



Artikel

Optimasi Teh Herbal Berbasis Teh Hitam, Kulit Jeruk Nipis dan Serai terhadap Komponen Antioksidan

Optimization of Herbal Tea Based on Black Tea, Lime Peel, and Lemongrass on Antioxidant Components

Adhima Adhamatika^{1*}, A. Sirojul Anam Izza Rosyadi², Elok Kurnia Novita Sari², Annisa'U Choirun³, Dimas Triardianto²

¹Program Studi Teknologi Industri Pangan, Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

²Program Studi Keteknikan Pertanian, Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

³Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan, Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

Informasi Artikel

Genesis Artikel:

Diterima:
28-05-2025
Disetujui:
16-07-2025

Keywords:

Antioxidant
Black Tea
Herbal
Lemongrass
Lime Peel

ABSTRACT

Tea is the most popular beverage product in the world. This high tea consumption trend has encouraged the development of herbal teas by adding other herbal ingredients to enhance the functional components and sensory properties of the resulting tea. Herbal tea is a beverage made from ingredients other than tea leaves, such as flowers, seeds, or roots from various other plants. One such addition is by adding black tea with lime peel and lemongrass. This study aims to determine the optimal formulation of the composition of black tea, lime peel, and lemongrass for antioxidant components. This study used a mixture design experiment design utilizing Design Expert 10 software optimal (custom) design methods. The parameters tested were total phenols, total flavonoids, and antioxidant activity. The results showed that the optimal formulation for producing herbal tea consisted of 75.575% black tea, 16.1% kaffir lime peel, and 8.325% lemongrass, which yielded the most optimal responses: total phenol content of 72.72 ± 0.27 mg GAE/g, total flavonoid content of 40.27 ± 1.44 mg QE/g, and DPPH antioxidant activity of 270.25 ± 1.44 mg TE/g. Therefore, this research is expected to provide an alternative approach for functional herbal tea development.

Kata Kunci:

Antioksidan
Herbal
Kulit jeruk nipis
Serai
Teh hitam

ABSTRAK

Teh merupakan produk minuman yang paling populer di dunia. Tren konsumsi teh yang tinggi ini mendorong dikembangkannya teh herbal dengan menambahkan bahan herbal lain untuk meningkatkan komponen fungsional serta sifat sensoris teh yang dihasilkan. Teh herbal merupakan minuman yang dibuat dari bahan-bahan selain daun teh, seperti bunga, biji, atau akar dari berbagai tanaman lain. Salah satunya dengan menambahkan teh hitam dengan kulit jeruk nipis dan serai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formulasi optimal pada komposisi teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai pada komponen antioksidan. Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan mixture design memanfaatkan software Design Expert 10 metode optimal (custome) design. Parameter yang diuji yaitu total fenol, total flavonoid, dan aktivitas antioksidan. Hasil penelitian menunjukkan didapatkan bahwa formulasi optimal pada pembuatan teh herbal yakni dengan komposisi teh hitam 75,575%, kulit jeruk nipis 16,1%, dan serai 8,325% menghasilkan respon paling optimal yakni total fenol $72,72 \pm 0,27$ mg GAE/g, total flavonoid $40,27 \pm 1,44$ mg QE/mg dan aktivitas antioksidan DPPH $270,25 \pm 1,44$ mg TE/g. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pendekatan alternatif untuk pengembangan teh herbal fungsional.



*Penulis Korespondensi:

Email: adhima.adhamatika@polije.ac.id

doi: 10.30812/jtmp.v4i1.5137

Hak Cipta ©2025 Penulis, Dipublikasikan oleh Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Cara Sitasi: Adhamatika, A., Rosyadi, A.S.A.I., Sari, E.K.N., Choirun, A., Triardianto, D. (2025). Optimasi Teh Herbal Berbasis Teh Hitam, Kulit Jeruk Nipis dan Serai terhadap Komponen Antioksidan. Jurnal Teknologi

Dan Mutu Pangan, 4(1), 45-56. <https://doi.org/10.30812/jtmp.v4i1.5137>

1. PENDAHULUAN

Teh merupakan salah satu jenis minuman dengan tingkat konsumsi tertinggi di dunia. Berdasarkan laporan *Food and Agriculture Organization* (FAO), konsumsi teh global pada tahun 2022 diperkirakan mencapai sekitar 6,5 juta ton per tahun. Selama satu dekade terakhir, konsumsi teh dunia meningkat rata-rata 3,3 persen per tahun. Pertumbuhan ini didorong oleh meningkatnya tingkat pendapatan per kapita, terutama di Tiongkok, India, serta negara-negara Asia dan ekonomi berkembang lainnya. Pertumbuhan permintaan paling signifikan terjadi di Tiongkok dan Pakistan, di mana konsumsi selama satu dekade terakhir meningkat masing-masing sebesar 6,5 persen dan 8,1 persen per tahun. Konsumsi teh di Tiongkok, sebagai konsumen teh terbesar di dunia, mencapai 3 juta ton pada tahun 2022, mewakili 46 persen dari konsumsi global. India, sebagai konsumen terbesar kedua, menyumbang hampir 18 persen dengan 1,16 juta ton pada tahun 2022, diikuti oleh Turki dengan 250.021 ton, Pakistan dengan 247.498 ton, dan Rusia dengan 132.544 ribu ton (FAO, 2024). Tren konsumsi teh yang tinggi ini mendorong dikembangkannya teh herbal dengan menambahkan bahan herbal lain untuk meningkatkan komponen fungsional serta sifat sensoris teh yang dihasilkan.

Teh hitam diproduksi melalui tahapan pelayuan, penggilingan, oksidasi secara enzimatis, serta pengeringan. Dibandingkan dengan teh hijau, teh hitam mengandung kafein dalam jumlah yang lebih tinggi. Komponen bioaktif dalam teh meliputi polifenol sekitar 16,5%, total katekin sebesar 4,2%, kafein 3,5%, asam galat 0,26%, dan theaflavin 0,94% (Rohdiana, 2015). Teh hitam merupakan teh yang paling banyak dikonsumsi di Indonesia (Prasetya et al., 2020). Teh hitam diketahui mengandung sejumlah besar senyawa antioksidan, yang dapat mendukung fungsi fisiologis tubuh dan berkontribusi terhadap kesehatan secara keseluruhan (Anjarsari, 2016). Teh hitam dipilih karena kandungan paling kompleks dan paling banyak diproduksi di dunia. Beberapa bahan herbal non teh dapat ditambahkan untuk meningkatkan sifat fungsional dan sensoris dari teh yang akan dibuat. Salah satunya yaitu dengan menambahkan teh hitam dengan kulit jeruk nipis dan serai.

Teh herbal merujuk pada minuman hasil seduhan dari bagian tanaman selain daun teh, seperti bunga, biji, atau akar maupun bagian tanaman lainnya yang digunakan karena memiliki aroma dan rasa yang khas serta memiliki manfaat kesehatan (Suprihatini et al., 2021). Teh herbal dapat dibuat dengan menambahkan bahan herbal lain non teh pada pembuatannya. Kulit jeruk nipis merupakan produk samping (*by product*) yang kurang dimanfaatkan, padahal kulit jeruk nipis kaya akan kandungan flavonoid. Kulit jeruk nipis berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan minuman antioksidan (Dewi, 2023). David et al. (2024) telah menguji penggunaan kulit jeruk nipis sebagai bahan pembuatan teh herbal dan hasilnya adalah penambahan kulit jeruk nipis dapat meningkatkan aktivitas antioksidan pada teh herbal yang diformulasikan dengan kombinasi daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.). Selain menambah aktivitas antioksidan, kulit jeruk nipis juga telah digunakan sebagai penambah cita rasa pada teh cascara (Nashrullah et al., 2024). Penambahan serai dilakukan karena tanaman ini memiliki aroma khas yang berasal dari kandungan senyawa sitral. Selain memberikan aroma, serai diketahui memiliki sifat anti jamur, anti bakteri, zat antioksidan, serta berfungsi sebagai analgesik dan alfatosigenik. Penggunaan serai sebagai bahan teh herbal telah dilakukan oleh Arisanti & Mutsyahidan (2018), pada penelitian tersebut teh herbal dengan kandungan antioksidan dibuat dengan kombinasi serai dan kayu manis, tetapi teh herbal yang dihasilkan hanya memiliki mutu organoleptik pada taraf agak disukai. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya mengenai teh herbal berbasis kulit jeruk nipis dan serai telah menunjukkan potensi aktivitas antioksidan yang baik, namun mutu organoleptik yang dihasilkan masih rendah dan belum banyak dikaji formulasi optimal dengan penambahan teh hitam untuk memperbaiki mutu organoleptik dari teh herbal.

Dengan demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut guna menentukan formulasi optimum dalam penambahan kulit jeruk nipis dan serai pada teh hitam. Maka dari itu penelitian ini memberikan inovasi perpaduan teh herbal berbasis kulit jeruk nipis, serai, dan teh hitam serta mencari formulasi yang optimum sehingga menghasilkan produk teh herbal fungsional yang lebih mudah diterima dan berpotensi memiliki manfaat kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi formulasi optimum dalam pembuatan teh herbal berbasis teh hitam dengan penambahan kulit jeruk nipis dan serai. Diharapkan pada penelitian ini, penambahan kulit jeruk nipis dan serai secara stabil dapat mempertahankan mutu fungsional teh dengan parameter yang diuji meliputi total fenol, total flavonoid, potensi aktivitas antioksidan. Kulit jeruk nipis dan serai diharapkan mampu meningkatkan sifat sensoris dari teh hitam agar dapat lebih diminati dan menarik bagi konsumen. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan minuman fungsional yang dapat memberikan manfaat kesehatan yang optimal.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup alat-alat yang diperlukan untuk proses pembuatan produk dan analisa. Alat untuk kepentingan pembuatan teh meliputi pengering kabinet (Lokal, Indonesia), penyaring, gunting, timbangan, corong, dan loyang. Peralatan yang digunakan dalam analisa meliputi timbangan analitik (Denver-Instrument M-310), spektrofotometer (Spectro-20D-Pluss), peralatan glassware, vortex (Lw-scientific)

serta spatula.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah teh hitam (*Camelia sinensis* L.) yang dibeli dari Family mart Jember, jeruk nipis (*Citrus aurantiifolia*) dan Serai (*Cymbopogon cytratus*) yang dibeli dari Pasar Tanjung, Kabupaten Jember. Bahan analisa yang digunakan meliputi aquades (Hydrobatt), metanol, DPPH, Folin, NaNO_2 , NaOH , AlCl_3 , Na_2CO_3 , standar galat, dan quersetin sebagai standar analisis.

2.2. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan *mixture design* dengan bantuan perangkat lunak *Design Expert 10.0* menggunakan metode optimal (*custome*) design yang bertujuan untuk menganalisis interaksi antara variabel rasio teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai terhadap kandungan total fenol, total flavonoid, serta aktivitas antioksidan yang diukur menggunakan metode DPPH. Model yang dihasilkan oleh perangkat lunak ini akan digunakan untuk tahap optimasi guna menentukan kombinasi komposisi yang memberikan respons terbaik. Variabel bebas yang dalam penelitian ini adalah persentase komposisi teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai, sedangkan variabel respons yang diuji meliputi total fenol, total flavonoid, dan aktivitas antioksidan dengan menggunakan metode DPPH. Proporsi teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai dimasukkan sebagai input data pada *Design Expert* dengan *lower* dan *upper limit* teh hitam (68,49% - 75,575%), apel anna (15% - 25%), kayu manis (5% - 15%), kulit jeruk nipis (15% - 18%) dan serai (6,428% - 14,997%).

2.3. Pembuatan Teh Herbal Berbasis Teh Hitam, Kulit Jeruk Nipis, dan Serai

Tahap persiapan bahan baku meliputi penyiapan teh hitam, kulit jeruk nipis, serta serai dalam bentuk simplisia dengan ukuran ayakan 20 mesh. Simplisia ditimbang masing-masing sesuai dengan formulasi pada desain dan dimasukkan ke dalam kantung teh. Berat total yang digunakan yaitu 1,4 gram. Seduh dengan air mendidih sebanyak 70 mL dan didiamkan selama 6 menit. Penyaringan dilakukan untuk memisahkan filtrat dan residu. Ekstrak teh herbal yang dihasilkan selanjutnya dilakukan analisis kandungan total fenol, total flavonoid, serta aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH.

2.4. Analisis Total Fenol

Analisis total fenol (TPC) yang terdapat pada herbal ditentukan dengan menggunakan spektrofotometri berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Adhamatika et al. (2021). Tahap pertama meliputi pembuatan kurva standar asam galat dengan menggunakan pengenceran pada konsentrasi 0, 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L untuk didapatkan persamaan kurva standar. Lalu pengujian teh herbal dilakukan dengan mengambil sebanyak 0,5 mL sampel kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 2,5 reagen Folin yang telah diencerkan dengan perbandingan 1:10 dan didiamkan selama 5 menit. Selanjutnya, ditambahkan 2 mL Na_2CO_3 dengan konsentrasi 7,5% lalu campuran tersebut diaduk menggunakan vortex dan didiamkan selama 30 menit sebelum pengukuran. Diukur absorbansi (λ) 756 nm. Nilai absorbansi dimasukkan sesuai dengan persamaan kurva standar asam galat yang telah dibuat. TPC dapat dihitung sesuai Persamaan 1

$$\text{Total Fenol (mg GAE/g)} = \frac{\text{Total Fenol (mg/L)} \times \text{Volume sampel (L)} \times \text{FP}}{\text{Massa sampel (gram)}} \quad (1)$$

2.5. Analisis Total Flavonoid

Kadar total flavonoid dalam teh herbal diukur menggunakan spektrofotometri. Sebanyak 1 mL sampel teh herbal dicampur dengan 3 mL akuades dan 0,3 mL larutan NaNO_2 , kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap selama 6 menit. Setelah itu, ditambahkan 4 mL larutan NaOH 1M dan volume dicapai 10 mL dengan penambahan akuades sebagai pelarut. Campuran tersebut kemudian diinkubasi kembali selama 15 menit. Absorbansi sampel diukur pada panjang gelombang 502 nm menggunakan spektrofotometer. Konsentrasi total flavonoid ditentukan berdasarkan kurva standar kuersetin sesuai dengan metode yang telah dilakukan oleh Adhamatika & Murtini (2021). Perhitungan total flavonoid dilakukan menggunakan Persamaan 2.

$$\text{Total Flavonoid (mg QAE/g)} = \frac{\text{Total flavonoid (mg/L)} \times \text{Volume sampel (L)} \times \text{FP}}{\text{Massa sampel (gram)}} \quad (2)$$

2.6. Analisis aktivitas antioksidan

Analisis aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH dilakukan dengan *trolox* sebagai standar. Sebanyak 1,5 mg serbuk DPPH ditimbang, kemudian dilarutkan dalam metanol hingga mencapai konsentrasi 0,03 mg/mL, dihomogenkan, dan disimpan dalam botol berwarna gelap untuk mencegah degradasi oleh cahaya. Kurva standar dibuat dari larutan *trolox* dengan variasi konsentrasi 0, 50, 100, 150, 200, dan 250 μ M. Sebanyak 0,15 mL sampel atau larutan standar dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 2,85 mL larutan DPPH (0,03 mg/mL), dan campuran diinkubasi selama 30 menit dalam kondisi gelap. Absorpsi diukur pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer. Nilai aktivitas antioksidan dihitung berdasarkan kurva standar *trolox* yang telah dibuat sebelumnya dengan memasukkan data ke dalam persamaan regresi linear dari kurva tersebut (Silva et al., 2024).

2.7. Analisis Statistik

Analisis stasitik dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *Design Expert 10.0* dengan rancangan *Mixture Design*. Rancangan ini digunakan untuk membangun model yang mampu menjelaskan interaksi antara variabel rasio simplisia teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai terhadap total fenol, total flavonoid, serta aktivitas antioksidan berdasarkan metode DPPH. Setelah pemodelan diperoleh, proses dilanjutkan dengan optimasi untuk menentukan respon respon paling optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Optimasi Formulasi Teh Hitam, Kulit Jeruk Nipis, dan Serai terhadap Total Fenol Teh Herbal

Tabel 1. Data respon total fenol (mg GAE/g) dari rancangan *mixture design*

Run	Faktor			Respon
	Teh Hitam (%)	Kulit Jeruk (%)	Serai (%)	Total Fenol (mg GAE/g)
1	70,000	15,003	14,997	48,24
2	72,788	16,500	10,713	62,87
3	70,000	18,000	12,000	52,97
4	75,575	15,000	9,425	73,51
5	75,572	18,000	6,428	69,00
6	72,789	15,000	12,211	57,96
7	74,180	17,250	8,570	67,24
8	70,000	16,502	13,498	51,04
9	71,394	16,501	12,105	55,23
10	75,575	16,498	7,926	74,52
11	72,786	18,000	9,214	63,51
12	70,000	18,000	12,000	54,27
13	70,000	15,003	14,997	42,33
14	75,575	15,000	9,425	69,64
15	75,572	18,000	6,428	68,67
16	72,789	15,000	12,211	55,77

Hasil pengukuran total fenol pada teh herbal dengan kombinasi bahan teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai menunjukkan variasi yang signifikan antar formulasi. Formulasi yang digunakan merupakan hasil dari kombinasi

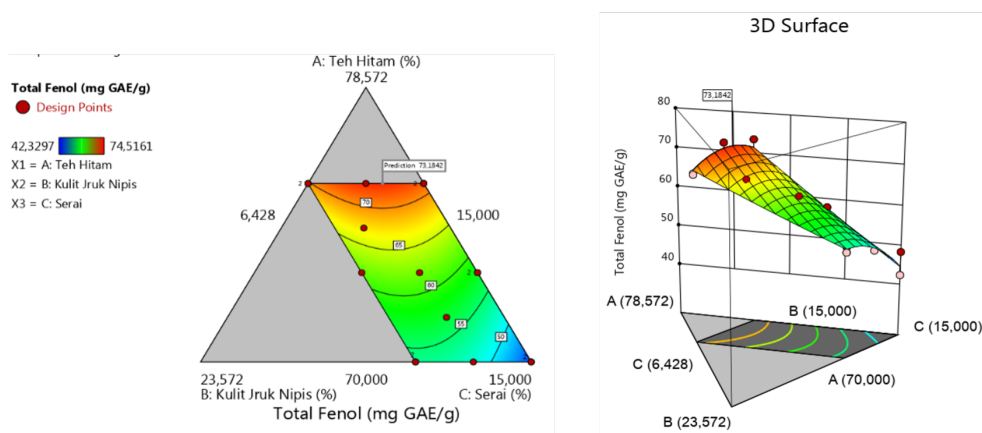
optimal berdasarkan rancangan *mixture design* menggunakan perangkat lunak *Design Expert*. Nilai total fenol dari masing-masing kombinasi tersebut disajikan secara rinci pada Tabel 1.

Berdasarkan data pada Tabel 1 menunjukkan hasil analisis kandungan total fenol dalam teh herbal yang terdiri dari campuran teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai dengan rentang nilai antara 42,33 mg GAE/mg hingga 74,52 mg GAE/mg. Selisih antara nilai tertinggi dan terendah menghasilkan rasio sebesar 1,07 yang menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan masih kurang dari angka 10. Oleh karena itu, tidak diperlukan transformasi data. Pemilihan model dilakukan berdasarkan pada sejumlah kriteria, termasuk signifikansi model, signifikansi *lack of fit*, *adjusted R-square*, dan *Predicted R-square*. Evaluasi model dilakukan melalui analisis ragam (ANOVA) dengan mempertimbangkan nilai probabilitas pada masing-masing kriteria. Probabilitas ini mempresentasikan peluang statistik yang umumnya ditetapkan sebesar 5% ($\alpha=0,05$) dalam penelitian di luar bidang medis. Bila probabilitas suatu model kurang dari 5%, maka model tersebut dinilai sesuai dengan rancangan variabel dan respon pada tingkat signifikansi 95%. Kriteria *lack of fit* digunakan untuk menilai ketidaksesuaian model dengan data, jika nilai yang dihasilkan kurang dari nilai 5% (signifikan), maka model dianggap tidak sesuai karena menunjukkan ketidaksesuaian model yang nyata. Kriteria *lack of fit* menjadi indikator bahwa model yang tidak signifikan ($>5\%$) atau sebagai syarat untuk model yang baik. Sementara itu, *Adjusted R-square* mencerminkan koefisien determinasi berdasarkan data aktual, sedangkan *R-square* menunjukkan kemampuan prediktif model terhadap data baru (Montgomery, 2017).

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software Design Expert*, model *quadratic* direkomendasikan sebagai model terbaik. Model ini menunjukkan nilai *p-value* sebesar 0,0114 serta nilai *lack of fit* sebesar 0,774. Mengacu pada tabel ANOVA untuk respon total fenol dapat diketahui bahwa faktor perlakuan memiliki nilai *p-value* sebesar 0,0005, yang mengindikasikan bahwa model menunjukkan hasil yang signifikan. Sementara itu, nilai *lack of fit* sebesar 0,774 menunjukkan bahwa ketidaksesuaian model terhadap data tidak signifikan. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan ($>5\%$) merupakan salah satu kriteria utama dalam pemilihan model yang baik, karena menunjukkan adanya kesesuaian antara model yang digunakan dengan data respon yang diperoleh (Montgomery, 2017). Melalui pemrosesan data pada *design expert*, juga diperoleh persamaan polinomial kuadratik berbasis variabel yang telah diberikan kode, seperti yang terdapat pada Persamaan 3.

$$Y = 1,660X_1 - 37,128X_2 - 11,395X_3 + 0,422X_1X_2 - 0,038X_1X_3 + 1,122X_2X_3 \quad (3)$$

Dari Persamaan 3, diketahui jika Y merupakan Total Fenol (mg GAE/mg), X_1 merupakan Teh Hitam (%), X_2 merupakan Kulit Jeruk Nipis (%), dan X_3 yang merupakan Serai (%). Analisis kanonik dilakukan sebagai tahap lanjutan dari model kuadratik setelah diperoleh titik stasioner, guna menentukan titik optimum. Hasil menunjukkan bahwa permukaan respon total fenol membentuk kurva dengan karakteristik minimum. Visualisasi hubungan antara ketiga variabel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan formulasi antara teh hitam (A), kulit jeruk (B), dan serai (C) terhadap respon total fenol teh herbal

Tabel 1 menyajikan data yang menunjukkan bahwa teh herbal dengan kandungan fenol tertinggi sebesar 74,52 mg GAE/g dihasilkan dari sampel nomor 10 dengan formulasi teh hitam 75,575%, kulit jeruk nipis 16,498%, dan serai 7,926%. Teh hitam menjadi komposisi paling tinggi diikuti kulit jeruk nipis, dan serai. Urutan komposisi tersebut sesuai dengan hasil pengukuran nilai total fenol pada penelitian terdahulu, yaitu kandungan fenol teh hitam sebesar 932,03–1126,62 mg GAE/g (Vinci et al., 2022); kulit jeruk nipis sebesar 9,88 mg GAE/g (Singanusong et al., 2015); dan serai sebesar 0,72 mg GAE/g (Muala et al., 2021).

3.2. Optimasi Formulasi Teh Hitam, Kulit Jeruk Nipis, dan Serai terhadap Total Flavonoid Teh Herbal

Hasil analisis kandungan total flavonoid pada teh herbal menunjukkan adanya variasi konsentrasi yang dipengaruhi oleh perbedaan komposisi bahan. Kombinasi teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai diformulasikan berdasarkan variasi proporsi dalam rancangan *mixture design* menggunakan perangkat lunak *Design Expert*. Nilai kandungan total flavonoid dari masing-masing formulasi tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data respon total flavonoid (mg QE/mg) dari rancangan *mixture design*

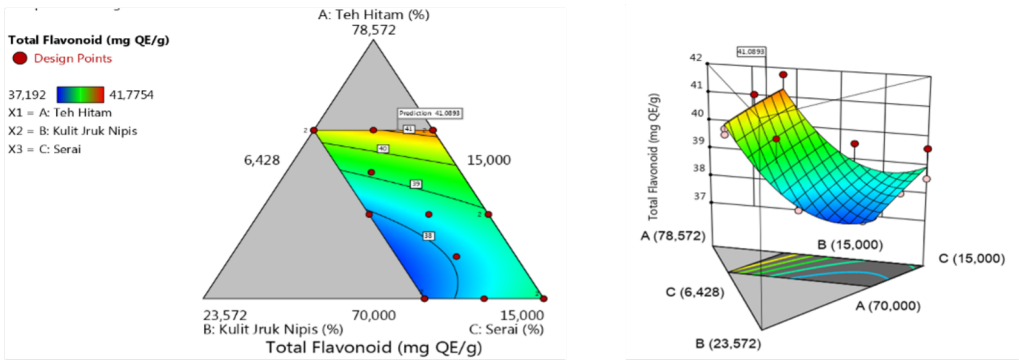
Run	Faktor			Respon
	Teh Hitam (%)	Kulit Jeruk (%)	Serai (%)	Total Flavonoid (mgQE/mg)
1	70,000	15,003	14,997	38,50
2	72,788	16,500	10,713	38,38
3	70,000	18,000	12,000	37,79
4	75,575	15,000	9,425	41,78
5	75,572	18,000	6,428	40,40
6	72,789	15,000	12,211	39,55
7	74,180	17,250	8,570	40,02
8	70,000	16,502	13,498	38,28
9	71,394	16,501	12,105	37,19
10	75,575	16,498	7,926	41,32
11	72,786	18,000	9,214	37,79
12	70,000	18,000	12,000	37,79
13	70,000	15,003	14,997	39,55
14	75,575	15,000	9,425	40,45
15	75,572	18,000	6,428	40,20
16	72,789	15,000	12,211	38,50

Berdasarkan data pada Tabel 2, kandungan total flavonoid pada teh herbal menunjukkan nilai berkisar antara 37,19 hingga 41,78 mg QE/g, dengan rasio maksimum terhadap minimum sebesar 1,07. Rasio yang berada di bawah 10 ini menunjukkan bahwa data bersifat homogen, sehingga transformasi tidak diperlukan.

Berdasarkan sistem komputerisasi *Design Expert* disarankan model *quadratic*. Model ini memiliki nilai *p-value* 0,04 dan nilai *lack of fit* 0,52. Data-data tersebut ditampilkan pada tabel model jumlah kuadrat dari urutan model (*Sequential Model Sum of Squares*), pengujian ketidaktepatan model (*Lack of Fit Tests*), dan ringkasan model statistik (*Model Summary Statistics*). Berdasarkan tabel ragam *Analysis of Variance* respon total flavonoid dapat diketahui bahwa faktor perlakuan memiliki nilai *p-value* 0,0001, sedangkan *lack of fit* menunjukkan tidak signifikan dengan *p-value* 0,52. Program *design expert* juga menghasilkan persamaan polinomial model ordo kedua dalam bentuk variabel kode seperti yang dapat dilihat pada Persamaan 4.

$$Y = 1,513X_1 + 4,793X_2 + 8,52X_3 - 0,105X_1X_2 - 0,153X_1X_3 + 0,016X_2X_3 \quad (4)$$

Dari Persamaan 4 diatas didapatkan jika Y merupakan Total Flavonoid (mg QE/mg), X_1 merupakan Teh Hitam (%), X_2 merupakan Kulit Jeruk Nipis (%), dan X_3 yaitu Serai (%). Setelah titik stasioner ditentukan pada model kuadratik, dilakukan analisis kanonik untuk mengevaluasi karakteristik titik tersebut dan menentukan kondisi optimum. Hasil analisis menunjukkan bahwa permukaan respon total flavonoid memiliki karakteristik minimum. Hubungan interaktif antara ketiga variabel divisualisasikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan formulasi antara teh hitam (a), kulit jeruk (b), dan serai (c) terhadap respon total flavonoid teh herbal

Tabel 2 menunjukkan teh herbal dengan kandungan total flavonoid paling tinggi sebesar 41,78 mg QE/mg dihasilkan dari sampel nomor 4 dengan formulasi teh hitam 75,575%, kulit jeruk nipis 15%, dan serai 9,425%. Teh hitam memiliki komposisi paling dominan diikuti oleh kulit jeruk nipis dan serai pada formulasi teh herbal ini. Urutan komposisi tersebut berbeda dengan urutan hasil pengukuran kandungan total flavonoid pada penelitian terdahulu. Pada penelitian terdahulu diperoleh kandungan total flavonoid tertinggi dihasilkan oleh kulit jeruk nipis sebesar 64,04 mg QE/g (Rodglin et al., 2017), diikuti dengan serai sebesar 23,9 mg QE/g (Méabed et al., 2018), kemudian teh hitam sebesar 4,37 mg QE/g (Nhu-Trang et al., 2023). Beberapa faktor yang dapat berkontribusi terhadap kondisi ini meliputi proses pengeringan dan oksidasi teh yang terlalu tinggi, sehingga banyak komponen fenolik yang rusak dan menurunkan kemampuan fungsional dari teh yang dihasilkan dengan penambahan teh hitam.

3.3. Optimasi Formulasi Teh Hitam, Kulit Jeruk Nipis, dan Serai terhadap Aktivitas Antioksidan DPPH Teh Herbal

Aktivitas antioksidan DPPH pada teh herbal menunjukkan perbedaan yang dipengaruhi oleh variasi formulasi bahan. Formulasi teh herbal dikembangkan dari kombinasi teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai menggunakan rancangan *mixture design* pada perangkat lunak *Design Expert*. Hasil aktivitas antioksidan dari masing-masing kombinasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data respon total flavonoid (mg QE/mg) dari rancangan *mixture design*

Run	Faktor			Respon
	Teh Hitam (%)	Kulit Jeruk (%)	Serai (%)	DPPH (mgTE/g)
1	70,000	15,003	14,997	150,25
2	72,788	16,500	10,713	230,53
3	70,000	18,000	12,000	191,08
4	75,575	15,000	9,425	253,86
5	75,572	18,000	6,428	243,86
6	72,789	15,000	12,211	215,53
7	74,180	17,250	8,570	237,19
8	70,000	16,502	13,498	178,03
9	71,394	16,501	12,105	192,19
10	75,575	16,498	7,926	301,92
11	72,786	18,000	9,214	237,19

(continued on next page)

Table 1 (continued)

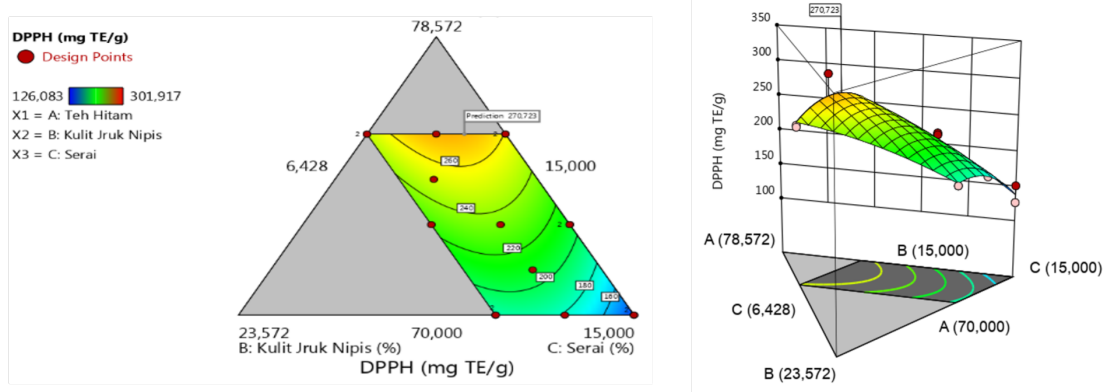
Run	Faktor			Respon
	Teh Hitam (%)	Kulit Jeruk (%)	Serai (%)	DPPH (mgTE/g)
12	70,000	18,000	12,000	180,81
13	70,000	15,003	14,997	126,08
14	75,575	15,000	9,425	248,03
15	75,572	18,000	6,428	241,36
16	72,789	15,000	12,211	213,03

Tabel 3 menyajikan data respon aktivitas antioksidan DPPH pada teh herbal, dengan nilai yang berkisar antara 126,08 hingga 301,92 mg TE/g. Rasio antara nilai tertinggi dan terendah adalah 2,39 yang menunjukkan bahwa variasi data masih berada dalam batas wajar. Hal ini disebabkan karena rasio tersebut lebih kecil dari 10, maka transformasi data tidak diperlukan dalam proses analisis.

Berdasarkan analisis menggunakan *software Design Expert*, model kuadratik direkomendasikan sebagai model yang paling sesuai. Model ini memiliki nilai *p-value* sebesar 0,029 dan nilai lack of fit sebesar 0,0502. Mengacu pada hasil ANOVA terhadap respon DPPH, diketahui bahwa faktor perlakuan memiliki nilai *p-value* sebesar 0,0001, yang lebih kecil dari *p-value* 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa model bersifat signifikan. Sementara itu, nilai *lack of fit* dengan *p value* 0,0502 tergolong tidak signifikan (>5%), yang memenuhi salah satu kriteria penting dalam pemilihan model terbaik, yaitu kesesuaian antara model dan data eksperimen. Melalui analisis dengan *design expert*, diperoleh pula model polinomial kuadratik dalam bentuk variabel kode, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan 5.

$$Y = -8,497X_1 - 404,115X_2 - 134,835X_3 + 5,558X_1X_2 + 1,151X_1X_3 + 7,873X_2X_3 \quad (5)$$

Dari Persamaan 5 diatas, didapatkan keterangan jika Y merupakan Aktivitas Antioksidan metode DPPH (mg TE/g), X_1 merupakan Teh Hitam (%), X_2 merupakan Kulit Jeruk Nipis (%), dan X_3 merupakan Serai (%). Tahap selanjutnya setelah penentuan titik stasioner pada model kuadratik adalah analisis kanonik, yang digunakan untuk mengidentifikasi titik optimum. Berdasarkan hasil analisis, permukaan respon DPPH menunjukkan karakteristik minimum. Gambar 3 menampilkan interaksi antara ketiga variabel.



Gambar 3. Hubungan formulasi antara teh hitam (A), kulit jeruk (B), dan serai (C) terhadap respon aktivitas antioksidan teh herbal

Tabel 3 menunjukkan bahwa teh herbal dengan kandungan antioksidan tertinggi yang dianalisa dengan metode DPPH yaitu sampel teh nomor 10. Teh herbal nomor 10 dihasilkan dari formulasi teh hitam 75,575%, kulit jeruk nipis 16,498%, dan serai 7,926% dengan kandungan antioksidan metode DPPH sebesar 301,92 mg TE/g. Hasil ini lebih tinggi daripada kandungan antioksidan teh hitam yang hanya sebesar 208,83 mgTE/g (Theafelicia & Wulan, 2023). Penambahan kulit jeruk nipis dan serai dapat meningkatkan aktivitas antioksidan teh herbal berbasis teh hitam.

3.4. Penentuan Titik Optimum Respon dan Verifikasi Teh Herbal

Optimasi formulasi yang terdiri dari teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai terhadap respon total fenol, total flavonoid, dan aktivitas antioksidan DPPH didasarkan pada perlakuan yang diberikan serta kriteria respon yang diinginkan. Kriteria formulasi teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai dipilih in range. Respon seperti total fenol, total flavonoid, dan antioksidan DPPH diinginkan memiliki kriteria goal yaitu *maximize*, karena diharapkan setiap respon mencapai nilai maksimum pada formulasi teh herbal yang dihasilkan. Kriteria untuk variabel dan respon dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil analisis optimasi menggunakan perangkat lunak *Design Expert*, diperoleh dua solusi formulasi terbaik untuk menghasilkan teh herbal dari teh hitam, kulit jeruk nipis, dan serai dengan kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan yang tinggi. Solusi titik optimum yang direkomendasikan oleh program memperlihatkan kombinasi formulasi yang diprediksi memberikan nilai respon maksimal. Hasil solusi titik optimum yang disarankan oleh program disajikan pada Tabel 5

Tabel 4. Kriteria variabel dan respon yang diinginkan pada teh herbal

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
A: Teh Hitam (%)	in range	70	75,575	1	1	3
B: Kulit Jeruk Nipis (%)	in range	15	18	1	1	3
C: Serai (%)	in range	6,428	14,997	1	1	3
Total Fenol (mg GAE/g)	maximize	42,3297	75.5161	1	1	3
Total Flavonoid (mg QE/mg)	maximize	37,192	41,7754	1	1	3
DPPH (mg TE/g)	maximize	149,694	301,917	1	1	3

Tabel 5. Formulasi optimum THKS yang disarankan oleh *design expert 10.1* terhadap respon

	Solution 1	Solution 2
Teh Hitam (%)	75,575	75,573
Kulit Jeruk Nipis (%)	16,100	17,999
Serai (%)	8,325	6,428
Total Fenol (mg GAE/g)	73,195	69,720
Total Flavonoid (mg QE/mg)	41,038	40,543
DPPH (mg TE/g)	271,596	247,973
Desirability	0,873	0,749
Note	Selected	

Solusi optimum dipilih dengan mempertimbangkan nilai desirability dan tingkat respon tertinggi yang akan dicapai, sehingga dipilih solusi 1 untuk dilakukan verifikasi pada penelitian kali ini karena memiliki nilai *desirability* paling tinggi. Respon total fenol, total flavonoid, dan antioksidan DPPH paling maksimal diperoleh dari hasil formulasi teh hitam 71,575%, kulit jeruk nipis 16,1%, dan serai 8,325% dengan nilai *desirability* yang dihasilkan sebesar 0,837, yang mempresentasikan tingkat keakuratannya sebesar 83,7%. *Desirability* merupakan indikator dalam fungsi objektif optimasi yang menggambarkan kemampuan sistem untuk memenuhi kriteria yang telah ditentukan sesuai dengan karakteristik produk akhir yang diharapkan.

3.5. Verifikasi Teh Herbal Berbasis Teh Hitam, Kulit Jeruk Nipis, dan Serai

Tahap verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa kondisi optimum yang direkomendasikan oleh *Design Expert* mampu menghasilkan respon yang sesuai dengan nilai prediksi. Proses ini dilakukan dengan membandingkan antara respon actual dari hasil percobaan dan respon yang diprediksi oleh *software*. Hasil perbandingan verifikasi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil verifikasi nilai prediksi formulasi teh herbal pada respon yang disarankan oleh *design expert*

	Prediksi1)	Verifikasi2)	T test (P-value)
Teh Hitam (%)	75,575	75,575	
Kulit Jeruk Nipis (%)	16,1	16,1	
Serai (%)	8,325	8,325	
Total Fenol (mg GAE/g)	73,195	72,72 ± 0,27	0,095 ts
Total Flavonoid (mg QE/mg)	41,038	40,27 ± 1,44	0,453 ts
DPPH (mg TE/g)	271,596	270,25 ± 1,44	0,248 ts

Keterangan: 1) Nilai Prediksi Design Expert; 2) Hasil Verifikasi (Penelitian Aktual); ts: tidak signifikan

Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil verifikasi sesuai dengan prediksi yang disaran oleh *Design Expert* 10.1. Teh herbal dibuat dari formulasi teh hitam 75,575%, kulit jeruk nipis 16,1%, dan serai 8,325% menghasilkan respon paling optimal yakni total fenol $72,72 \pm 0,27$ mg GAE/g, total flavonoid $40,27 \pm 1,44$ mg QE/mg dan aktivitas antioksidan DPPH $270,25 \pm 1,44$ mg TE/g. Berdasarkan penelitian Yanuarti et al. (2024), formulasi teh hitam dan air lemon dengan perbandingan 2:1 menghasilkan nilai IC₅₀ sebesar 74,742 ppm, yang termasuk dalam kategori aktivitas antioksidan kuat dan lebih baik dibandingkan rasio 1:1 dan 1:2 (teh hitam:air lemon).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini didapatkan bahwa formulasi teh herbal berbahan dasar teh hitam, kulit jeruk nipis, serta serai memberikan pengaruh yang signifikan terhadap total fenol, total flavonoid, dan aktivitas antioksidan DPPH. Berdasarkan hasil penelitian, formulasi optimal pada pembuatan teh herbal yakni dengan komposisi teh hitam 75,575%, kulit jeruk nipis 16,1%, dan serai 8,325% menghasilkan respon paling optimal yakni total fenol $72,72 \pm 0,27$ mg GAE/g, total flavonoid $40,27 \pm 1,44$ mg QE/mg dan aktivitas antioksidan DPPH $270,25 \pm 1,44$ mg TE/g. Diharapkan penelitian ini mampu memberikan alternatif pengolahan teh herbal di masa mendatang dari teh hitam, serai, dan kulit jeruk nipis.

5. DEKLARASI

Taksonomi Peran Kontributor

Semua penulis telah berkontribusi pada naskah akhir. Kontribusi masing-masing penulis meliputi collecting data, pengolahan data, pembahasan data, penyusunan draft, dan editing draft jurnal akhir. Penulis berdiskusi aktif dalam melakukan penyusunan draft jurnal yang ingin diterbitkan.

Pernyataan Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan di sektor publik, komersial, atau nirlaba.

Pernyataan Kepentingan Bersaing

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan keuangan yang bersaing atau hubungan pribadi yang dapat mempengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam draft artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhamatika, A. & Murtini, E. S. (2021). Pengaruh Metode Pengeringan dan Persentase Teh Kering Terhadap Karakteristik Seduhan Teh Daun Bidara (*Ziziphus Mauritiana* L.). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(4), 196–207. <https://10.21776/UB.JPA.2021.009.04.1>.

- Adhamatika, A., Murtini, E. S., & Sunarharum, W. B. (2021). The effect of leaf age and drying method on physico-chemical characteristics of pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) leaves powder. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1), 012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012073>.
- Anjarsari, I. R. D. (2016). Katekin teh Indonesia : prospek dan manfaatnya. *Kultivasi*, 15(2). <https://doi.org/10.24198/KULTIVASI.V15I2.11871>.
- Arisanti, D. & Mutsyahidan, A. M. A. (2018). Karakteristik Sifat Fisikokimia Teh Herbal "Sekam" (Serai Kombinasi Kayu Manis) Sebagai Minuman Fungsional. *Jurnal Technopreneur (JTech)*, 6(2), 62–66. <https://doi.org/10.30869/JTECH.V6I2.199>.
- David, S., Makoil, I., Tenda, P. E., Hilaria, M., Rahmat, E. G. A., & Bimantoro, A. (2024). Penapisan Fitokimia dan Uji Antioksidan Seduhan Teh Celup Kombinasi Daun Kelor (*Moringa Oleifera* Lam) Kulit Jeruk Nipis (*Citrus Aurantiifolia* (Christm.) Swingle). *Action Research Literate*, 8(11), 3269–3276. <https://doi.org/10.46799/ARL.V8I11.2343>.
- Dewi, Y. K. (2023). Potensi Kacang Gude, Kayu Manis, dan Kulit Jeruk Nipis sebagai Bahan Baku Minuman Fungsional Berbasis Antioksidan. *Jurnal Pharmascience*, 10(1), 58–68. <https://doi.org/10.20527/JPS.V10I1.14401>.
- FAO (2024). *The State of Food and Agriculture 2024*. Rome: FAO.
- Méabed, E. M., Abou-Sreea, A. I., & Roby, M. H. (2018). Chemical analysis and giardicidal effectiveness of the aqueous extract of *Cymbopogon citratus* Stapf. *Parasitology Research*, 117(6), 1745–1755. <https://doi.org/10.1007/S00436-018-5855-1/METRICS>.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. Arizona: John Wiley sons, 9th edition.
- Muala, W. C. B., Desobgo, Z. S. C., & Jong, N. E. (2021). Optimization of extraction conditions of phenolic compounds from *Cymbopogon citratus* and evaluation of phenolics and aroma profiles of extract. *Heliyon*, 7(4), e06744. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06744>.
- Nashrullah, I. A. A., Nashrullah, I. A. A., Putri, S. H., & Widayanti, A. (2024). Penambahan Ekstrak Jeruk Nipis Sebagai Penambah Citarasa pada Teh Cascara terhadap Sifat Fisikokimia. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 18(1), 71–78. <https://doi.org/10.24198/jt.vol18n1.9>.
- Nhu-Trang, T. T., Nguyen, Q. D., Cong-Hau, N., Anh-Dao, L. T., & Behra, P. (2023). Characteristics and Relationships between Total Polyphenol and Flavonoid Contents, Antioxidant Capacities, and the Content of Caffeine, Gallic Acid, and Major Catechins in Wild/Ancient and Cultivated Teas in Vietnam. *Molecules*, 28(8), 3470. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES28083470/S1>.
- Prasetya, H., Setiawan, A. A. R., Bardant, T. B., Muryanto, ., Randy, A., Haq, M. S., Mastur, A. I., Harianto, S., Annisa, N., & Sulawatty, A. (2020). Studi Pola Konsumsi Teh di Indonesia untuk Mendukung Diversifikasi Produk yang Berkelanjutan (A Study of Tea Consumption Pattern in Indonesia Toward Sustainable Product Diversification). *Biopropal Industri*, 11(2), 107. <https://doi.org/10.36974/jbi.v11i2.6249>.
- Rodglin, C., Srisook, E., & Srisook, K. (2017). Effects of Extraction Conditions on Total Phenolic Content, Total Flavonoid Content and Antioxidant Activities of Different Parts of *Citrus aurantium* L. *Burapha Science Journal*, (pp. 211–225).
- Silva, F., Veiga, F., Cardoso, C., Dias, F., Cerqueira, F., Medeiros, R., & Cláudia Paiva-Santos, A. (2024). A rapid and simplified DPPH assay for analysis of antioxidant interactions in binary combinations. *Microchemical Journal*, 202, 110801. <https://doi.org/10.1016/J.MICROC.2024.110801>.
- Singanusong, R., Nipornram, S., Tochampa, W., & Rattanatraiwong, P. (2015). Low Power Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sainampung) and Lime (*Citrus aurantifolia*) Peels and the Antioxidant. *Food Analytical Methods*, 8(5), 1112–1123. <https://doi.org/10.1007/S12161-014-9992-6/METRICS>.
- Suprihatini, R., Batubara, I., Achmadi, S. S., Mariya, S., Mulyatni, A. S., Sokoastri, V., & Hakim, A. R. (2021). *Teh Camellia sinensis Indonesia: Lebih Menyehatkan*. PT Riset Perkebunan Nusantara, 1 edition.
- Theafelicia, Z. & Wulan, S. N. (2023). Perbandingan Berbagai Metode Pengujian Aktivitas Antioksidan (DPPH, ABTS dan FRAP) pada Teh Hitam (*Camellia Sinensis*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 24(1), 35–44. <https://doi.org/10.21776/UB.JTP.2023.024.01.4>.

- Vinci, G., D'ascenzo, F., Maddaloni, L., Prencipe, S. A., & Tiradritti, M. (2022). The Influence of Green and Black Tea Infusion Parameters on Total Polyphenol Content and Antioxidant Activity by ABTS and DPPH Assays. *Beverages* 2022, Vol. 8, Page 18, 8(2), 18. <https://10.3390/BEVERAGES8020018>.
- Yanuarti, R., Muziburohman, D., & Fajar, I. R. F. (2024). Aktivitas Antioksidan Kombinasi ekstrak Cair Teh Hitam (*Camellia sinensis*) dan Air Lemon (*Citrus limon*). *Journal of Local Food Security*, 5(1), 362–368. <https://10.37818/leuit.v5i1.24783>.