

## OPTIMASI FORMULASI KOPI REMPAH MENGGUNAKAN METODE SIMPLEX LATTICE DESIGN (SLD) SEBAGAI MINUMAN FUNGSIONAL KHAS NUSA TENGGARA TIMUR

*(Optimization of Spiced Coffee Formulation using the Simplex Lattice Design (SLD) Method as a Functional Beverage Inspired by East Nusa Tenggara)*

Aprillia Ni'ma Fajaryanti<sup>1\*)</sup>, Beauty Suestining Diah Dewanti<sup>2)</sup>, dan Susinggih Wijana<sup>3)</sup>

<sup>1\*)</sup> Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya  
Jl. Veteran No. 1, Malang 65145, Indonesia

<sup>\*)</sup> email korespondensi: [aprillianima@gmail.com](mailto:aprillianima@gmail.com)

### ABSTRACT

Functional beverages are increasingly popular due to their health benefits. Spiced coffee has the potential to be developed as a functional drink because of its caffeine and antioxidant content. This study aimed to determine the optimum formulation of Arabica coffee with the addition of spices and to evaluate consumer acceptability. The research design employed the Simplex Lattice Design (SLD) method with coffee concentrations of 94–98% and spice concentrations of 2–6%. The responses observed included antioxidant activity, total phenolic content, and caffeine levels. Data were analyzed using Design Expert 13, while hedonic testing was conducted with Minitab 21 involving 30 panelists. The results indicated that the optimum formulation consisted of 94% coffee and 6% spices, with predicted values of IC<sub>50</sub> at 91.428 ppm, total phenolics at 41.105 mg GAE/g, caffeine at 8.569 mg/g, and desirability at 0.865. Sensory evaluation using the 1-sample Wilcoxon test showed that panelists rated the product in the “like” category with a median score of 6, characterized by a dark brown color, dominant spice aroma, and slightly bitter taste.

**Keywords:** East Nusa Tenggara, Formulation, Simplex Lattice Design, Spiced Coffee.

### ABSTRAK

Minuman fungsional semakin diminati karena manfaat kesehatannya. Kopi rempah berpotensi dikembangkan sebagai minuman fungsional karena kandungan kafein dan antioksidan. Penelitian ini bertujuan menentukan formulasi optimum kopi arabika dengan penambahan rempah dan mengevaluasi tingkat kesukaan panelis. Rancangan penelitian menggunakan metode *Simplex Lattice Design* (SLD) dengan konsentrasi kopi 94 - 98% dan konsentrasi rempah 2 - 6%. Respon yang diamati berupa aktivitas antioksidan, total fenol, dan kadar kafein. Analisis dilakukan dengan Design Expert 13 dan Minitab 21 untuk uji hedonik pada 30 panelis. Hasil menunjukkan formulasi optimum pada 94% kopi dan 6% rempah dengan prediksi IC<sub>50</sub> 91,428 ppm, total fenol 41,105 mg GAE/g, kafein 8,569 mg/g, dan *desirability* 0,865. Uji sensori dengan metode *1-sample Wilcoxon* menghasilkan tingkat kesukaan panelis kategori menyukai berupa median 6 dengan karakteristik warna coklat gelap, aroma rempah dominan, dan rasa agak pahit.

**Kata Kunci:** Formulasi, Kopi Rempah, Nusa Tenggara Timur, Simplex Lattice Design.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil kopi terbesar keempat di dunia setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia dengan produksi mencapai 789.609 ton pada tahun 2023 (Kementerian Pertanian, 2023). Kopi mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti trigonelin, asam klorogenat, lipid, karbohidrat, asam amino dan asam organik yang berperan dalam memberikan cita rasa serta manfaat kesehatan. Asam klorogenat diketahui memiliki sifat antioksidan dan berpotensi mencegah kanker (Makiso *et al.*, 2022). Selain itu, kopi dikenal sebagai sumber utama kafein dengan kadar 1 - 2,5% dalam bijinya (Kusmiyanti *et al.*, 2023). Kafein dapat meningkatkan kewaspadaan, mengurangi rasa kantuk, serta meningkatkan suasana hati dan daya tahan tubuh (O'Callaghan *et al.*, 2018).

Salah satu jenis kopi unggulan Indonesia yang berasal dari Nusa Tenggara Timur (NTT) adalah kopi Arabika Timor dengan cita rasa manis alami dan tekstur lembut meskipun dikonsumsi tanpa gula (Fanggidae *et al.*, 2019). NTT juga memiliki kekayaan rempah-rempah lokal, namun pemanfaatannya masih terbatas pada konsumsi rumah tangga atau penjualan dalam bentuk mentah (Amleni, 2024). Kondisi ini membuka peluang untuk mengembangkan produk inovatif melalui penggabungan kopi dengan rempah-rempah menjadi minuman fungsional, yakni kopi rempah. Penambahan rempah tidak hanya meningkatkan aroma dan cita rasa, tetapi juga memperkaya manfaat kesehatan seperti aktivitas antioksidan (Mierza *et al.*, 2022).

Pengembangan kopi rempah di NTT memiliki nilai strategis karena dapat meningkatkan nilai ekonomi, memperluas pemanfaatan rempah, serta mendukung sektor pariwisata melalui produk kuliner khas daerah. Hal ini sejalan dengan tren konsumen yang semakin peduli terhadap kesehatan dan produk berbasis bahan alami (Pribatiwi & Ridho, 2024).

Penelitian ini menggunakan penambahan rempah berupa jahe, kayu manis, dan serai. Rempah-rempah tersebut dipilih karena memiliki cita rasa khas sekaligus manfaat kesehatan. Kopi Arabika Timor digunakan sebagai bahan utama karena cita

rasa uniknya serta belum banyak diproduksi secara komersial maupun diteliti (Setiawan & Tiri, 2022). Penerapan metode SLD dipilih karena mampu menentukan proporsi optimal secara efisien tanpa pendekatan coba-coba sehingga menghasilkan formulasi kopi rempah dengan keseimbangan rasa dan fungsi kesehatan (Pradana *et al.*, 2024). Dengan demikian, inovasi kopi rempah berpotensi menjadi produk unggulan yang menggabungkan kualitas kopi Arabika Timor dan kekayaan rempah khas NTT.

### Tujuan Penelitian

Menentukan formulasi optimum kopi arabika dengan penambahan rempah dan mengevaluasi tingkat kesukaan panelis.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan kopi rempah antara lain ayakan 80 mesh, grinder (*One two cups* M150A), kompor, loyang, pisau, spatula kayu, talenan, wadah plastik dan wajan. Alat yang digunakan untuk pengujian diantaranya spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV 1280), vortex (Wiggins 3000), botol gelap, pipet, tabung reaksi, labu ukur, gelas beker, gelas ukur, kuvet, corong pisah, hot plate (Thermo Scientific Cimarec+) dan penangas air (Mimmert WNB 14).

### Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kopi arabika timor (*green bean*), jahe, kayu manis dan serai yang didapatkan dari Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Pada pengujian bioaktif bahan yang digunakan adalah larutan DPPH 0,1 mM, metanol, asam galat, aquades, natrium karbonat, kafein baku, kertas saring, dan kloroform.

### Prosedur Penelitian

#### Rancangan Penelitian

1. Penentuan batas atas dan batas bawah Dilakukan dengan studi literatur untuk menentukan konsentrasi perbandingan kopi dengan rempah yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan batas atas dan batas bawah

No	Faktor	Batas Bawah	Batas Atas
1	Konsentrasi Kopi	94%	98%
2	Konsentrasi Rempah	2%	6%

## 2. Penentuan rasio rempah

Rempah yang digunakan berupa jahe, kayu manis dan serai. Penentuan ini dilakukan dengan analisis sensori terdahulu. Dihasilkan rasio rempah yang digunakan adalah 2:1:1 yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Penentuan rasio rempah

Formulasi	Rasio	Frekuensi
F1	1:1:1	7
F2	2:1:1	14
F3	2:1:2	9

## 3. Penentuan respon dan rancangan penelitian

Penentuan ini dilakukan menggunakan *software design expert* yang menghasilkan rancangan penelitian pada Tabel 3.

Tabel 3. Rancangan Penelitian

Run	Faktor 1 (Konsentrasi Kopi (%))	Faktor 2 (Konsentrasi Rempah (%))	Respon 1 (IC <sub>50</sub> (ppm))	Respon 2 (Total Fenol (mg GAE/g))	Respon 3 (Kadar Kafein (mg/g))
1	97	3	R1	R2	R3
2	98	2	R1	R2	R3
3	94	6	R1	R2	R3
4	96	4	R1	R2	R3
5	94	6	R1	R2	R3
6	98	2	R1	R2	R3
7	96	4	R1	R2	R3
8	95	5	R1	R2	R3

## Persiapan Sampel

Bahan baku utama yang digunakan adalah biji kopi arabika mentah serta rempah-rempah berupa jahe, kayu manis, dan serai. Biji kopi terlebih dahulu disangrai pada tingkat *dark roast*, kemudian dilakukan proses *resting* untuk menstabilkan aroma dan cita rasanya. Kemudian, jahe dan serai dikupas kulitnya, dicuci, lalu diiris tipis sebelum dikeringkan di bawah sinar matahari selama 7 dan 48 jam. Setelah tahap pengeringan, kopi sangrai dan ketiga rempah yang telah kering digiling hingga menjadi bubuk, lalu diayak menggunakan saringan berukuran 60 mesh. Bubuk rempah yang telah diayak dicampurkan terlebih dahulu, dilanjutkan pencampuran rempah dan kopi sesuai rancangan penelitian.

## Aktivitas Antioksidan

Prosedur pengujian aktivitas antioksidan berdasarkan AOAC (2005) menggunakan metode DPPH (1,1-Difenil-2-Pikrihidrazil). Langkah pertama adalah pembuatan larutan DPPH 0,1 mM dalam metanol pro analisis dan

diinkubasi pada botol gelap selama 30 menit. Kemudian, pembuatan larutan induk dengan konsentrasi sampel 50.000 ppm dan diencerkan menggunakan aquades pada konsentrasi 30, 60, 90, 12, 150 ppm sebagai sampel uji. Pembuatan larutan blanko pada DPPH 0,1 mM dan metanol pro analisis dengan perbandingan 1:1, sedangkan larutan uji dilakukan dengan DPPH 0,1 mM dan sampel uji dengan perbandingan 1:1 pada vial gelap serta diinkubasi selama 30 menit. Selanjutnya, diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm dan diulangi banyak tiga kali. Perhitungan kadar aktivitas antioksidan dapat menggunakan rumus:

$$\%Inhibisi = \frac{Absorbansi Kontrol - Absorbansi Sampel}{Absorbansi Kontrol} \times 100\% \quad (1)$$

$$y = ax + b \quad (2)$$

Dimana,

y = ½ Abs kontrol

a dan b = konstanta grafik linier

x = IC<sub>50</sub> (ppm)

## Total Fenol

Prosedur pengujian total fenol berdasarkan AOAC (2005) menggunakan metode folin-ciocalteu. Langkah pertama adalah pembuatan larutan induk asam galat pada konsentrasi 1000 ppm, pembuatan larutan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 7,5% dan pembuatan larutan folin-ciocalteu 10%. Kemudian, dilakukan pembuatan kurva standar asam galat pada konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Larutan uji kurva standar dilakukan dengan pengambilan 0,5 ml larutan dari setiap konsentrasi, 5 ml larutan folin-ciocalteu dan 4 larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada vial gelap. Kemudian, didiamkan selama 60 menit dan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 743 nm. Larutan uji sampel dilakukan dengan pembuatan sampel dengan konsentrasi 50.000 ppm dan diencerkan pada konsentrasi 1000 ppm. Kemudian, sampel diambil sebanyak 0,5 ml diletakkan pada vial gelap dan ditambahkan 5 ml larutan folin-ciocalteu serta 4 larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Kemudian, didiamkan selama 60 menit dan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 743 nm. Perhitungan nilai total fenol dapat menggunakan rumus:

$$TF = \frac{C \times Fp \times Fk \times v}{w} \quad (3)$$

Dimana,

TF = Total fenol (mg GAE / g ekstrak)

C = Konsentrasi asam galat ( $\mu\text{g}$  GAE/ml)

Fp = faktor pengenceran

Fk = faktor konversi  $\mu\text{g}$  ke mg (0.001)

v = volume ekstrak (mL)

w = Bobot sampel g

## Kadar Kafein

Prosedur pengujian kadar kafein berdasarkan AOAC (2005) menggunakan metode spektrofotometri. Langkah pertama adalah pembuatan larutan standar kafein dengan konsentrasi 100 ppm. Kemudian, dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum dengan larutan standar kafein 10 ppm menggunakan spektrofotometer UV-Vis dalam rentang panjang gelombang 250 - 300 nm. Selanjutnya, dilakukan pembuatan kurva standar kafein pada konsentrasi 3, 6, 9, 12, 15 ppm dan diukur pada panjang gelombang

maksimum. Setelah itu, dilakukan ekstraksi kafein dari kopi dengan melarutkan 2 gr kopi ke dalam 100 ml aquades panas dan disaring. Diambil 45 ml sampel dan ditambahkan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  4,5 gr dan dipekatkan menggunakan hot plate pada suhu  $70^\circ\text{C}$  hingga volume mencapai 15 ml. Hasil pemekatan didiamkan pada suhu ruang. Setelah itu, dimasukkan pada corong pisah dan diekstraksi dengan kloroform 11,25 ml serta diulangi sebanyak 2x. Hasil ekstraksi diuapkan menggunakan *waterbath* sehingga diperoleh ekstrak kafein. Ekstrak tersebut dimasukkan pada labu ukur 50 ml dan dilakukan pengenceran dengan mengambil 0,2 ml larutan pada labu ukur 10 ml. Setelah itu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Perhitungan kadar kafein dapat menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Kafein (mg/g)} = \frac{(M \times V) \times Fp}{m} \quad (4)$$

Dimana,

M = Konsentrasi (ppm) / (mg/L)

V = Volume (L)

Fp = Faktor pengenceran

m = Berat sampel (g)

## Uji Sensori

Uji sensori menggunakan metode hedonik dan deskriptif pada formulasi optimum yang digunakan. Panelis yang digunakan sebanyak 30 orang pada panelis tidak terlatih berdasarkan SNI 01-2346-2006. Uji sensori dilakukan dengan meminta kepada panelis untuk mencicipi sampel yang telah diberikan lalu menilai terkait warna, rasa dan aroma dari kopi rempah.

## Analisis Data

Analisis data untuk penentuan formula optimum menggunakan *software design expert* 13. Beberapa alternatif dapat diperoleh berdasarkan respon yang digunakan dan dipilih alternatif yang paling optimal. Formulasi kopi rempah diketahui dengan melakukan analisis data dari ragam ANOVA berdasarkan nilai adeq precision, apabila nilai  $> 4$  maka model memiliki kemampuan prediksi yang baik untuk melakukan optimasi. Kemudian, formula optimal dipilih dengan nilai desirability mendekati 1.

Analisis data uji sensori berupa hedonik menggunakan *software minitab* 21. Data yang dihasilkan akan disusun dalam bentuk tabel, kemudian dilakukan analisis dengan uji 1-sample Wilcoxon atau Wilcoxon Signed-Rank Test. Jika hasil *p-value* > 0,05 maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara median penilaian panelis dengan media hipotesis. Analisis uji deskriptif menghasilkan rata-rata penilaian panelis yang berupa kualitas sensori dari setiap atribut yang diuji.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Karakteristik Kimia Bahan Baku

Bahan baku kopi rempah dianalisis dalam bentuk bubuk kering halus. Hasil analisisnya untuk membandingkan karakteristik bahan baku dengan formulasi kopi rempah yang dihasilkan. Hasil pengujian karakteristik kimia bahan baku ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik Kimia Bahan Baku

Bahan Baku (Bubuk)	IC <sub>50</sub> (ppm)	Total Fenol (mg GAE/g)	Kadar Kafein (mg/g)
Kopi Sangrai	153,375	24,036	17,197
Jahe	65,570	42,339	-
Kayu Manis	10,710	47,127	-
Serai	74,058	41,491	-

Berdasarkan Tabel 4, semakin rendah nilai IC<sub>50</sub> maka semakin kuat aktivitas

antioksidannya. Kopi sangrai termasuk kategori lemah, jahe kuat, kayu manis sangat kuat, dan serai kuat. Aktivitas antioksidan berbanding lurus dengan kadar total fenol, sehingga tingginya aktivitas antioksidan maka total fenol meningkat. Kadar kafein kopi arabika yang diperoleh juga sesuai dengan SNI 01-3542-2004 yakni 0,9 - 2 %b/b (9 - 20 mg/g) untuk mutu I kopi bubuk.

### Optimasi Formulasi Kopi Rempah

Optimasi formula dilakukan dengan metode *Simplex Lattice Design* menggunakan software Design Expert 13 untuk memperoleh proporsi optimal dari bahan baku. Digunakan dua faktor yaitu konsentrasi kopi dan rempah sehingga diperoleh 8 formulasi. Hasil analisisnya ditampilkan pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, respon IC<sub>50</sub> berkisar 89,855 - 121,911 ppm, total fenol 30,461–43,188 mg GAE/g, dan kadar kafein 7,131–14,799 mg/g. Hasil ini sejalan dengan Tarigan *et al.* (2023), bahwa peningkatan penambahan rempah menurunkan nilai IC<sub>50</sub> (aktivitas antioksidan meningkat) serta meningkatkan total fenol. Rempah kaya senyawa fenolik sehingga berkontribusi pada aktivitas antioksidan dan kadar fenol tinggi. Sementara itu, kadar kafein menurun karena rempah tidak mengandung kafein. Formulasi kopi rempah yang dihasilkan masih memenuhi SNI 01-3542-2004 mutu II (0,45–2 %b/b atau 4,5–20 mg/g). Penurunan kadar kafein menjadi mutu II dipengaruhi oleh berkurangnya persentase kopi murni akibat penambahan rempah.

Tabel 5. Respon Konsentrasi Kopi dan Rempah

Run	Faktor 1 (Konsentrasi Kopi (%))	Faktor 2 (Konsentrasi Rempah (%))	Respon 1 (IC <sub>50</sub> (ppm))	Respon 2 (Total Fenol (mg GAE/g))	Respon 3 (Kadar Kafein (mg/g))
1	97	3	110,505	33,309	13,052
2	98	2	121,911	30,461	14,799
3	94	6	93,101	40,703	9,144
4	96	4	99,771	35,612	11,750
5	94	6	89,855	43,188	7,131
6	98	2	119,070	30,582	13,319
7	96	4	98,641	35,673	11,217
8	95	5	94,442	36,158	11,009

Respon  $IC_{50}$   
Pemilihan model didasarkan pada analisis statistik melalui *sequential model sum of*

*square, model summary, dan lack of fit.* Ringkasan hasil ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Ringkasan Hasil Pemilihan Model Respon  $IC_{50}$

Source	Sequential p-value	Std. Dev.	$R^2$	Adjusted $R^2$	Predicted $R^2$	PRESS	Lack of Fit p-value	
Linear	0,0001	3,531,68	0,9285	0,9166	0,8704	135,32	0,0792	
Quadratic	0,0057	1,81	0,9865	0,9811	0,9595	42,27	0,5906	Suggested
Cubic	0,5963	1,82	0,9875	0,9781	0,9422	60,31	0,4045	
Quartic	0,4045		0,9905	0,9778		*		

Model *quadratic* dipilih karena memiliki  $p\text{-value} < 0,05$ , standar deviasi terendah, serta nilai  $R^2$ , *adjusted*  $R^2$ , dan *predicted*  $R^2$  yang mendekati 1. Selisih *predicted*  $R^2$  dan *adjusted*  $R^2$  sebesar 0,0216 ( $< 0,2$ ) menunjukkan prediksi optimal, sedangkan nilai PRESS lebih kecil menandakan kemampuan prediksi yang baik. Uji *lack of fit* menghasilkan  $p\text{-value}$  0,5906 ( $> 0,05$ ), sehingga model sesuai untuk respon  $IC_{50}$ . Pada analisis ANOVA,  $p\text{-value} < 0,0001$  menunjukkan pengaruh nyata variabel bebas terhadap variabel terikat dan nilai *adeq precision* 28,5246 ( $> 4$ ) menunjukkan kemampuan prediksi model baik

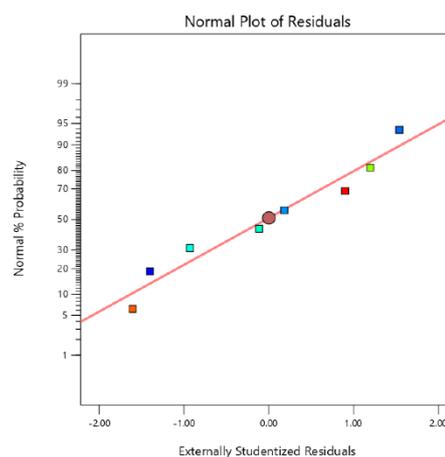
Persamaan model:

$$Y = 1.53950 (A) + 135.91236 (B) - 1.54035 (AB)$$

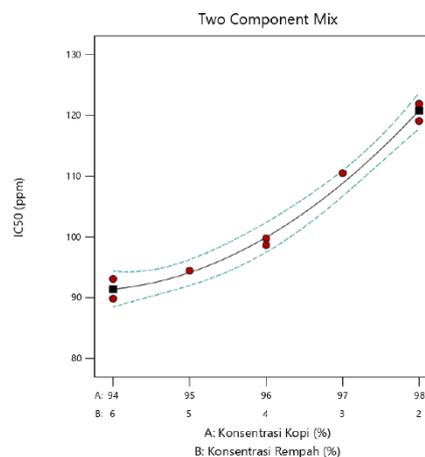
A Adalah konsentrasi kopi dan B adalah konsentrasi rempah. Koefisien positif menunjukkan hubungan searah, sedangkan negatif berlawanan arah. Artinya, peningkatan masing-masing konsentrasi kopi atau rempah dapat meningkatkan nilai  $IC_{50}$ , namun kombinasi tertentu justru menurunkannya sehingga aktivitas antioksidan lebih tinggi.

Hasil ini berbeda dengan Vaelani *et al.* (2020) yang melaporkan peningkatan konsentrasi kopi menurunkan  $IC_{50}$  karena kandungan polifenol berupa asam klorogenat dan turunannya yang berperan sebagai antioksidan. Rempah seperti jahe, kayu manis, dan serai juga kaya fenolik dan flavonoid yang dapat menurunkan  $IC_{50}$  (Sholihah & Anwar, 2022). Perbedaan hasil dapat dipengaruhi faktor

teknis, seperti suhu penyeduhan yang terlalu tinggi yang menyebabkan degradasi senyawa antioksidan dan lama inkubasi yang tidak optimal sehingga menurunkan efektivitas ekstraksi dan meningkatkan  $IC_{50}$ .



Gambar 1. Normal Plot of Residual  $IC_{50}$



Gambar 2. Two Component Mix  $IC_{50}$

Sebaran data respon  $IC_{50}$  pada Gambar 1, menunjukkan distribusi normal karena

sebagian besar titik berdekatan dengan nilai prediksi. Pada Gambar 2, menunjukkan bahwa konsentrasi rempah berpengaruh signifikan terhadap aktivitas antioksidan. Nilai IC<sub>50</sub> terendah yang menunjukkan aktivitas antioksidan kuat diperoleh pada konsentrasi kopi rendah dengan rempah tinggi, sedangkan

nilai IC<sub>50</sub> tertinggi yang menunjukkan aktivitas antioksidan sedang didapatkan pada konsentrasi kopi tinggi dengan rempah rendah.

#### Respon Total Fenol

Ringkasan hasil ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Ringkasan Hasil Pemilihan Model Respon Total Fenol

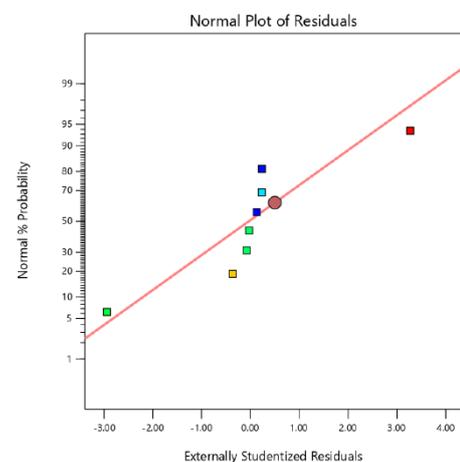
Source	Sequential p-value	Std. Dev.	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	Predicted R <sup>2</sup>	PRESS	Lack of Fit p-value	
Linear	0,0001	1,27	0,9307	0,9191	0,8688	18,46	0,2730	Suggested
Quadratic	0,3655	1,28	0,9421	0,9190	0,8530	20,68	0,2356	
Cubic	0,1463	1,06	0,9680	0,9440	0,8417	22,27	0,3282	
Quartic	0,3282	1,02	0,9780	0,9486		*		

Model linier dipilih karena memiliki *p-value* < 0,05 meskipun standar deviasi lebih tinggi dibanding model lain. Nilai R<sup>2</sup>, *adjusted R<sup>2</sup>*, dan *predicted R<sup>2</sup>* mendekati 1, dengan selisih 0,0503 (<0,2) yang menunjukkan prediksi optimal. Nilai PRESS kecil menandakan kemampuan prediksi baik, sedangkan uji *lack of fit* menghasilkan *p-value* 0,2730 (>0,05) sehingga model sesuai untuk respon total fenol. Analisis ANOVA menunjukkan *p-value* 0,0001 menunjukkan variabel bebas berpengaruh nyata pada variabel terikat dan nilai *adeq precision* 16,9233 (> 4) yang menunjukkan kemampuan prediksi model baik.

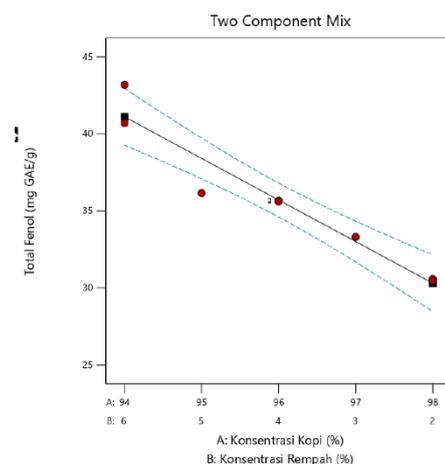
Persamaan model:

$$Y = 0.249230 (A) + 2.94617 (B)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kopi dan rempah meningkatkan total fenol dengan pengaruh lebih besar dari rempah. Hal ini dipengaruhi oleh lama penyeduhan selama 5 menit yang cukup untuk mengekstraksi senyawa fenolik serta ukuran partikel bubuk halus yang memperluas permukaan kontak sehingga ekstraksi lebih cepat dan efisien.



Gambar 3. Normal Plot of Residual Total Fenol



Gambar 4. Two Component Mix Total Fenol

Sebaran data respon total fenol pada Gambar 3, menunjukkan distribusi normal karena titik data berdekatan dengan nilai

prediksi. Pada Gambar 4, menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kopi menurunkan total fenol, sedangkan peningkatan konsentrasi rempah menaikkan total fenol. Hal ini karena rempah berupa jahe mengandung gingerol dan shogaol, kayu manis mengandung tanin, flavonoid dan sinamaldehida serta serai mengandung sitral dan sitronelal. Kandungan

tersebut kaya senyawa fenolik yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan (Widawati *et al.*, 2022). Maka, penambahan rempah berperan besar dibanding kopi dalam meningkatkan total fenol pada formulasi ini.

Respon Kadar Kafein

Ringkasan hasil ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Ringkasan Hasil Pemilihan Model Respon Kadar Kafein

Source	Sequential p-value	Std. Dev.	R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	Predicted R <sup>2</sup>	PRESS	Lack of Fit p-value	
Linear	0,0005	0,8949	0,8844	0,8652	0,7544	10,21	0,7232	Suggested
Quadratic	0,4178	0,9118	0,9000	0,8600	0,5864	13,04	0,6955	
Cubic	0,5634	0,9725	0,9090	0,8408	0,6079	16,31	0,5393	
Quartic	0,5393	0,9215	0,9215	0,8169		*		

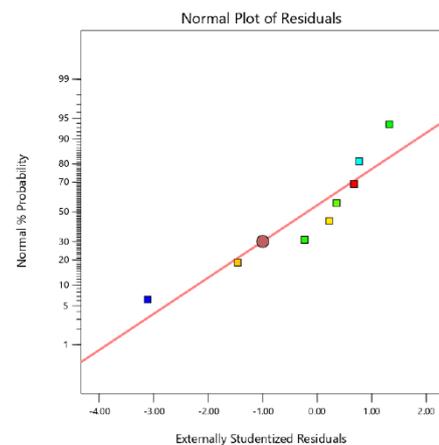
Model linier dipilih karena memiliki *p-value* < 0,05, standar deviasi kecil, serta nilai R<sup>2</sup>, *adjusted* R<sup>2</sup> dan *predicted* R<sup>2</sup> mendekati 1. Selisih *predicted* R<sup>2</sup> dan *adjusted* R<sup>2</sup> sebesar 0,1108 (<0,2) menunjukkan prediksi optimal dengan nilai PRESS kecil dan *lack of fit p-value* 0,7232 (>0,05) yang menandakan kesesuaian model baik. Analisis ANOVA menghasilkan *p-value* 0,0005 artinya variabel bebas berpengaruh nyata terhadap variabel terikat. Nilai *adeq precision* 12,7785 (>4) menghasilkan kemampuan prediksi yang baik.

Persamaan model:

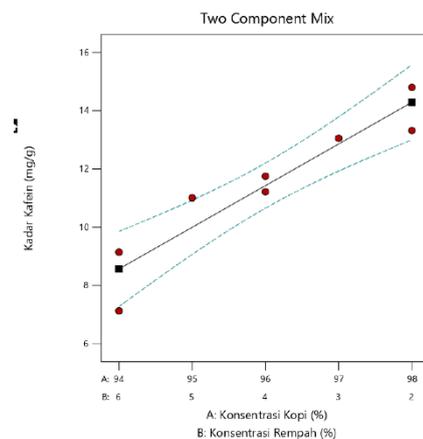
$$Y = 0.171452 (A) - 1.25794 (B)$$

Koefisien positif variabel A menunjukkan peningkatan konsentrasi kopi meningkatkan kadar kafein. Hal ini sesuai dengan Artha *et al.* (2020) yang menghasilkan kandungan kafein kopi meningkat seiring jumlah kopi yang diekstraksi. Koefisien negatif pada variabel B menunjukkan konsentrasi rempah menurunkan kadar kafein. Hal ini sesuai dengan Setiarso *et al.* (2022) menunjukkan bahwa kopi herbal dengan rempah memiliki kafein lebih rendah. Penurunan terjadi karena rempah tidak mengandung kafein, sehingga menurunkan proporsi kafein total dalam campuran. Faktor teknis juga berperan, seperti penyeduhan 5 menit belum mengekstrak kafein maksimal

dan penyaringan bubuk halus yang menahan sebagian kafein pada partikel saringan.



Gambar 5. Normal Plot of Residual Kadar Kafein



Gambar 6. Two Component Mix Kadar Kafein

Sebaran data kadar kafein pada Gambar 5, menunjukkan distribusi normal karena titik data berdekatan dengan nilai prediksi. Pada Gambar 6, menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kopi dan penurunan konsentrasi rempah menaikkan kadar kafein, sedangkan penurunan konsentrasi kopi dan peningkatan rempah menurunkan kadar kafein.

### Titik Optimum dan Solusi Terpilih

Seluruh sampel dengan parameter IC<sub>50</sub>, total fenol, dan kadar kafein dioptimasi untuk memperoleh formulasi kopi rempah dengan aktivitas antioksidan dan total fenol tinggi serta kadar kafein rendah menggunakan batasan sesuai Tabel 9.

Tabel 9. Batasan Respon Optimasi

	Parameter	Kriteria	Titik Minimum	Titik Maksimum
Faktor	Konsentrasi Kopi	<i>In range</i>	94%	98%
	Konsentrasi Rempah	<i>In range</i>	2%	6%
Respon	IC <sub>50</sub>	<i>Minimize</i>	89,855 ppm	121,911 ppm
	Total Fenol	<i>Maximize</i>	30,461 mg GAE/g	43,188 mg GAE/g
	Kadar Kafein	<i>Minimize</i>	7,131 mg/g	14,799 mg/g

Hasil optimasi menunjukkan formulasi optimum pada 94% kopi dan 6% rempah, dengan respon IC<sub>50</sub> sebesar 91,428 ppm, total fenol 41,105 mg GAE/g, dan kafein 8,569 mg/g. Formula ini memiliki nilai *desirability* 0,865 yang berarti tingkat kesesuaian terhadap target optimasi mencapai 86,5%. Menurut Fatmawati *et al.* (2021), nilai *desirability* mendekati 1 menandakan formulasi semakin optimal sehingga hasil ini dapat dianggap baik dalam mencapai tujuan optimasi.

### Validasi Titik Optimum

Setelah optimasi dengan *Design Expert*, diperoleh titik optimum formulasi kopi rempah dengan kriteria IC<sub>50</sub> dan kafein minimum serta total fenol maksimum. Validasi dilakukan pada formulasi terpilih yaitu 94% kopi, 6% rempah dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Prediksi terhadap Hasil Validasi

Respon	<i>Confidence Interval</i>	Prediksi	Hasil Validasi	% <i>Error</i>	% Akurasi
IC <sub>50</sub> (ppm)	88.475 - 94.3819	91,428	90,729	0,772	99,228
Total Fenol (mg GAE/g)	39,266 - 42,943	41,104	42,763	3,880	96,120
Kadar Kafein (mg/g)	7,279 - 9,859	8,569	7,960	7,651	92,349

Ketiga respon yang diuji berada dalam *confidence interval* prediksi dengan nilai % *error* ≤ 10% dan akurasi prediksi ≥ 90%. Hal ini membuktikan bahwa model memiliki

kemampuan prediksi yang sangat baik dan hasil validasi dapat digunakan.

## Analisis Sensori Sampel Optimum

### Uji Hedonik

Analisis sensori dilakukan dengan uji hedonik menggunakan *1-sample Wilcoxon* pada Minitab 2 yang sesuai untuk data non-parametrik dengan distribusi tidak normal.

Descriptive Statistics		
Sample	N	Median
Warna	30	6
Aroma	30	6
Rasa	30	6

Test				
Null hypothesis		$H_0: \eta = 6$		
Alternative hypothesis		$H_1: \eta > 6$		
Sample	N for Test	Wilcoxon Statistic	P-Value	
Warna	13	56.00	0.242	
Aroma	19	120.00	0.162	
Rasa	21	132.00	0.289	

(a)

(b)

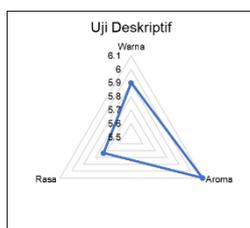
Gambar 4. Statistik Deskriptif Sampel (a); Hasil Uji Hipotesis (b)

Dari statistik deskriptif, ketiga atribut diuji oleh 30 panelis dengan median 6. Hipotesis yang digunakan berupa  $H_0$  yaitu median sama dengan 6 dan  $H_1$  yaitu median tidak sama dengan 6. Nilai *N for test* berasal dari data yang berbeda dengan median, sedangkan *Wilcoxon statistic* dihitung dari peringkat selisih median terhadap data.

Hasil uji menunjukkan *p-value* > 0,05 untuk semua atribut sehingga  $H_0$  diterima. Artinya, tidak terdapat perbedaan signifikan antara median penilaian panelis dengan median hipotesis sehingga produk dapat diterima secara sensori.

### Uji Deskriptif

Prinsip uji deskriptif adalah menilai atribut mutu produk dengan skor atau skala tertentu (Imasakin *et al.*, 2023). **Gambar 5** menampilkan grafik radar uji deskriptif pada tiga atribut sensori kopi rempah yaitu warna, aroma, dan rasa dengan skala 1–7.



Gambar 5. Uji Deskriptif

Hasil menunjukkan rata-rata penilaian panelis berupa warna 5,9 yaitu coklat gelap, aroma 6,1 yaitu aroma rempah dominan dan rasa 5,73

yaitu agak pahit. Profil nilai rata-rata ditunjukkan dengan titik biru yang dihubungkan hingga membentuk poligon.

## KESIMPULAN

Optimasi formulasi kopi rempah menggunakan metode *simplex lattice design* menghasilkan formula optimum dengan konsentrasi kopi 94% dan rempah 6%, yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi sebesar 91,428 ppm, total fenol tinggi sebesar 41,105 mg GAE/g, dan kadar kafein lebih rendah sebesar 8,569 mg/g. Nilai desirability sebesar 0,865 menunjukkan tingkat kesesuaian optimasi yang baik, dengan hasil validasi mendukung prediksi. Analisis sensori menunjukkan produk kopi rempah dapat diterima panelis dengan tingkat kesukaan kategori “menyukai”, serta memiliki karakteristik warna coklat gelap, aroma rempah dominan, dan rasa agak pahit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amleni, W. (2024). Pertumbuhan ekspor impor komoditas kopi, teh dan rempah-rempah di daerah perbatasan timur republik indonesia tahun 2017-2021. *Jurnal Ekonomi Manajemen*, 6(1), 107-112.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists*. Washington, Benjamin Franklin Station.
- Artha, B. A. P., Wulandari Y.W., & Suhartatik N. (2020). Aktivitas antioksidan kopi rempah dengan penambahan kapulaga (*Amomum compactum*) dan kayu manis (*cinnamomum verum*). *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Industri Pangan*, 5(2), 48-58.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 01-3542-2004. *Standar Mutu Kopi Bubuk*. Jakarta, Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). SNI 01-2346-2006. *Petunjuk Pengujian Organoleptik/Sensori*. Jakarta, Badan Standardisasi Nasional.
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2023). *Statistik Perkebunan Indonesia (2022-*

- 2023) *Kopi*. Jakarta, Kementerian Pertanian.
- Fanggidae R. E., Fanggidae R. P., & Kamuri K. J. (2019). Productivity factor analysis of timor coffee in coffee industry. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 69, 87-90.
- Fatmawati A. H., Adawiyah D. R., & Wulandari. (2021). Optimasi formula produk spreadable gel berbahan dasar biji selasih menggunakan teknik response surface methodology. *Agritech*, 41(3), 294-304.
- Imasakin U., Jannah S. D. R., Agustina R., Hartuti S., & Mechram S. (2023). Analisis organoleptik manisan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(3), 478 – 485.
- Kusmiyanti M., Trinovani E., Suryaningthias P., & Rhamadianto M. I. (2023). Penetapan kadar kafein dalam kopi rempah menggunakan metode kromatografi cair kinerja tinggi. *Jurnal Farmasi, Sains, dan Kesehatan*, 9(2), 14-19.
- Makiso M. U., Tola Y. B., Ogah O., & Endale F. L. 2022. Bioactive compounds in coffee and their role in lowering the risk of major public health consequences: a review. *Food Science & Nutrition*, 12(1), 734-764.
- Mierza V., Irawan D. A. H., Mulidini, Megrian N. O. E., Abbas Z. A., & Zahra A. A. (2022). Pengujian antioksidan dalam senyawa kafein pada tanaman kopi. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 4(6), 12514-12520.
- O'callaghan F., Muurlink O., & Reid N. (2018). Effects of caffeine on sleep quality and daytime functioning. *Risk management and healthcare policy*, 263-271.
- Pradana A., Aisiyah S., & Purwaningsih D. (2024). Optimasi gelling agent pada sediaan gummy candy parasetamol dengan metode simplex lattice design. *Jurnal Farmasi*, 13(1), 1-12.
- Pribatiwi A., & Ridho I. N. (2024). Pemanfaatan potensi kopi dan rempah-rempah pada inovasi produk untuk meningkatkan perekonomian masyarakat desa. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(8), 648-653.
- Setiarso P., Bahar A., Muslim S., & Kusumawati N. (2022). Pengaruh penambahan bahan herbal terhadap kadar nutrisi dan kadar kafein pada produk olahan kopi herbal. *Prosiding Seminar Nasional Kimia* (pp. 39-41).
- Setiawan K., Tiri & J. T. K. (2022). Strategi peningkatan added value kopi origin timor pada rantai nilai komoditas kopi di kabupaten timor tengah selatan. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Politani*.
- Sholihah N. M., & Anwar K. (2022). Formulasi jahe (*Zingiber officinale*) dan kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) sebagai minuman fungsional untuk penurunan derajat dismenorea. *Jurnal Teknologi Pangan Kesehatan*, 4(2), 75-92.
- Tarigan I. L., Munawaroh S., Sutrisno, Yusnaidar, & Latief M. (2023). Liberica coffee enriched with Cinnamon (*Cinnamomum verum*): synergetic study of sensory, antioxidant activity, and chemical components. *Coffee Science*, 18(1), 1-14.
- Vaelani S. B., Fakhri T. M., & Darma G. C. E. (2022). Aktivitas antioksidan senyawa bioaktif kopi (*Coffea sp.*). *Pharmacy*, 2(2), 958-965.
- Widawati L., Nur'aini H., & Meksi J. (2022). Analisis proses produksi minuman instan jahe, serai, kayu manis "jesika". *Science, Technology and Agriculture Journal*, 3(1), 15-22.