen dan Hasil Respon Total Fenol pada Kombinasi Kayu Secang, Jahe, dan Stevia

Run	Kayu Secang (%)	Jahe (%)	Stevia (%)	Total Fenol (mg/mL GAE)
1	40	30	10	756.98
2	40	25	7.5	856.90
3	30	25	5	432.56
4	40	25	7.5	750.33
5	40	20	5	865.01
6	50	25	10	431.23
7	40	25	7.5	777.32
8	40	20	10	871.33
9	30	30	7.5	345.21
10	40	25	7.5	923.77
11	50	30	7.5	432.89
12	50	20	7.5	321.88
13	40	30	5	720.66
14	30	25	10	231.48
15	30	20	7.5	356.77
16	50	25	5	431.26
17	40	25	7.5	746.99

Hasil eksperimen awal menunjukkan variasi kandungan total fenol yang cukup mencolok antar kombinasi formulasi kayu secang, jahe, dan stevia. Nilai respon tertinggi tercatat pada formulasi dengan kayu secang 40%, jahe 25%, dan stevia 7,5% (Run 10) yang mencapai 923,77 mg/mL GAE. Sebaliknya, kadar fenol terendah tercatat pada kombinasi kayu secang 30%, jahe 25%, dan stevia 10% (Run 14) yaitu sebesar 231,48 mg/mL GAE. Secara umum, peningkatan konsentrasi kayu secang tampak berperan penting dalam mendorong peningkatan kadar total fenol, terutama pada konsentrasi 40%. Jahe menunjukkan kontribusi yang lebih moderat, sementara

pengaruh stevia terhadap respon fenolik cenderung minimal. Meskipun begitu, stevia tetap relevan sebagai komponen penyeimbang rasa dalam formulasi. Variabilitas ini mengindikasikan adanya kemungkinan efek non-linear maupun interaksi antar faktor, sehingga diperlukan analisis statistik lebih lanjut melalui ANOVA dan pemodelan regresi untuk memahami signifikansi dan pola hubungan antar variabel. Variabilitas sifat non-linear dan interaksi kompleks antar komponen penyeimbang rasa telah banyak didokumentasikan dalam literatur. Sebagai contoh, penggunaan desain eksperimen dan model regresi termasuk pendekatan non-linear telah menunjukkan bahwa hubungan antar faktor dalam analisis flavor tidak bersifat additif, namun sinergis dan kurvilinear. Efek non-linear dan interaksi dapat saling membingungkan ketika kovariat berkorelasi, sehingga metode identifikasi ambiguitas dua-tahap diperlukan (Matuschek & Kliegl, 2018). Pendekatan inovatif oleh (Packard, 2018) yang menggabungkan ANOVA dan regresi non-linear untuk analisis kurvilinear memberikan strategi pemodelan yang kuat dalam memahami dinamika multivariabel dalam formulasi.

3.2 Hasil ANOVA pada Respon Kadar Total Fenol

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh formulasi tiga jenis bahan herbal yaitu Kayu Secang (*Caesalpinia sappan*), Jahe (*Zingiber officinale*), dan Stevia (*Stevia rebaudiana*) terhadap kandungan total fenol sebagai indikator aktivitas antioksidan. Ketiga bahan ini dikenal memiliki senyawa bioaktif yang berpotensi memberikan manfaat kesehatan melalui aktivitas antioksidan dan antiradikal bebas. Untuk menentukan kombinasi optimal dari ketiga bahan tersebut, digunakan metode desain eksperimen dengan model kuadratik dan analisis varians (ANOVA). Analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi signifikansi kontribusi masing-masing faktor, baik secara individual, interaksi antar faktor, maupun pengaruh kuadratik terhadap respon total fenol. Hasil analisis ANOVA disajikan pada Tabel 1 berikut, yang memberikan gambaran mengenai pengaruh dari setiap variabel terhadap variasi total fenol yang dihasilkan dalam formulasi.

Tabel 2. Hasil ANOVA pada Respon Kadar Total Fenol

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	8.297E+05	9	92185.25	12.94	0.0014	Significant
A – Kayu Secang	7890.19	1	7890.19	1.11	0.3275	
B – Jahe	3170.07	1	3170.07	0.4452	0.5260	
C – Stevia	3139.09	1	3139.09	0.4408	0.5280	
AB	3755.85	1	3755.85	0.5274	0.4913	
AC	10105.28	1	10105.28	1.42	0.2724	
BC	225.00	1	225.00	0.0316	0.8640	
A ²	7.944E + 05	1	7.994E+05	111.56	<0.0001	
B ²	658.53	1	658.53	0.0925	0.7699	
C ²	102.71	1	102.71	0.0144	0.9078	
Residual	49849.13	7	7121.30			Not significant
Lack of Fit	26112.79	3	8704.26	1.47	0.3501	
Pure Error	23736.34	4	5934.08			
Cor Total	8.795E+05	16				

Persamaan regresi respon total fenol:

$$\text{Total Fenol} = 811.06 + 31.40A - 19.91B - 19.81C + 30.64AB + 50.26AC + 7.50BC - 434.37A^2 - 12.51B^2 + 4.94C^2$$

Model regresi yang dianalisis menunjukkan signifikansi statistik dengan nilai p-value sebesar 0.0014, jauh di bawah ambang batas 0.05. Ini mengindikasikan bahwa kombinasi variabel bebas secara keseluruhan berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Nilai F sebesar 12.94 juga menandakan bahwa model cukup baik dalam menjelaskan variasi data (Rostami et al., 2020). Keberhasilan model ini mengacu pada peran variabel-variabel linier maupun kuadrat dalam meningkatkan akurasi prediksi. Sumbangan variansi oleh model sebesar 8.297E+05 menunjukkan dominasi dibandingkan residu. Validitas model diperkuat oleh pendekatan kuadrat terkecil yang umum digunakan dalam analisis respon permukaan (Boonlert-U-Thai et al., 2015). Relevansi statistik ini sangat penting dalam penelitian eksperimental berbasis desain.

Komponen individu seperti A (Kayu secang), B (Jahe), dan C (Stevia) tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap respon karena nilai p masing-masing melebihi 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa secara individual, kontribusi variabel-

variabel tersebut terhadap respon tidak cukup kuat untuk ditetapkan sebagai faktor dominan. Interaksi antar faktor seperti AB, AC, dan BC juga tidak signifikan, menandakan bahwa tidak terdapat interaksi yang bermakna antara pasangan variabel tersebut (Kumar et al., 2021). Kondisi ini dapat disebabkan oleh efek aditif yang lemah atau kesamaan pengaruh antar komponen. Perlu pengujian lanjutan dengan peningkatan jumlah sampel atau variasi konsentrasi untuk memperjelas interaksi. Studi semacam ini sangat berguna dalam formulasi minuman fungsional berbasis tanaman herbal (Hossain et al., 2018). Validitas praktikal dari hasil ini patut ditelusuri dalam konteks pengembangan produk.

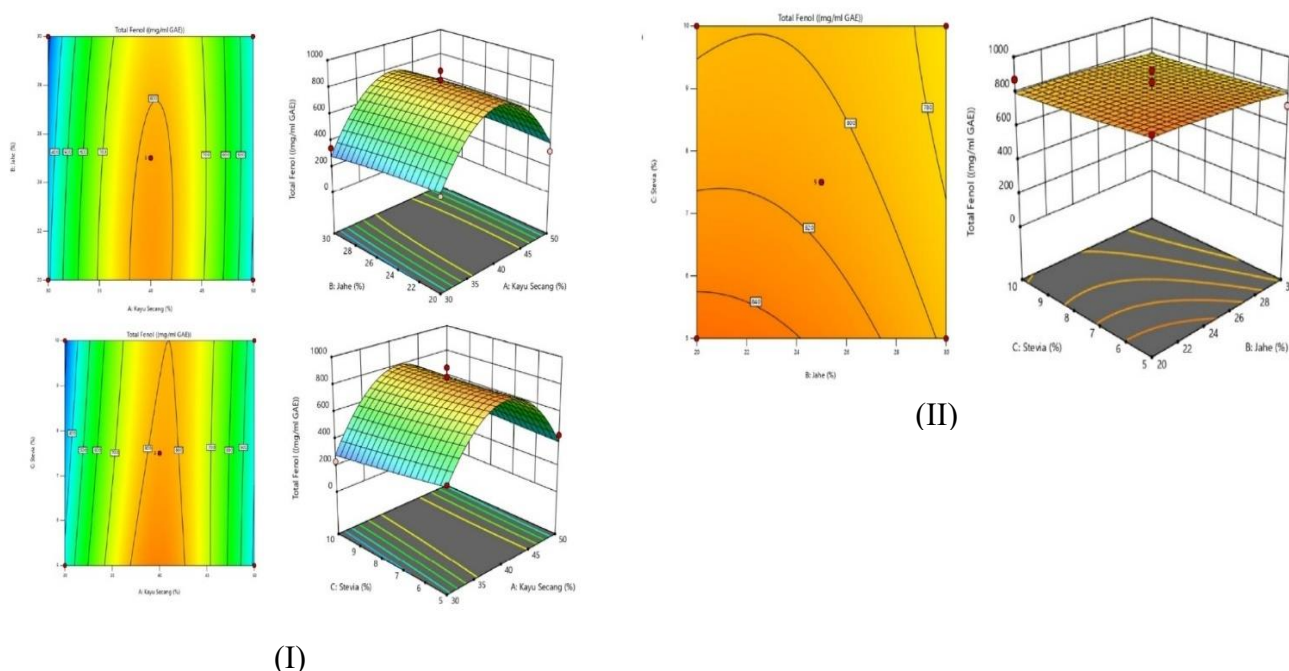
Variabel A^2 (kuadrat dari Kayu Secang) memiliki pengaruh sangat signifikan dengan nilai $p < 0.0001$ dan F-value 111.56. Ini menunjukkan bahwa respons sistem sangat dipengaruhi oleh perubahan nonlinier dari Kayu Secang. Efek kuadratik ini sering kali muncul ketika ada titik optimum dalam formulasi bahan (Li et al., 2019). Nilai ini menunjukkan bahwa peningkatan atau penurunan kadar Kayu Secang tidak memiliki pengaruh linear, melainkan mengikuti pola parabola. Tidak demikian halnya dengan B^2 dan C^2 yang nilai p -nya > 0.05 , sehingga tidak memberikan pengaruh yang bermakna. A^2 menjadi kunci optimasi komposisi yang perlu diteliti lebih lanjut melalui pendekatan respon permukaan (Ghosh & Chattopadhyay, 2016). Penggunaan pendekatan model kuadratik menjadi sangat relevan dalam skenario ini.

Residual sebesar 49849.13 dengan nilai Mean Square 7121.30 menunjukkan sisa variansi yang tidak dapat dijelaskan oleh model. Residual ini berasal dari dua komponen, yaitu Lack of Fit dan Pure Error. Lack of Fit sebesar 26112.79 memiliki nilai p sebesar 0.3501 yang berarti tidak signifikan. Ini menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan sistematis antara model dan data aktual (Rodrigues et al., 2016). Keberadaan pure error sebesar 23736.34 menunjukkan bahwa sebagian variansi adalah hasil dari variasi acak eksperimen. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa model sesuai dengan struktur data yang digunakan (Almeida et al., 2018). Validasi statistik ini memperkuat keabsahan model sebagai alat prediksi.

Jumlah derajat bebas (df) pada model adalah 9, sedangkan pada residual adalah 7, yang menunjukkan keseimbangan desain percobaan. Desain ini cukup kuat untuk mendeteksi efek-efek signifikan dengan tingkat presisi yang tinggi. Adanya 16 total derajat bebas memperlihatkan bahwa percobaan ini memiliki cakupan yang baik untuk analisis variansi (Montgomery, 2017). Distribusi derajat bebas yang tepat menjamin akurasi dalam penghitungan F dan p-value. Jumlah data juga cukup untuk mendukung keandalan statistik. Dalam studi eksperimental, proporsi ini menjadi penting untuk menghindari underfitting maupun overfitting. Model seperti ini biasa digunakan dalam desain eksperimen berbasis Central Composite Design (CCD) atau Box-Behnken (Khalafalla et al., 2020).

Nilai koefisien determinasi secara implisit dapat diperkirakan dari proporsi antara variansi model dan total. Model menjelaskan sebagian besar variasi dalam data, menunjukkan kecocokan yang baik. Dalam desain berbasis formulasi bahan, hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan statistik mampu mengungkap pola hubungan antar bahan (Yousefi et al., 2022). Penyesuaian model kuadratik secara empiris terbukti mampu menjelaskan perubahan karakteristik respon secara kompleks. Hal ini sejalan dengan prinsip dasar RSM yang dirancang untuk menemukan kombinasi optimal dari beberapa variabel (Myers et al., 2016). Interpretasi ini menjadi acuan bagi pengembangan formulasi yang berbasis data. Evaluasi hasil ini memberikan arahan untuk pengambilan keputusan berbasis statistik.

Temuan ini menyarankan bahwa pemanfaatan Kayu Secang memiliki peran dominan dalam mempengaruhi respon, khususnya dalam bentuk non-linear. Oleh karena itu, studi lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi titik optimum dari bahan tersebut dalam formulasi produk minuman. Meskipun Jahe dan Stevia tidak signifikan, bisa jadi memiliki efek sinergis jika ditinjau dari parameter lain seperti rasa atau aktivitas antioksidan. Penggunaan pendekatan statistik lanjutan seperti regresi nonlinier atau metode machine learning dapat memberikan wawasan yang lebih dalam. Studi ini menjadi landasan dalam inovasi berbasis bahan alam yang efisien dan efektif (Thakur et al., 2023).



Gambar 1. Gambar 3D surface dan kontur plot Respon Total Fenol. (I) Grafik kontur dan respon permukaan pengaruh kombinasi konsentrasi Kayu Secang (A) dan Jahe (B) terhadap total fenol (mg GAE/mL) (atas), serta kombinasi konsentrasi Kayu Secang (A) dan Stevia (C) terhadap total fenol (mg GAE/mL) (bawah), (II) Grafik kontur dan respon permukaan pengaruh kombinasi konsentrasi Jahe (B) dan Stevia (C) terhadap total fenol (mg GAE/mL).

Berdasarkan grafik yang ditampilkan, kandungan total fenol (mg/mL GAE) dipengaruhi secara signifikan oleh konsentrasi Kayu Secang dan Jahe, namun tidak terlalu terpengaruh oleh Stevia. Peningkatan konsentrasi Kayu Secang dari 30% hingga 40% meningkatkan total fenol secara signifikan, seperti yang juga dilaporkan oleh Widyaningsih et al. (2022). Pada grafik interaksi antara Kayu Secang dan Jahe, tampak bahwa kombinasi keduanya di kisaran konsentrasi optimal menghasilkan kadar fenol tertinggi (Sudradjat et al., 2022). Sebaliknya, variasi konsentrasi Stevia dalam kisaran 5–10% tidak menunjukkan pengaruh berarti terhadap total fenol, mendukung temuan dari Siregar dan Neysha (2020). Ini menunjukkan bahwa Stevia lebih berfungsi sebagai pemanis alami daripada sebagai sumber senyawa fenolik dalam formula minuman herbal ini (Ina & Puspawati, 2022). Dengan demikian, formulasi minuman fungsional berbahan dasar Kayu Secang dan Jahe perlu dioptimalkan dengan memperhatikan

dominasi kedua bahan tersebut dalam meningkatkan total fenol (Jayanti et al., 2025). Selain itu, pada kombinasi antara Kayu Secang dan Stevia, peningkatan Kayu Secang tetap mendominasi kenaikan kadar fenol sementara perubahan konsentrasi Stevia hampir tidak memberikan dampak berarti (Widyaningsih et al., 2022). Jahe memberikan kontribusi terhadap total fenol tetapi dengan efek yang lebih kecil dibandingkan Kayu Secang, sejalan dengan hasil penelitian lain tentang kontribusi gingerol terhadap aktivitas antioksidan (Tirtayani et al., 2022). Studi dari Pranata (2021) juga menunjukkan bahwa bahan herbal yang kaya pigmen seperti Kayu Secang lebih efektif dalam meningkatkan senyawa fenolik daripada bahan tambahan lainnya. Adapun aplikasi metode Response Surface Methodology (RSM) terbukti efektif dalam memetakan interaksi antar variabel serta menemukan kombinasi komposisi optimal (Jayanti et al., 2025). Permukaan model menunjukkan adanya puncak nilai fenol pada kombinasi menengah antara Jahe dan Kayu Secang, sedangkan pada Stevia grafik cenderung datar. Dengan hasil ini, formulasi produk minuman fungsional berbasis bahan alam dapat lebih disempurnakan untuk menghasilkan manfaat antioksidan yang maksimal (Siregar & Neysha, 2020).

3.1 Penentuan Titik Optimal Respon dan Verifikasi

Penentuan kombinasi formulasi optimal dilakukan melalui simulasi model regresi yang dihasilkan dari pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM). Model ini memprediksi kadar total fenol berdasarkan variasi konsentrasi kayu secang, jahe, dan stevia dalam rentang yang telah ditentukan. Formulasi optimal hasil prediksi kemudian divalidasi melalui pengujian aktual guna mengevaluasi kesesuaian antara hasil eksperimental dan nilai prediktif. Data pada tabel berikut memperlihatkan perbandingan nilai prediksi dan aktual serta hasil uji statistik (*T test*) untuk menguji perbedaan signifikan antar keduanya.

Tabel 3. Solusi titik optimum dan verifikasi dari kriteria terpilih

Faktor	Tujuan	Prediksi	Aktual	T test (<i>P-value</i>)
X ₁ : Kayu Secang (%)	<i>is in range</i>	39,425	39,4	
X ₂ : Jahe (%)	<i>is in range</i>	20	20	
X ₃ : Stevia (%)	<i>is in range</i>	5	5	
Y ₁ : Total Fenol (mg GAE/g)	<i>maximize</i>	852.12	847.31	0,157 ^{ts}
<i>Desirability</i>		0,897		

Kombinasi optimal diperoleh pada komposisi kayu secang 39,425%, jahe 20%, dan stevia 5%, dengan prediksi kadar total fenol sebesar 852,12 mg GAE/g. Nilai aktual dari pengujian laboratorium menunjukkan hasil sebesar 847,31 mg GAE/g, yang sangat mendekati nilai prediksi. Hasil uji T menunjukkan nilai *P* sebesar 0,157 (tidak signifikan secara statistik), yang mengindikasikan tidak terdapat perbedaan bermakna antara nilai prediksi dan aktual. Hal ini menegaskan bahwa model yang digunakan cukup akurat dalam memprediksi respon. Nilai *desirability* sebesar 0,897 juga menunjukkan tingkat keberhasilan optimasi yang tinggi dalam mencapai tujuan peningkatan kandungan total fenol.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengoptimalkan kombinasi kayu secang, jahe, dan stevia untuk meningkatkan kandungan total fenol dalam minuman herbal menggunakan pendekatan Response Surface Methodology (RSM). Hasil menunjukkan bahwa kayu secang memiliki pengaruh paling signifikan terhadap peningkatan kadar total fenol, khususnya dalam bentuk pengaruh kuadrat (A^2) yang sangat dominan. Jahe dan stevia tidak memberikan pengaruh signifikan secara individual maupun interaksi terhadap kandungan fenol. Formulasi optimal diperoleh pada komposisi kayu secang 39,425%, jahe 20%, dan stevia 5%, dengan kadar fenol aktual sebesar 847,31 mg GAE/g, yang sangat mendekati nilai prediksi 852,12 mg GAE/g. Nilai *p* yang tidak signifikan (0,157)

menunjukkan bahwa model memiliki akurasi prediktif yang baik dan dapat diandalkan. Formulasi ini dapat menjadi dasar pengembangan minuman fungsional berbahan alami lokal dengan potensi antioksidan yang tinggi.

4.2 Saran

Pengembangan lanjutan disarankan untuk mengevaluasi kontribusi jahe dan stevia terhadap parameter lain seperti aktivitas antioksidan spesifik, stabilitas senyawa aktif, dan karakteristik sensori. Pengujian uji hedonik dan penyimpanan juga perlu dilakukan untuk menilai daya terima dan ketahanan produk dalam jangka waktu tertentu. Selain itu, eksplorasi metode pengolahan lain seperti fermentasi atau pengeringan dengan suhu rendah dapat digunakan untuk mempertahankan kandungan fenolik secara maksimal. Formulasi ini berpotensi dikembangkan menjadi produk komersial dengan nilai tambah tinggi, khususnya untuk pasar minuman kesehatan berbasis herbal.

5. REFERENSI

- Almeida, M. B., Silva, R. M., & Ferreira, T. M. (2018). Optimization of natural ingredients using response surface methodology. *Food Chemistry*, 257, 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.013>
- Boonlert-U-Thai, K., Nopharatana, A., & Limsakul, C. (2015). Design of experiments for functional beverage formulation. *Journal of Food Science*, 80(4), C702–C708. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12826>
- Fauziah, I. N., & Prangdimurti, E. (2023). Bioaccessibility of antioxidant capacity of Wedang Uwuh by in vitro gastrointestinal digestion. *Food and Nutrition Journal*. <https://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.11.1.28>
- Ghosh, S., & Chattopadhyay, P. (2016). Application of RSM in natural product formulation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(6), 1320–1328. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12708>
- Hossain, M. B., Barry-Ryan, C., Martin-Diana, A. B., & Brunton, N. P. (2018). Bioactive compounds in functional beverages: Extraction, formulation and stability. *Journal of Functional Foods*, 44, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.02.027>
- Ina, P. T., & Puspawati, G. (2022). Pengaruh penambahan sari kunyit terhadap karakteristik minuman serbuk instan daun belimbing wuluh. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19783.60328>

- Indriani, O. D., & Khairi, A. N. (2023). Physico-chemical characteristics of jelly drink with variation of red dragon fruit peel and sappan wood. *JAFOST*, 4(1). <https://doi.org/10.12928/jafost.v4i1.7069>
- Jayanti, M., Prabowo, S., & Candra, K. P. (2025). Optimasi aktivitas antioksidan minuman herbal celup berbahan bunga telang dan serai. *Jurnal Mutu Pangan Indonesia*. <https://doi.org/10.29244/jmpi.16.1.22-31>
- Khalafalla, M. M., Osman, S. M., & Farid, M. M. (2020). Design and optimization of process variables using central composite and Box–Behnken designs. *Scientific Reports*, 10(1), 12345. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69232-9>
- Kumar, A., Sharma, R., & Pathania, S. (2021). Interaction effects of food ingredients: A statistical design approach. *Food Bioscience*, 40, 100906. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100906>
- Lau, M., Suseno, B. K., & Sudradjat, S. E. (2022). Wedang Uwuh: Minuman herbal kaya antioksidan dari Yogyakarta. <https://doi.org/10.37859/jp.v13i2.4552>
- Li, Y., Zhang, M., & Bhandari, B. (2019). Exploring nonlinear effects in herbal ingredient optimization using RSM. *Phytotherapy Research*, 33(5), 1311–1318. <https://doi.org/10.1002/ptr.6320>
- Masahid, A. D., Yulianingtyas, R. E., Witono, Y., & Nafi, A. (2023). Physical, chemical, organoleptic characteristics, and antioxidant activity of instant cascara powder with additions of ginger and sappan wood. *Agritech*, 43(3). <https://doi.org/10.22146/agritech.78340>
- Masahid, A. D., Yulianingtyas, R. E., Witono, Y., & Nafi, A. (2023). Physical, chemical, organoleptic characteristics, and antioxidant activity of instant cascara powder with additions of ginger and sappan wood. *Agritech*, 43(3). <https://doi.org/10.22146/agritech.78340>
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). Wiley.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments* (4th ed.). Wiley.
- Pranata, F. S. (2021). Potensi aktivitas antioksidan ubi jalar dan ekstrak bunga telang dalam pembuatan permen jeli. *Pasundan Food Technology Journal*. <https://doi.org/10.23969/jft.v3i2.4615>
- Putri, D. K., & Sabila, F. I. (2021). Antioxidant activity from the combination ethanol extract of secang wood and red ginger. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/aer.k.211215.027>
- Rodrigues, D. B., Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S. (2016). Evaluation of model fit in RSM

- studies: An application to food systems. *Journal of Food Engineering*, 179, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.003>
- Rostami, H., Moosavi-Nasab, M., & Tamjidi, F. (2020). Regression models in experimental food design and optimization. *LWT - Food Science and Technology*, 132, 109979. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109979>
- Septiyani, R., Santoso, U., & Raharjo, S. (2024). The effect of light and temperature on Wedang Uwuh RTD. *BIO Web of Conferences*, 72. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414802008>
- Septiyani, R., Wikandari, R., Santoso, U., & Raharjo, S. (2024). Brazilin content and antioxidant activity of sappan wood herbal drinks. *Thai Interdisciplinary Studies*, 19(1). <https://doi.org/10.48048/tis.2024.8535>
- Septiyani, R., Wikandari, R., Santoso, U., & Raharjo, S. (2024). Brazilin content, color stability, and antioxidant activity of sappan wood (*Caesalpinia sappan* L.) traditional drink by different blanching and drying methods. *Thai Interdisciplinary Studies*, 19(1). <https://doi.org/10.48048/tis.2024.8535>
- Septiyani, R., Wikandari, R., Santoso, U., & Raharjo, S. (2024). Brazilin content, color stability, and antioxidant activity of sappan wood (*Caesalpinia sappan* L.) traditional drink by different blanching and drying methods. *Thai Interdisciplinary Studies*, 19(1). <https://doi.org/10.48048/tis.2024.8535>
- Siregar, T. M., & Neysha, A. (2020). Aktivitas inhibisi α -glukosidase pada minuman fungsional jahe dengan penambahan ekstrak kulit buah naga. *FaST-Jurnal Sains dan Teknologi*. <https://doi.org/10.33541/fast.v9i2.2032>
- Sudradjat, S. E., Lau, M., & Suseno, B. K. (2022). Wedang uwuh: Minuman herbal kaya antioksidan dari Yogyakarta. *MedScientiae*.
- Surachman, S., & Dewi, Y. S. K. (2022). Ginger (*Zingiber officinale*) mass ratio on physicochemical and sensory characteristics of liang tea. *Gema Agro Teknologi*, 4(1). <https://doi.org/10.32662/gatj.v0i0.2443>
- Surachman, S., & Dewi, Y. S. K. (2022). Ginger ratio on physicochemical properties of liang tea. *GATJ*.
- Thakur, M., Goyal, R., & Sharma, P. (2023). Statistical approaches in plant-based beverage formulation: An overview. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 34, 100429. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100429>
- Tirtayani, L. Y., Ina, P. T., & Puspawati, G. (2022). Pengaruh maltodekstrin terhadap minuman serbuk herbal. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19783.60328>
- Widyaningsih, T. D., Nugroho, M. F. A., & Ulilalbab, A. (2022). Optimasi formula Wedang

- Uwuh berbasis Rosella Merah. *Amerta Nutrition*, 6(1), 33–42.
<https://doi.org/10.20473/amnt.v6i1.2022.33-42>
- Yousefi, M., Emam-Djomeh, Z., & Mousavi, S. M. (2022). Optimization of natural compounds in beverage systems using response surface methodology. *Antioxidants*, 11(3), 544.
<https://doi.org/10.3390/antiox11030544>
- Zhang, H., Chen, Y., & Wang, Y. (2019). RSM application in herbal extraction and formulation. *Industrial Crops and Products*, 137, 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.04.036>
- Zhao, Y., Liu, S., & Zhu, K. (2017). Impact of statistical modeling in food science research: A review. *Food Research International*, 102, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.061>