

Maryati dan Kuliahsari, 2025

## FORMULASI, SENSORI, SENYAWA BIOAKTIF, ANTIOKSIDAN, INHIBISI $\alpha$ -GLUKOSIDASE MINUMAN FUNGSIONAL CELUP FULI-BIJI PALA (*Myristica argentea* Warb.)

Maryati<sup>1)</sup>\*, Dessy Eka Kuliahsari<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Agroindustri, Politeknik Negeri Fakfak, Jl. TPA Imam Bonjol Atas, Air Merah, Desa Tanama, Kec. Pariwari, Kabupaten Fakfak,  
\*corresponding author: maryati@polinef.id

\*Received for review September 4, 2025 Accepted for publication October 31, 2025

### Abstract

Functional tea bags containing mace and nutmeg (*Myristica argentea* Warb.) were developed to support blood glucose regulation amid the rising prevalence of degenerative diseases, including diabetes mellitus, in Indonesia. Both ingredients contain bioactive compounds such as flavonoids, myristicin, and phenolic acids that may contribute to glucose regulation. This study evaluated the effect of varying mace and nutmeg proportions on sensory acceptance, determined the optimal formulation, and assessed bioactive properties, antioxidant activity, and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory potential. A one-factor Completely Randomized Design (CRD) was applied with four formulations: F1 (0.05 g : 0.25 g), F2 (0.10 g : 0.20 g), F3 (0.15 g : 0.15 g), and F4 (0.20 g : 0.10 g). Sensory evaluation used a seven-point hedonic scale for color, aroma, taste, and aftertaste, analyzed by chi-square and Duncan's Multiple Range Test (DMRT) if  $P < 0.05$ . The optimal formulation was determined using the De Garmo method. Results showed that varying proportions significantly affected all sensory parameters. F2 (0.10 g : 0.20 g) achieved the highest scores: color 5.98, aroma 6.51, taste 6.40, and aftertaste 6.00. Its bioactive profile included total phenolics of 20.91 mg GAE/g, total flavonoids of 0.3 mg QE/g, and antioxidant activity with an  $IC_{50}$  of  $448.78 \pm 0.83$  ppm (weak). F2 also showed increasing  $\alpha$ -glucosidase inhibition with rising concentrations, reaching  $31.56 \pm 0.29\%$  at 100,000 ppm. These findings indicate that F2 exhibits low  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity due to its limited phenolic and flavonoid content, highlighting the need for formulation and extraction optimization to enhance the bioactive compound levels and the functional potential of mace–nutmeg tea bags in a herbal jamu preparation.

**Keywords:**  $\alpha$ -Glucosidase Enzyme, Functional Infusion Beverage, Mace, *Myristica argentea* Warb., Nutmeg

### Abstrak

Minuman fungsional celup berbahan fuli dan biji pala (*Myristica argentea* Warb.) dikembangkan untuk mendukung pengendalian glukosa darah di tengah meningkatnya prevalensi penyakit degeneratif, termasuk diabetes melitus, di Indonesia. Fuli dan biji pala mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, myristicin, dan asam fenolat yang berpotensi mendukung regulasi glukosa darah. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh komposisi fuli dan biji pala terhadap penerimaan sensori, menentukan formula terbaik, serta menilai karakteristik bioaktif, aktivitas antioksidan, dan penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan empat formula: F1 (0,05 g : 0,25 g), F2 (0,10 g : 0,20 g), F3 (0,15 g : 0,15 g), dan F4 (0,20 g : 0,10 g). Uji kesukaan dilakukan menggunakan skala hedonik tujuh poin untuk parameter warna, aroma, rasa, dan aftertaste, dianalisis dengan chi-square dan dilanjutkan uji DMRT bila  $P < 0,05$ . Formula terbaik ditentukan dengan metode De Garmo. Hasil menunjukkan variasi komposisi fuli dan biji pala berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter sensori. Formula F2 (0,10 g fuli : 0,20 g biji pala) memperoleh nilai kesukaan tertinggi: warna 5,98, aroma 6,51, rasa 6,40, dan aftertaste 6,00. Karakteristik bioaktif F2 meliputi total fenol 20,91 mg GAE/g, flavonoid 0,3 mg QE/g, dan aktivitas antioksidan dengan  $IC_{50}$   $448,78 \pm 0,83$  ppm (kategori lemah). F2 menunjukkan peningkatan persentase penghambatan  $\alpha$ -glukosidase seiring peningkatan konsentrasi uji,

## Maryati dan Kuliahsari, 2025

dengan aktivitas maksimum  $31,56 \pm 0,29\%$  pada 100.000 ppm. Aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase meningkat seiring kenaikan konsentrasi uji, namun hanya mencapai maksimum  $31,56 \pm 0,29\%$  pada 100.000 ppm. Temuan ini menunjukkan bahwa F2 memiliki aktivitas penghambatan  $\alpha$ -glukosidase rendah akibat kandungan fenolik dan flavonoid yang terbatas, sehingga diperlukan optimasi formulasi dan ekstraksi untuk meningkatkan senyawa bioaktif dan potensi fungsional minuman celup fuli–biji pala dalam sediaan jamu.

**Kata kunci:** Biji Pala, Enzim  $\alpha$ -glukosidase, Fuli, Minuman Fungsional Celup, *Myristica argentea* Warb



Copyright © 2025 The Author(s)  
This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

## 1. PENDAHULUAN

Penyakit degeneratif, seperti diabetes melitus, terjadi akibat perubahan sel organ yang menurunkan fungsi tubuh. Di Indonesia, prevalensi diabetes meningkat dari 10,6% pada 2021 (IDF, 2021) menjadi 11,7% pada 2023 (BKPK, 2023). Salah satu pendekatan penanganannya adalah konsumsi pangan fungsional, yaitu makanan atau minuman yang mengandung senyawa bioaktif dengan manfaat fisiologis, termasuk menurunkan kadar glukosa darah (Salaj *et al.*, 2021; Mashayekhi-Sardoo *et al.*, 2024; Padayachee *et al.*, 2020).

Fuli (mace) *Myristica argentea* Warb merupakan aril kering berwarna jingga-merah yang lebih tebal dibandingkan dengan *Myristica fragrans* Houtt., sedangkan biji pala (*nutmeg*) merupakan endosperma dari buah pala yang memiliki ukuran lebih besar dibandingkan dengan *M. fragrans* Houtt (Ma`mun, 2013; Maryati, 2023). Flavonoid dalam fuli meningkatkan pengambilan glukosa oleh sel (Al-Rawi *et al.*, 2024), sedangkan *myristicin* pada biji pala menurunkan kadar glukosa melalui regulasi insulin (Yoshioka *et al.*, 2024), dan asam fenolatnya mendukung metabolisme glukosa (Seneme *et al.*, 2021). Senyawa fenolik yang terkandung dalam fuli dan biji pala (*Myristica argentea* Warb.) diketahui memiliki aktivitas antidiabetes melalui mekanisme penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase dan  $\alpha$ -amilase, serta peningkatan sensitivitas insulin (Aryaeian *et al.*, 2017) (Naz *et al.*, 2023).

Fuli dan biji pala mengandung senyawa bioaktif dan berpotensi sebagai bahan pangan fungsional. Fuli telah diaplikasikan dalam *ready to drink* dimana ekstrak fuli sebanyak 2% (v/v) memiliki nilai kesukaan warna sebesar 5,97 (mendekati suka), aroma sebesar 6,00 (suka), dan rasa sebesar 6,39 (mendekati sangat suka) (Maryati *et al.*, 2024). Selain itu, biji pala digunakan dalam minuman tradisional seperti bir pletok (Masnar dan Pinandoyo, 2020). Flavonoid dalam fuli meningkatkan pengambilan glukosa oleh sel (Al-Rawi *et al.*, 2024), sedangkan *myristicin* pada biji pala menurunkan kadar glukosa melalui regulasi insulin (Yoshioka *et al.*, 2022) dan asam fenolatnya mendukung metabolisme glukosa (Seneme *et al.*, 2021).

Formulasi minuman fungsional celup berbahan fuli dan biji pala dilakukan untuk mengombinasikan profil sensori khas kedua bahan sekaligus memanfaatkan senyawa bioaktifnya. Proses formulasi mempertimbangkan rasio fuli dan biji pala untuk mencapai keseimbangan aroma dan rasa yang dapat diterima konsumen. Evaluasi kualitas sensori menjadi tahap penting dalam pengembangan produk fungsional, karena penerimaan konsumen sangat dipengaruhi oleh

## Maryati dan Kuliahsari, 2025

parameter warna, aroma, rasa, dan aftertaste. Oleh karena itu, uji kesukaan dilakukan menggunakan metode hedonik tujuh poin terhadap panelis tidak terlatih untuk menentukan preferensi konsumen serta formula terbaik yang berpotensi dikembangkan sebagai produk minuman fungsional alami siap saji. Formula terbaik minuman celup fuli–biji pala dalam sediaan jamu ini kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui kandungan senyawa bioaktif (total fenolik dan flavonoid), aktivitas antioksidan, dan aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase, sehingga dapat dievaluasi potensi fungsionalnya dalam mendukung regulasi glukosa darah.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Bahan

Fuli dan biji pala (*Myristica argentea* Warb) dengan kematangan 9 bulan diperoleh dari Kampung Tanama, Distrik Pariwari, Kabupaten Fakfak. Temulawak kuning, kunyit kuning, kecur, asam jawa diperoleh dari pasar tradisional Tanjung Wagom, Kabupaten Fakfak. Daun mint kering dan gula non kalori diperoleh dari penjual daring melalui platform Shopee (Indonesia). Analisis kandungan bioaktif dilakukan menggunakan reagen standar. Total fenol ditentukan dengan metode Folin–Ciocalteu menggunakan reagen Folin–Ciocalteu (Merck, Jerman) dan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , Merck, Jerman), dengan galat asam (GAE) sebagai standar. Total flavonoid diukur menggunakan reagen natrium nitrit ( $\text{NaNO}_2$ , Merck, Jerman), aluminium klorida ( $\text{AlCl}_3$ , Merck, Jerman), dan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ , Merck, Jerman), dengan kuersetin (QE) sebagai standar. Aktivitas antioksidan dievaluasi menggunakan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, Sigma-Aldrich, USA). Sementara itu, aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase diukur menggunakan enzim  $\alpha$ -glukosidase (EC 3.2.1.20, Sigma-Aldrich, USA), dengan p-nitrofenil- $\alpha$ -D-glukopiranosida (pNPG, Sigma-Aldrich, USA) sebagai substrat dan akarbose (Sigma-Aldrich, USA) sebagai kontrol positif.

### 2.2 Metode

#### 2.2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, yaitu komposisi serbuk fuli dan biji pala. Penelitian ini menggunakan empat formula minuman fungsional berbasis fuli–biji pala dengan variasi komposisi sebagai berikut: F1 (0,05 g:0,25 g), F2 (0,10 g:0,20 g), F3 (0,15 g:0,15 g), dan F4 (0,20 g:0,10 g).

#### 2.2.2 Prosedur Penelitian

##### a. Persiapan dan Pengolahan Bahan Baku

Fuli dan biji pala bercangkang (Gambar 1) dicuci dengan air mengalir; temulawak kuning, kunyit kuning, dan kecur segar disikat lalu diblansir pada suhu  $90^\circ\text{C}$  selama 5 menit (Kiptiyah *et al.*, 2017); kemudian ditiriskan. Bahan diiris tipis 3 mm (Evania *et al.*, 2024) dan dikeringkan pada suhu  $40^\circ\text{C}$  selama 14 jam (Bains *et al.*, 2019; Rauf dan Alamsyah, 2023). Seluruh bahan dikeringkan, dihaluskan, dan diayak 80 mesh (Indriyani *et al.*, 2021), lalu disimpan dalam wadah kedap udara. Serbuk ditimbang sebanyak 5 g dan dikemas dalam kantong filter (Jayani *et al.*, 2022).

Maryati dan Kuliahsari, 2025



(a) Buah pala segar kematangan 9 bulan  
(Panen di Kampung Tanama, Fakfak)

(b) Fuli kering

(c) Biji pala kering

Gambar 1. (a) Buah pala segar kematangan 9 bulan (panen di bulan April 2025 di Kampung Tanama, Fakfak); (b) fuli kering; (c) biji pala kering varietas *Myristica argentea* Warb. (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025)

#### b. Formulasi Produk

Formulasi produk dimodifikasi berdasarkan referensi (Dion & Purwantisari, 2020; Rekasih *et al.*, 2021; Maryati *et al.*, 2024a), sebagaimana tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi perlakuan (gram perkantong 5 g)

No.	Bahan	P1 (g)	P2 (g)	P3 (g)	P4 (g)
1.	Fuli Serbuk	0,05	0,10	0,15	0,20
2.	Biji Pala Serbuk	0,25	0,20	0,15	0,10
3.	Temulawak Kuning Serbuk	0,8	0,8	0,8	0,8
4.	Kunyit Kuning Serbuk	0,5	0,5	0,5	0,5
5.	Kencur Serbuk	0,3	0,3	0,3	0,3
6.	Daun Mint Serbuk	0,6	0,6	0,6	0,6
7.	Asam Jawa Kering	1,0	1,0	1,0	1,0
8.	Gula Non Kalori	1.5	1.5	1.5	1.5

## Maryati dan Kuliahsari, 2025

### c. Uji Organoleptik

Pengujian organoleptik dengan menyeduh 1 sachet (5 g) dalam 250 mL air bersuhu 85 °C selama 9 menit (Kushargina *et al.*, 2022; Nasrulloh *et al.*, 2023). Sampel minuman herbal seduh disajikan sebanyak 200 mL dalam gelas kaca bening dan panelis meminum seduhan tersebut pada suhu sekitar 60–70 °C. Setiap sampel diberi kode acak tiga digit dan disajikan tanpa identitas (*blind*) untuk meminimalkan bias penilaian panelis (Prakash *et al.*, 2016).

### d. Ekstraksi

Ekstraksi minuman celup fuli–biji pala dalam sediaan jamu (F2) dilakukan berdasarkan modifikasi penelitian Al Indis *et al.*, (2024) dengan metode maserasi menggunakan pelarut air dengan rasio 1:10 (b/v) pada suhu 25°C selama 48 jam.

## 2.3 . Parameter

### 2.3.1 Uji Organoleptik

Teknik pengujian organoleptik merupakan cara pengujian menggunakan indra manusia sebagai alat utama bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kesukaan panelis terhadap produk yang dihasilkan. Uji organoleptik ini menggunakan 70 panelis tidak terlatih di Kabupaten Fakfak. Uji organoleptik yang dilakukan adalah uji kesukaan berupa warna, aroma, rasa dan *aftertaste* dengan menggunakan skala 1-7. Skala yang digunakan adalah skala 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka) 3 (agak tidak suka), 4 (biasa saja), 5 (agak suka), 6 (suka) dan 7 (sangat suka) (Maryati *et al.*, 2023).

### 2.3.2 Penentuan Kadar Total Fenolik

Total fenol diekstraksi dari sampel minuman celup fuli–biji pala menggunakan metode Folin–Ciocalteu. Larutan ekstrak dicampur dengan reagen Folin–Ciocalteu, diinkubasi 5 menit, kemudian ditambahkan larutan natrium karbonat 7,5%. Campuran diinkubasi 30 menit pada suhu kamar dalam gelap. Absorbansi diukur pada 765 nm menggunakan spektrofotometer UV–Vis. Kandungan total fenol dinyatakan sebagai ekuivalen asam galat per liter (mg GAE/L) dengan kurva standar asam galat (Zargoosh *et al.*, 2019).

### 2.3.3 Penentuan Kadar Total Flavonoid

Total flavonoid diukur menggunakan metode kompleks aluminium klorida (AlCl<sub>3</sub>). Ekstrak dicampur dengan larutan NaNO<sub>2</sub> 5%, diikuti AlCl<sub>3</sub> 10%, dan NaOH 1 M untuk membentuk kompleks flavonoid–Al. Absorbansi diukur pada 510 nm setelah inkubasi 15 menit pada suhu kamar. Hasil dinyatakan sebagai ekuivalen kuersetin per gram sampel (mg QE/g) dengan kurva standar kuersetin (Chang *et al.*, 2002).

### 2.3.4 Penentuan Aktivitas Antioksidan (IC50)

Aktivitas antioksidan ditentukan menggunakan radikal bebas DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). Ekstrak sampel dicampur dengan larutan DPPH 0,1 mM, diinkubasi 30 menit dalam gelap pada suhu kamar. Absorbansi diukur pada 517 nm. Hasil dinyatakan sebagai ekuivalen asam askorbat per gram sampel (mg AAE/g) dengan kurva standar kuersetin. Persentase peredaman

## Maryati dan Kuliahsari, 2025

radikal DPPH dihitung, dan  $IC_{50}$  ditentukan sebagai konsentrasi ekstrak yang mampu menekan 50% radikal DPPH. (Sánchez-Rangel *et al.*, 2013)

### 2.3.5 Penentuan Aktivitas Penghambatan Enzim Alfa Glukosidase ( $IC_{50}$ )

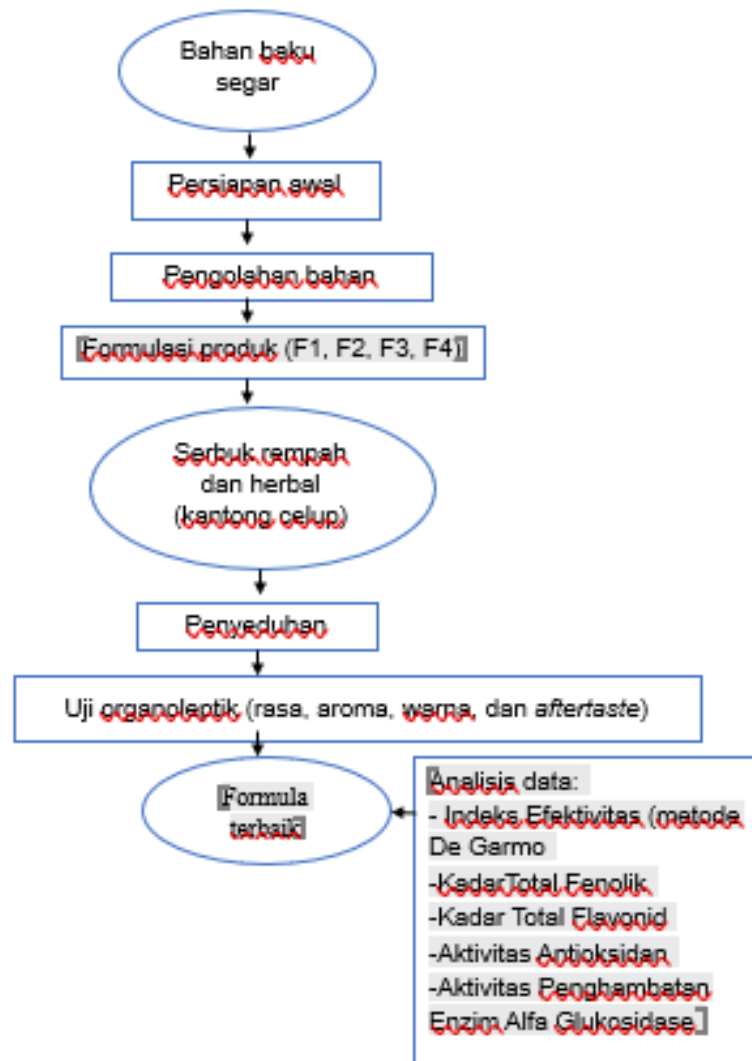
Aktivitas penghambatan  $\alpha$ -glukosidase diukur secara *in vitro* dengan mencampurkan sampel dengan enzim  $\alpha$ -glukosidase dan substrat p-nitrofenil- $\alpha$ -D-glukopiranosida (pNPG), kemudian diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37°C. Reaksi dihentikan dengan penambahan natrium karbonat 0,1 M, dan absorbansi p-nitrofenol yang terbentuk diukur pada panjang gelombang 405 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Persentase penghambatan dihitung relatif terhadap kontrol negatif, dan potensi penghambatan enzim dinyatakan sebagai ekuivalen acarbose (mg Acarbose/mL sampel). Selain itu, ditentukan  $IC_{50}$ , yaitu konsentrasi sampel yang mampu menghambat 50% aktivitas  $\alpha$ -glukosidase, untuk membandingkan efektivitas penghambatan antar sampel (Xiang *et al.*, 2023).

### 2.4 . Analisis Data

Data dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS versi 27 dengan model *general linear univariate*. Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan signifikan ( $P < 0,05$ ), maka dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT). Penentuan formula terbaik dilakukan dengan metode *De Garmo* berupa total nilai efektivitas (NE) tertinggi (Maryati *et al.*, 2024b).

Rumus nilai efektivitas (NE) yaitu:  $NE = \frac{\text{skor rata-rata Perlakuan} - \text{Rerata perlakuan terburuk}}{\text{rerata perlakuan Terbaik} - \text{Rerata perlakuan terburuk}}$

Maryati dan Kulihsari, 2025



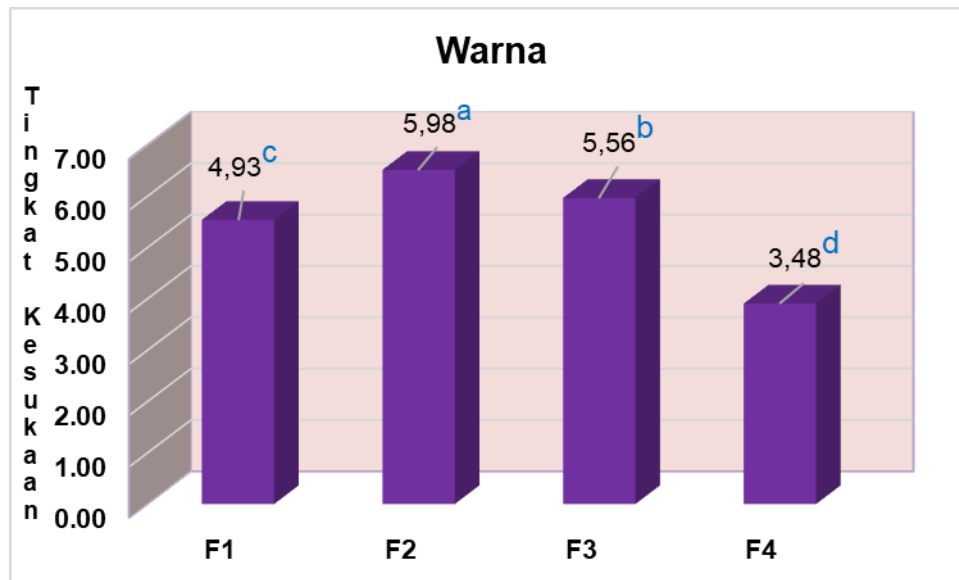
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Warna

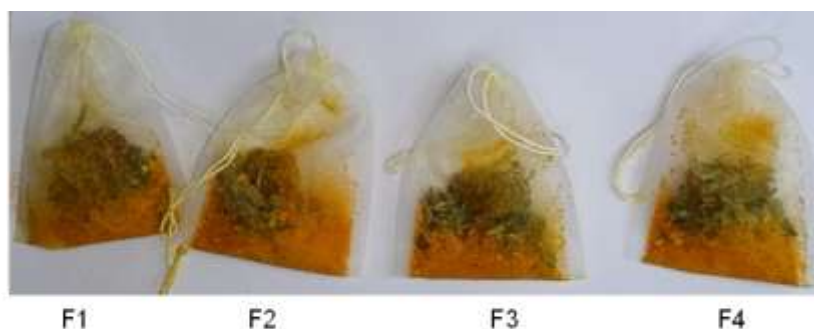
Hasil uji kesukaan warna menunjukkan perbedaan nyata antar formula seduhan minuman fungsional celup fuli-biji pala ( $p < 0,05$ ). Formula F2 memperoleh nilai rata-rata tertinggi 5,98 (mendekati suka), sedangkan F1 memiliki nilai terendah 3,48 (mendekati netral) (Gambar 3). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa variasi komposisi fuli dan biji pala berpengaruh terhadap intensitas dan kejernihan warna yang dihasilkan (Gambar 4 dan 5).

Maryati dan Kuliahsari, 2025



Gambar 3. Hasil uji kesukaan panelis terhadap warna seduhan minuman fungsional celup fuli-biji pala. Superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Variasi komposisi fuli dan biji pala adalah F1 (0,05 g : 0,25 g); F2 (0,10 g : 0,20 g); F3 (0,15 g : 0,15 g); dan F4 (0,20 g : 0,10 g).

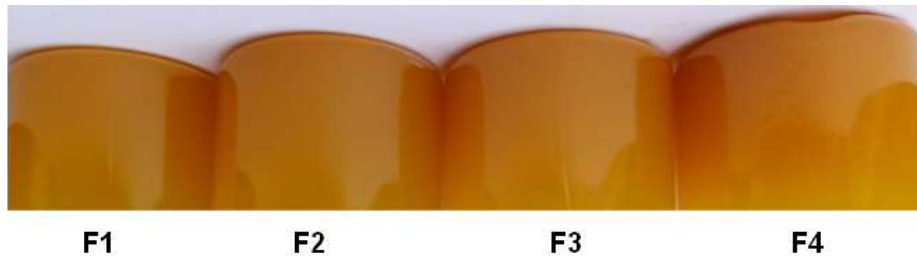
Formula 2 menunjukkan skor penerimaan warna yang paling tinggi dibandingkan formula lainnya. Warna kuning cerah yang dihasilkan diduga berasal dari kombinasi proporsi fuli (0,10 g) dan biji pala (0,20 g) yang seimbang sehingga menghasilkan intensitas pigmen flavonoid dan fenolik yang tidak terlalu pekat maupun terlalu pucat. Warna kuning cerah umumnya dianggap menarik secara visual dan diasosiasikan dengan kesegaran serta rasa ringan pada minuman herbal (Sari dan Nugroho, 2020). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa warna kuning-oranye dengan kecerahan tinggi pada minuman rempah meningkatkan preferensi visual konsumen dibanding warna yang terlalu gelap (Putri *et al.*, 2022). Proporsi fuli yang moderat dalam Formula 2 memungkinkan stabilitas warna selama penyeduhan tanpa menimbulkan endapan berlebih yang dapat menurunkan daya terima warna (Rahmawati *et al.*, 2021).



Gambar 4. Minuman fungsional fuli-biji pala sebelum diseduh (kantong teh) Variasi komposisi fuli dan biji pala adalah F1 (0,05 g : 0,25 g); F2 (0,10 g : 0,20 g); F3 (0,15 g : 0,15 g); dan F4 (0,20 g : 0,10 g).



Maryati dan Kuliahsari, 2025

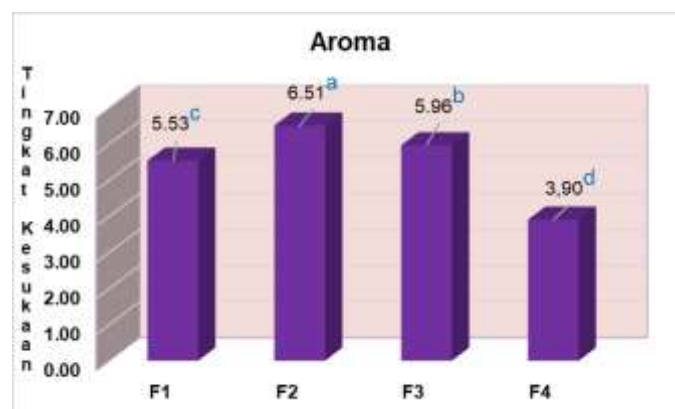


Gambar 5. Minuman fungsional fuli-biji pala setelah diseduh Variasi komposisi fuli dan biji pala adalah F1 (0,05 g : 0,25 g); F2 (0,10 g : 0,20 g); F3 (0,15 g : 0,15 g); dan F4 (0,20 g : 0,10 g).

Hasil uji sensoris menunjukkan bahwa Formula 4 memiliki skor penerimaan warna paling rendah dibanding formula lainnya. Warna seduhan Formula 4 tampak lebih kuning gelap, yang diduga dipengaruhi oleh proporsi fuli yang lebih tinggi dalam formulasi tersebut. Fuli pala mengandung senyawa pigmen flavonoid dan fenolik yang dapat memberikan warna kuning hingga oranye pekat pada seduhan (Rahmawati *et al.*, 2021). Peningkatan konsentrasi pigmen ini cenderung menurunkan preferensi panelis karena warna dianggap terlalu pekat dan kurang menarik bila dibandingkan warna kuning cerah pada formula dengan proporsi fuli lebih rendah (Sari dan Nugroho, 2020). Hasil ini sejalan dengan penelitian serupa pada minuman herbal berbasis rempah, di mana konsentrasi tinggi senyawa fenolik menyebabkan warna gelap yang berpengaruh terhadap penerimaan visual konsumen (Putri *et al.*, 2022). Penelitian oleh Nuraini *et al.* (2023) juga melaporkan bahwa minuman rempah dengan intensitas warna menengah–cerah cenderung memiliki tingkat kesukaan lebih tinggi dibanding warna gelap yang diasosiasikan dengan rasa pahit atau sepat

### 3.2. Aroma

Nilai kesukaan aroma juga menunjukkan variasi signifikan antar formula ( $p < 0,05$ ). Formula F2 memperoleh skor rata-rata 6,51 (mendekati suka) lebih tinggi dibanding F4 dengan skor rata-rata 3,90 (mendekati netral) (Gambar 6). Hal ini menunjukkan kombinasi fuli-biji pala dalam F2 menghasilkan aroma yang paling disukai panelis.



Gambar 6. Hasil uji kesukaan panelis terhadap aroma seduhan minuman fungsional celup fuli-biji pala. Superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Variasi komposisi fuli dan biji pala adalah F1 (0,05 g : 0,25 g); F2 (0,10 g : 0,20 g); F3 (0,15 g : 0,15 g); dan F4 (0,20 g : 0,10 g).

### Maryati dan Kuliahsari, 2025

Aroma pala dipengaruhi oleh senyawa volatil seperti sabinen, miristisin, dan eugenol. Proporsi fuli yang lebih tinggi memperkaya aroma khas pala yang segar, sedangkan dominasi biji pala memberikan aroma yang lebih pedas dan hangat. Proses pengeringan fuli juga dapat mengurangi volatilisasi aroma (Hidayat *et al.*, 2023). Penelitian Sipahelut (2024) menunjukkan bahwa peningkatan intensitas aroma pala melalui variasi rasio sari buah pala secara signifikan meningkatkan tingkat kesukaan konsumen terhadap berbagai atribut sensorik, termasuk aroma dan penerimaan keseluruhan produk. Temuan serupa dilaporkan oleh Rini dan Kurniawan (2021) pada teh herbal berbahan rempah lain, di mana aroma kuat dihubungkan dengan peningkatan persepsi manfaat kesehatan produk. Dengan demikian, F2 yang memiliki proporsi optimal fuli dan biji pala tidak hanya menghasilkan warna seduhan yang menarik, tetapi juga aroma khas yang meningkatkan persepsi kualitas produk. Temuan ini penting untuk strategi diferensiasi produk minuman fungsional di pasar.

### 3.3 Rasa

Uji kesukaan rasa memperlihatkan perbedaan nyata ( $p < 0,05$ ) antara formula, di mana F2 mendapatkan skor tertinggi 6,40 (mendekati sangat suka) dan F4 terendah 4,04 (netral) (Gambar 7). Hal ini mengindikasikan bahwa keseimbangan rasa manis, pedas, dan hangat dari kombinasi fuli-biji pala dalam F2 paling sesuai dengan preferensi panelis.



Gambar 7. Hasil uji kesukaan panelis terhadap seduhan minuman fungsional celup fuli-biji pala. Superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Variasi komposisi fuli dan biji pala adalah F1 (0,05 g : 0,25 g); F2 (0,10 g : 0,20 g); F3 (0,15 g : 0,15 g); dan F4 (0,20 g : 0,10 g).

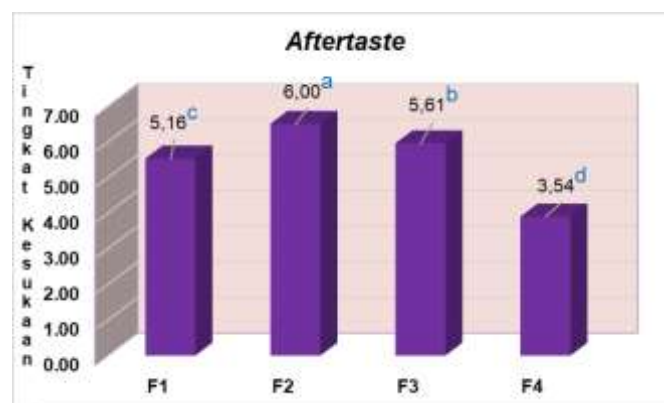
Rasa pala dipengaruhi oleh keberadaan minyak atsiri dan senyawa fenolik, yang memberikan sensasi hangat dan sedikit pedas. Proporsi fuli yang optimal dapat mengurangi rasa getir khas biji pala. Senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan fuli pala telah dikonfirmasi dalam studi ekstraksi fuli menggunakan metode *microwave-assisted*, yang menemukan kandungan total fenolik yang tinggi dan aktivitas antioksidan signifikan (Kunarto *et al.*, 2023; Feninlambir *et al.*, 2023). Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kombinasi rasa pedas-hangat dari rempah seperti pala dapat meningkatkan persepsi kehangatan dan kesehatan pada minuman herbal (Andini *et al.*, 2022). Studi lain pada minuman fungsional rempah menunjukkan preferensi tinggi terhadap rasa yang seimbang

### Maryati dan Kuliahsari, 2025

antara manis alami dan pedas (Kusuma dan Rahman, 2021). Dengan demikian, rasa formula F2 yang paling disukai mendukung pemilihan formula ini sebagai kandidat terbaik. Rasa yang seimbang penting untuk meningkatkan konsumsi rutin produk fungsional tanpa menimbulkan kejenuhan rasa bagi konsumen.

#### 3.4 *Aftertaste*

Uji kesukaan *aftertaste* memperlihatkan perbedaan nyata ( $p < 0,05$ ) antara formula. Penilaian *aftertaste* menunjukkan formula F2 memperoleh skor tertinggi 6,0 (suka), sedangkan F4 memperoleh 3,54 (mendekati netral) (Gambar 8). Perbedaan signifikan ini menunjukkan bahwa formula F2 menghasilkan sensasi akhir yang lebih diterima oleh panelis.



Gambar 8. Hasil uji kesukaan panelis terhadap *aftertaste* seduhan minuman fungsional celup fuli-biji pala. Superskrip huruf kecil yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ). Variasi komposisi fuli dan biji pala adalah F1 (0,05 g : 0,25 g); F2 (0,10 g : 0,20 g); F3 (0,15 g : 0,15 g); dan F4 (0,20 g : 0,10 g).

*Aftertaste* pada minuman pala terutama dipengaruhi oleh senyawa minyak atsiri dan pemanis non-kalori yang digunakan. *Aftertaste* pala dipengaruhi oleh interaksi senyawa volatil dan non-volatil, terutama sabinene,  $\alpha$ -pinene, limonene, myristicin, dan eugenol yang memberi kesan hangat dan pedas (Chamber dan Koppel, 2013; Ashokkumar *et al.*, 2022). Rasio tinggi  $\beta$ -pinene dilaporkan menghasilkan *aftertaste* lebih bersih (Charles *et al.*, 2016), sedangkan peningkatan myristicin dan elemicin selama penyimpanan dapat memperkuat *aftertaste* pedas (Xiang *et al.*, 2023). Penelitian Lima & Bolini (2020) menemukan bahwa di antara berbagai pemanis non-kalori, sucralosa memberikan profil *aftertaste* yang paling bersih dan paling diterima oleh konsumen, menyerupai karakteristik gula sukrosa. Sebaliknya, stevia dan neohesperidin menghasilkan *aftertaste* pahit dan manis yang lebih lama bertahan dan mengurangi tingkat kesukaan konsumen terhadap produk. Meskipun variasi pemanis tidak memengaruhi persepsi aroma dan rasa tamarind secara signifikan, *aftertaste* negatif yang ditimbulkan oleh stevia berkontribusi terhadap penurunan niat pembelian. Temuan ini sejalan dengan studi McLeod *et al.* (2018) yang melaporkan bahwa penambahan rempah dalam formulasi minuman herbal rendah gula dapat memperbaiki profil *aftertaste* dan menjaga penerimaan konsumen. Bahkan, pada teh rendah gula, penggunaan rempah mampu mempertahankan tingkat penerimaan *aftertaste* mendekati minuman dengan gula penuh meskipun kandungan gula berkurang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi rempah dan pemanis dapat menciptakan profil *aftertaste* yang lebih disukai konsumen. Konsumen cenderung

## Maryati dan Kuliahsari, 2025

menolak *aftertaste* terlalu pahit atau terlalu manis pada produk fungsional. *Aftertaste* yang disukai pada F2 memperkuat kesimpulan bahwa formulasi ini optimal dari segi sensoris dan potensial untuk dikembangkan sebagai produk minuman fungsional herbal pala. Preferensi konsumen yang cenderung menolak *aftertaste* yang terlalu pahit atau manis, sehingga mendukung temuan bahwa formula F2 memiliki profil *aftertaste* paling disukai.

### 3.5 Formula Terbaik

Analisis multikriteria menggunakan metode De Garmo menunjukkan bahwa F2 memiliki nilai efektivitas tertinggi (Tabel 1), sehingga ditetapkan sebagai formula terbaik pada penelitian ini. F2 memperoleh skor kesukaan tertinggi baik pada parameter warna, aroma, rasa, maupun *aftertaste*, yang masing-masing berada pada kisaran “suka” hingga “sangat suka”. Hasil ini menandakan bahwa komposisi fuli dan biji pala yang digunakan pada formula F2 memberikan keseimbangan sensoris paling optimal dibanding formula lainnya. Studi komparatif ekstraksi oleoresin pala menunjukkan bahwa profil kimia, khususnya rasio  $\beta$ -pinene dan *myristicin*, berpengaruh signifikan terhadap karakteristik sensorik. Formulasi dengan rasio  $\beta$ -pinene lebih tinggi cenderung menghasilkan *aftertaste* yang lebih bersih dan dapat diterima, sedangkan kadar senyawa aromatik seperti *myristicin* yang berlebihan dapat menimbulkan aroma dan rasa terlalu tajam sehingga menurunkan penerimaan konsumen (Charles *et al.*, 2016). Hal ini sejalan dengan ulasan Ashokkumar *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa senyawa volatil utama pala, termasuk *sabinene*, *myristicin*, *eugenol*, dan *terpinen-4-ol*, merupakan kontributor utama aroma pedas/*woody*, yang pada kadar tinggi dapat mengurangi kesukaan konsumen terhadap produk.

Tabel 1. Nilai Efektifitas Minuman Celup Fuli-Biji Pala dalam Sediaan Jamu

Formula	Nilai Efektivitas (NE)
F1 (0,05 g fuli : 0,25 g biji pala)	2,52
F2 (0,10 g fuli : 0,20 g biji pala)	4,00
F3 (0,15 g fuli : 0,15 g biji pala)	3,29
F4 (0,20 g fuli : 0,10 g biji pala)	0,00

Keunggulan F2 kemungkinan dipengaruhi oleh keseimbangan komposisi senyawa bioaktif dari fuli dan biji pala (*myristicin*, *sabinen*) yang memberikan aroma segar dan rasa hangat khas pala, serta pigmen alami yang menghasilkan warna menarik. Penambahan pemanis non-kalori juga membantu mengurangi rasa getir biji pala tanpa meningkatkan kalori, sehingga sesuai tren minuman fungsional modern (Kusuma & Rahman, 2021). Penelitian Hidayat *et al.* (2023) juga menegaskan bahwa optimasi komposisi rempah dan teknik penyeduhan berpengaruh besar terhadap profil sensoris dan penerimaan konsumen. Konsistensi skor sensoris tinggi pada formula F2 yang diikuti potensi bioaktivitas tinggi (antioksidan, antidiabetes) menunjukkan bahwa formula ini tidak hanya unggul dari segi kesukaan panelis, tetapi juga memenuhi klaim fungsional. Hal ini sejalan dengan temuan Putri dan Santoso (2022) yang menyoroti pentingnya keselarasan antara preferensi sensoris dan manfaat kesehatan dalam pengembangan minuman herbal fungsional. Temuan ini

## Maryati dan Kuliahsari, 2025

mengonfirmasi bahwa F2 merupakan formulasi dengan karakteristik sensoris optimal dan memiliki potensi kuat untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai produk minuman fungsional berbasis fuli-biji pala Papua.

### 3.6 Total Fenol

Kandungan total fenol merupakan salah satu parameter penting dalam menilai potensi antioksidan pada produk pangan fungsional berbasis bahan alami. Hasil analisis menunjukkan bahwa minuman celup fuli-biji pala dalam sediaan jamu (F2) memiliki total fenol sebesar 20,91 mg GAE/g atau setara 20,91 ppm (Tabel 2). Temuan ini sejalan dengan penelitian Firdausni *et al.*, (2011) yang melaporkan bahwa perlakuan optimal pada minuman jahe instan dengan penambahan ekstrak *Cassia vera* diperoleh melalui proses maserasi menggunakan air pada suhu maserasi dengan air pada suhu 85-100 °C selama 48 jam dengan rasio bubuk jahe dengan ekstrak cassiavera (b/v) 10:3, menghasilkan total fenol sebesar 26,51 ppm.

Tabel 2. Hasil total fenol minuman celup fuli-pala dalam sediaan jamu (F2)

Formula	Kadar Fenol (% b/b)	Kandungan Fenol (mg GAE/g)
F2	2,09	20,91

Catatan: F2 (0,10 g fuli serbuk : 0,20 g biji pala serbuk; 0,8 g temulawak kuning serbuk, 0,5 g kunyit kuning serbuk; 0,3 g kencur serbuk; 0,6 g daun mint serbuk, 1,0 g asam jawa kering) merupakan formula terbaik dengan parameter sensori.

Penggunaan pelarut air dalam proses formulasi dan ekstraksi minuman celup fuli-pala dalam sediaan jamu pala (F2) merupakan faktor utama yang berkontribusi terhadap rendahnya kandungan senyawa fenolik. Menurut Do *et al.*, (2014), air adalah pelarut polar protik, memiliki kemampuan selektif dalam melarutkan senyawa hidrofilik seperti gula, asam organik, dan sebagian kecil polifenol sederhana, namun kurang efektif mengekstraksi metabolit sekunder nonpolar atau semi-polar seperti lignan, flavonoid metoksilasi, dan terpenoid sebagai kelompok senyawa yang telah dilaporkan memiliki afinitas tinggi terhadap enzim  $\alpha$ -glukosidase. Sebaliknya, Tadera *et al.*, (2006) melaporkan bahwa pelarut dengan polaritas menengah, seperti etanol 70–80% atau etil asetat, mampu mengekstrak flavonoid lipofilik (apigenin, luteolin, kuersetin) yang berinteraksi dengan situs aktif enzim melalui ikatan hidrogen dan gaya  $\pi$ - $\pi$  stacking. Oleh karena itu, penggunaan air sebagai pelarut utama kemungkinan membatasi kelarutan, kestabilan, dan bioavailabilitas senyawa aktif, sehingga menurunkan kemampuan pembentukan kompleks enzim inhibitor yang diperlukan untuk menghasilkan aktivitas penghambatan yang optimal.

Selain itu, kadar total fenolik ini yang rendah pada minuman celup fuli-pala dalam sediaan jamu pala (F2) diduga karena proses maserasi pada suhu ruang. Ekstraksi senyawa fenolik pada suhu ruang (sekitar 25–30°C) cenderung kurang efisien dalam melepaskan senyawa bioaktif dari matriks tanaman. Hal ini disebabkan oleh energi kinetik partikel yang rendah pada suhu tersebut, sehingga laju difusi senyawa aktif ke dalam pelarut menjadi lambat dan transfer massa tidak optimal. Akibatnya, kandungan total fenolik yang diekstraksi menjadi lebih rendah dibandingkan dengan ekstraksi pada suhu yang lebih tinggi. Menurut penelitian Susanty & Bachmid (2010), ekstraksi menggunakan metode maserasi pada suhu ruang menghasilkan rendemen senyawa fenolik yang lebih rendah dibandingkan dengan metode refluks pada suhu 50°C. Penelitian ini menunjukkan

### Maryati dan Kuliahsari, 2025

bahwa suhu yang tidak cukup tinggi dapat membatasi efektivitas ekstraksi senyawa fenolik. Proses difusi molekul aktif ke dalam pelarut bergantung pada energi kinetik partikel dan permeabilitas dinding sel tanaman. Pada suhu rendah, transfer massa senyawa aktif berjalan lambat dan tidak optimal. Menurut Do *et al.*, (2014); Dai dan Mumper, (2010), peningkatan suhu hingga kisaran moderat (40–60°C) dapat meningkatkan kelarutan dan laju difusi flavonoid, fenolat, dan terpenoid tanpa menyebabkan degradasi termal signifikan.

### 3.7 Total Flavonoid

Kadar flavonoid total pada minuman celup fuli-pala dalam sediaan jamu (F2) diperoleh sebesar 0,03% (b/b) atau setara dengan 0,3 mg QE/g (Tabel 3). Nilai ini menunjukkan bahwa produk tersebut tergolong rendah dalam kandungan senyawa flavonoid dibandingkan dengan berbagai minuman infusa herbal lain yang telah dilaporkan dalam literatur. Menurut Studzińska-Sroka *et al.* (2021), teh herbal kering yang terdiri atas campuran tujuh jenis herbal (daun, akar, dan bunga) dan diseduh menggunakan air panas selama 10 menit dengan rasio 1 g bahan per 100 mL air, menunjukkan kadar flavonoid tertinggi sebesar 3,06 mg QE/g. Dengan demikian, kandungan flavonoid pada minuman fuli-pala dapat dikategorikan relatif rendah, namun tetap berpotensi memberikan kontribusi aktivitas biologis jika dikonsumsi secara teratur sebagai minuman fungsional.

Tabel 3. Hasil total fenol minuman celup fuli-pala dalam sediaan jamu (F2)

Formula	Kadar Flavonoid (% b/b)	Kadar Flavonoid (mg QE/g)
F2	0,03	0,3

Catatan: F2 (0,10 g fuli serbuk : 0,20 g biji pala serbuk; 0,8 g temulawak kuning serbuk, 0,5 g kunyit kuning serbuk; 0,3 g kencur serbuk; 0,6 g daun mint serbuk, 1,0 g asam jawa kering) merupakan formula terbaik dengan parameter sensori.

### 3.8 Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan merupakan salah satu parameter utama yang menunjukkan kemampuan suatu bahan dalam menetralkan radikal bebas melalui mekanisme donasi atom hidrogen atau elektron. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minuman fuli-biji pala dalam sediaan jamu celup (F2) memiliki nilai  $IC_{50}$  sebesar  $448,78 \pm 0,83$  ppm dengan kategori lemah (Tabel 4). Menurut Blois (1958), penilaian aktivitas antioksidan berdasarkan nilai  $IC_{50}$  dapat dikelompokkan sebagai berikut: sangat kuat (<50 ppm), kuat (50–100 ppm), sedang (100–250 ppm), lemah (250–500 ppm), dan sangat lemah (>500 ppm). Berdasarkan klasifikasi tersebut, nilai  $IC_{50}$  sebesar 448,78 ppm menempatkan formulasi F2 dalam kelompok dengan aktivitas antioksidan lemah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Antasionasti *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa minuman instan herbal pala memiliki nilai  $IC_{50}$  sebesar  $354,19 \pm 1,32$  µg/mL, juga tergolong dalam kategori aktivitas antioksidan lemah.

**Maryati dan Kuliahsari, 2025**

Tabel 4. IC<sub>50</sub> aktivitas antioksidan minuman celup fuli-pala dalam sediaan jamu (F2)

Formula	IC <sub>50</sub> (ppm) ± SD	Kategori Aktivitas Antioksidan
F2	448,783±0,8250	Rendah ( <i>Weak</i> )

Catatan: F2 (0,10 g fuli serbuk : 0,20 g biji pala serbuk; 0,8 g temulawak kuning serbuk, 0,5 g kunyit kuning serbuk; 0,3 g kencur serbuk; 0,6 g daun mint serbuk, 1,0 g asam jawa kering) merupakan formula terbaik dengan parameter sensori.

Nilai tersebut masih menunjukkan adanya kemampuan penangkapan radikal bebas yang relevan secara fisiologis, terutama mengingat produk ini berbentuk minuman seduhan (infus herbal) dengan konsentrasi senyawa aktif yang relatif rendah dibandingkan ekstrak pekat. Aktivitas antioksidan F2 diduga berasal dari senyawa fenolik seperti miristisin, eugenol, dan elemisin, yang bekerja secara sinergis meskipun dalam konsentrasi terbatas. Kandungan total fenol sebesar 20,91 mg GAE/g pada formulasi ini turut mendukung keberadaan senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan alami. Aktivitas antioksidan yang tergolong lemah pada minuman celup fuli–biji pala (F2) diduga berkaitan dengan penggunaan pelarut air dalam proses ekstraksi. Menurut Do *et al.* (2014), efektivitas ekstraksi senyawa bioaktif sangat dipengaruhi oleh jenis pelarut yang digunakan. Air memiliki polaritas tinggi sehingga cenderung mengekstrak senyawa hidrofilik seperti gula, protein terlarut, dan sebagian kecil senyawa fenolik polar, namun kurang efisien dalam melarutkan senyawa semi-polar atau non-polar seperti flavonoid aglikon, terpenoid, dan lignan, yang banyak berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan. Oleh karena itu, ekstraksi menggunakan pelarut air sering kali menghasilkan aktivitas antioksidan lebih rendah dibandingkan pelarut organik seperti etanol atau metanol. Hal ini diperkuat oleh temuan Złotek *et al.* (2016) yang melaporkan bahwa ekstrak berbasis etanol dari bahan herbal memiliki kandungan total fenolik lebih tinggi serta nilai IC<sub>50</sub> lebih rendah, yang menandakan kemampuan penangkapan radikal bebas lebih kuat dibandingkan ekstrak berbasis air. Fenomena ini menunjukkan bahwa perbedaan polaritas pelarut memengaruhi efisiensi pelarutan senyawa bioaktif, sehingga pada formulasi F2, aktivitas antioksidan yang tergolong lemah lebih disebabkan oleh keterbatasan pelarut dalam mengekstraksi komponen fenolik semi-polar dari fuli dan biji pala.

**3.8 Aktivitas Penghambatan Enzim α-Glukosidase**

Enzim α-glukosidase berperan penting dalam proses hidrolisis oligosakarida dan disakarida menjadi monosakarida (terutama glukosa) di lumen usus halus bagian atas. Hambatan terhadap aktivitas enzim ini menyebabkan penurunan kecepatan absorpsi glukosa, sehingga mampu menurunkan kadar glukosa darah postprandial (pasca makan) (Tadera *et al.*, 2006). Pengujian penghambatan α-glukosidase menjadi salah satu indikator awal dalam penentuan potensi antidiabetes dari bahan alam. Hasil analisis kandungan senyawa minyak atsiri fuli pala dengan metode GC-MS menunjukkan bahwa senyawa dominan yang terdapat didalamnya adalah α-pinene (13,08%), b-pinen (15,14%), sabinene (22,93%), limonene (5,60%), dan miristisin (26,46%) (Ismiyarto, *et al.*, 2009). Senyawa utama penyusun minyak atsiri biji pala Papua adalah sabinene (63,65%); β-phellandrene (21,54%); dan safrole (4,17%) (Maryati, 2023).

**Maryati dan Kuliahsari, 2025**

Flavonoid dalam fuli meningkatkan pengambilan glukosa oleh sel (Al-Rawi *et al.*, 2024), , sedangkan *myristicin* pada biji pala menurunkan kadar glukosa melalui regulasi insulin (Yoshioka, *et al.*, 2024), dan asam fenolatnya mendukung metabolisme glukosa (Seneme *et al.*, 2021). Senyawa fenolik yang terkandung dalam fuli dan biji pala (*Myristica argentea* Warb.) diketahui memiliki aktivitas antidiabetes melalui mekanisme penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase dan  $\alpha$ -amilase, serta peningkatan sensitivitas insulin (Aryaeian, *et al.*, 2017) (Naz *et al.*, 2023). Pada konteks ini, minuman celup fuli-pala dalam sediaan jamu (F2) dikembangkan sebagai produk inovatif dengan potensi penghambatan  $\alpha$ -glukosidase. F2 menunjukkan peningkatan persentase penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase seiring dengan peningkatan konsentrasi uji, namun aktivitas maksimum hanya mencapai  $31,5557 \pm 0,2862\%$  pada konsentrasi 100.000 ppm (Tabel 5). Nilai inhibisi tidak mencapai 50% pada konsentrasi tertinggi, maka nilai  $IC_{50}$  tidak dapat ditentukan secara matematis, yang mengindikasikan bahwa aktivitas penghambatan F2 tergolong lemah (*weak inhibitor*) terhadap enzim  $\alpha$ -glukosidase.

Tabel 5. Aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase minuman fungsional celup fuli-pala dalam sediaan jamu (F2)

Formula	Ppm	% Inhibisi	IC50 (ppm)
F2	100000	$31,5557 \pm 0,2862$	-
	50000	$23,3910 \pm 0,2774$	
	25000	$14,3063 \pm 0,1184$	
	12500	$7,6497 \pm 0,3331$	

Catatan: F2 (0,10 g fuli serbuk : 0,20 g biji pala serbuk; 0,8 g temulawak kuning serbuk, 0,5 g kunyit kuning serbuk; 0,3 g kencur serbuk; 0,6 g daun mint serbuk, 1,0 g asam jawa kering) merupakan formula terbaik dengan parameter sensori.

F2 dipilih sebagai formulasi terbaik berdasarkan evaluasi sensori, meskipun menunjukkan aktivitas penghambatan enzim  $\alpha$ -glukosidase yang relatif rendah. Fenomena ini kemungkinan berkaitan dengan rendahnya kadar total fenolik (20,91 mg GAE/g) dan flavonoid (0,3 mg QE/g) yang berperan penting dalam mekanisme interaksi dengan situs aktif enzim melalui ikatan hidrogen dan interaksi  $\pi-\pi$ . Kandungan polifenol yang terbatas dapat menurunkan kapasitas F2 dalam menyumbangkan elektron atau menstabilkan radikal bebas, sehingga berdampak pada lemahnya aktivitas inhibisi. Meskipun demikian, F2 tetap dapat dikategorikan sebagai minuman fungsional dengan aktivitas penghambatan  $\alpha$ -glukosidase yang ringan, yang berpotensi memberikan efek suportif terhadap metabolisme glukosa dan keseimbangan oksidatif tubuh bila dikonsumsi secara rutin sebagai bagian dari pola diet sehat.

**4. SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian, variasi komposisi fuli dan biji pala berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap seluruh parameter kesukaan, meliputi warna, aroma, rasa, dan *aftertaste*. Formula terbaik diperoleh F2 (0,10 g fuli : 0,20 g biji pala) dalam minuman fungsional celup dengan nilai kesukaan warna sebesar 5,98 (mendekati suka), aroma sebesar 6,51 (mendekati sangat suka), rasa sebesar 6,40 (mendekati sangat suka), dan *aftertaste* sebesar 6,00 (suka). Karakteristik bioaktif F2 meliputi



## Maryati dan Kuliahsari, 2025

total fenol 20,91 mg GAE/g, flavonoid 0,3 mg QE/g, dan aktivitas antioksidan dengan  $IC_{50}$  448,78 ± 0,83 ppm (kategori lemah). F2 menunjukkan peningkatan persentase penghambatan  $\alpha$ -glukosidase seiring peningkatan konsentrasi uji, dengan aktivitas maksimum 31,56 ± 0,29% pada 100.000 ppm. Temuan ini menunjukkan bahwa F2 memiliki aktivitas penghambatan  $\alpha$ -glukosidase rendah akibat kandungan fenolik dan flavonoid yang terbatas, sehingga diperlukan optimasi formulasi dan metode ekstraksi untuk meningkatkan senyawa bioaktif dan potensi fungsional minuman celup biji-pala dalam sediaan jamu.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Al Indis, N., & Kurniawan, F. (2024). Penentuan Waktu Maserasi Optimum pada Proses Ekstraksi Jamu Kunyit Putih: Determination of Optimum Maceration Time in The Extraction Process Of Herbal White Turmeric. *Jurnal Teknik Pertanian Terapan*, 1(2), 83-92.
- Al-Rawi, S. S., Ibrahim, A. H., Ahmed, H. J., & Khudhur, Z. O. (2024). Therapeutic, and pharmacological prospects of nutmeg seed: A comprehensive review for novel drug potential insights. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 32(6), 102067.
- Andini, L., Prakoso, B., & Hidayah, T. (2022). Consumer acceptance of herbal functional drinks: The role of spice-derived flavors. *Journal of Food Quality Research*, 45(3), 211–220.
- Antasionasti, I., Datu, O., & Lestari, U. (2022, November). Aktivitas antioksidan minuman instan herbal pala (*Myristica fragrans* Houtt) secara in vitro. In *Prosiding Seminar Nasional Kefarmasian Program Studi Farmasi FMIPA Universitas Sam Ratulangi* (Vol. 1, No. 1, pp. 23-29).
- Aryaeian, N., Sedehi, S. K., & Arablou, T. (2017). Polyphenols and their effects on diabetes management: A review. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*, 31, 134.
- Ashokkumar, K., Simal-Gandara, J., Murugan, M., Dhanya, M. K., & Pandian, A. (2022). Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) essential oil: A review on its composition, biological, and pharmacological activities. *Phytotherapy Research*, 36(7), 2839-2851.
- Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan. (2023). *Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. <https://www.kemkes.go.id/resources/download/info-terkini/SKI-2023.pdf>
- Bains, K., Joshi, N., & Kaur, H. (2019). Optimization of drying time and temperature for preparation of antioxidant rich vegetable powders from unconventional leafy greens. *Chemical Science Review and Letters*, 8(29), 70–78. [https://chesci.com/wp-content/uploads/2019/06/V8i29\\_13\\_CS092049091\\_Kiran\\_70-78.pdf](https://chesci.com/wp-content/uploads/2019/06/V8i29_13_CS092049091_Kiran_70-78.pdf)
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Charles, D. J., et al. (2016). A comparative study of nutmeg oleoresins obtained by conventional and green extraction techniques. *Food Chemistry*, 211, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.042>

**Maryati dan Kuliahsari, 2025**

- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.
- Dion, R., & Purwantisari, S. (2020). Analisis Cemaran Kapang dan Khamir pada Jamu Serbuk Instan Jahe Merah dan Temulawak. *Berkala Bioteknologi*, 3(2). <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/bb/article/view/9656>
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of food and drug analysis*, 22(3), 296-302.
- Evania, M. K., Ananingsih, V. K., & Soedarini, B. (2024). Kajian Pustaka Optimasi Kondisi Proses Berbagai Metode Pengeringan Pada Rimpang (Jahe, Kunyit, dan Temulawak). *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 5483-5496. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i1.8474>
- Feninlambir, M. L., Rawar, E. A., & Yuhara, N. A. (2023). Aktivitas antioksidan dan kadar total fenolik dalam minyak atsiri biji pala (*Myristica fragrans* Houtt.). *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 12(2), 111–116. <https://doi.org/10.51887/jpfi.v12i2.1807>
- Firdausni, F., Failisnur, F., & Diza, Y. H. (2011). Potensi pigmen cassiavera pada minuman jahe instan sebagai minuman fungsional. *Jurnal Litbang Industri*, 1(1), 15-21.
- Hidayat, R., Saputra, D., & Wulandari, N. (2023). Volatile compounds and aroma profile of mace and nutmeg-based beverages. *Food Research International*, 168, 112456.
- Indriyani, L. K. D., Wrasiati, L. P., & Suhendra, L. (2021). Kandungan Senyawa Bioaktif Teh Herbal Daun Kenikir (*Cosmos caudatus* Kunth.) pada Perlakuan Suhu Pengeringan dan Ukuran Partikel. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri* ISSN, 2503, 488X. <https://doi.org/10.24843/JRMA.2021.v09.i01.p11>
- International Diabetes Federation. (2021). *IDF diabetes atlas* (10th ed.). International Diabetes Federation. <https://diabetesatlas.org>
- Ismiyarto, I., Ngadiwiyana, N., & Mustika, R. (2009). Isolasi, identifikasi minyak atsiri fulli pala (*Myristica fragrans*) dan uji aktivitas sebagai larvasida. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 12(1), 23-30.
- Jayani, N. I. E., Hean, M. R., Krisnayanthi, N. L. A., Islamie, R., Rani, K. C., & Parfati, N. (2022). Evaluation of stability and quality characteristics of moringa (*Moringa oleifera*) herbal tea during storage. *Food Research*, 6(4), 399-406. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(4\).568](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(4).568)
- Kiptiyah, S. Y., Harmayani, E., & Santoso, U. (2017). Study of microbiological quality and antioxidant activity beras kencur drink with heating process. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 14(2), 91-100. <https://doi.org/10.22146/ifnp.29725>
- Kunarto, B., Wijayanti, P. A., Pratiwi, E., & Rohadi, R. (2023). Total fenolik, flavonoid, antosianin, dan aktivitas antioksidan oleoresin fulli pala (*Myristica fragrans* Houtt.) yang diekstrak menggunakan metode solid-liquid microwave assisted extraction. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.26623/jtphp.v13i1.1845> [etd.repository.ugm.ac.id/4journals.usm.ac.id/4journals.usm.ac.id/4](https://etd.repository.ugm.ac.id/4journals.usm.ac.id/4journals.usm.ac.id/4)
- Kushargina, R., Kusumaningati, W., & Yuniyanto, A. E. (2022). Pengaruh bentuk, suhu, dan lama penyeduhan terhadap sifat organoleptik dan aktivitas antioksidan teh herbal bunga telang

**Maryati dan Kuliahsari, 2025**

- (Clitoria Ternatea L.). *Gizi Indonesia*, 45(1), 11-22.  
<https://doi.org/10.36457/gizindo.v45i1.633>
- Kusuma, A., & Rahman, F. (2021). Hedonic preference of spiced functional drinks with non-caloric sweeteners. *Indonesian Journal of Food Science*, 13(2), 89–97.
- Lima, R. S., & Bolini, H. M. A. (2020). Impact of non-nutritive sweeteners on the sensory profile and acceptance of a functional tamarind beverage. *Journal of Food and Nutrition Research*, 8(1), 26-32.
- Maryati, Artaty, D. D. M., & Patimang, A. (2024). Pengaruh penambahan bahan pelapis (mocaf, tepung beras dan CMC) terhadap Tingkat kesukaan keripik bayam merah (*Amarathus tricolor* L.). *Agrisaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 8(1), 184-195.  
<https://doi.org/10.32585/ags.v8i1.4914>
- Maryati, M. (2023). Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi senyawa kimia dari minyak atsiri biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb). *Gorontalo Agriculture Technology Journal*, 65-73.
- Maryati, M., Mury, Z., & Ramadhana, A. (2023). Tingkat Kesukaan Snack Sheet Ikan Bubara (*Caranx Sexfasciatus*). *Jurnal Informasi, Sains dan Teknologi*, 6(02), 143-153.  
<https://isaintek.polinef.ac.id/index.php/isaintek/article/view/104>
- Maryati, M., Wailussy, I., Kuliahsari, D. E., & Ramadhana, A. (2024a). Formulasi Minuman Ready to Drink dengan Penambahan Ekstrak Fuli Pala (*Myristica argentea* Warb) berdasarkan Penerimaan Sensori. *Gorontalo Agriculture Technology Journal*, 57-67.  
DOI: <https://doi.org/10.32662/gatj.v0i0>
- Mashayekhi-Sardoo, H., Sepahi, S., Rahimi, V. B., & Askari, V. R. (2024). Application of *Nigella sativa* as a functional food in diabetes and related complications: Insights on molecular, cellular, and metabolic effects. *Journal of Functional Foods*, 122, 106518.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106518>
- Masnar, A., & Pinandoyo, D. B. (2020). Analisis Proksimat, Kandungan Coliform, dan Uji Hedonis Minuman Fungsional Siap Saji Berbahan Dasar Campuran Jahe, Sereh, Secang, Pala, Cengkeh, Dan Kapulaga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Maritim*, 3(1).  
<https://doi.org/10.30597/jkmm.v3i1.10308>
- McLeod, A., Roberts, S., & Johnson, L. (2018). The influence of adding spices to reduced-sugar foods on overall liking and aftertaste in tea beverages. *Journal of Sensory Studies*, 33(5), e12452. <https://doi.org/10.1111/joss.12452>
- Nasrulloh, M. F., Sutrisno, E., & Ifadah, R. A. (2023, September). Uji organoleptik teh herbal bunga telang (*Clitoria ternatea* L) dan jahe emprit (*Zingiber officinale* var *amarum*) pada perbedaan variasi suhu dan lama penyeduhan. In *SEMINAR NASIONAL FAKULTAS TEKNIK* (Vol. 2, No. 1, pp. 233-239). <https://semastek.unim.ac.id/index.php/semastek/article/view/151>
- Naz, R., Saqib, F., Awadallah, S., Wahid, M., Latif, M. F., Iqbal, I., & Mubarak, M. S. (2023). Food polyphenols and type II diabetes mellitus: pharmacology and mechanisms. *Molecules*, 28(10), 3996.
- Nuraini, S., & Maulana, R. (2023). Sweetener impact on aftertaste of herbal tea formulations. *Beverage Science Review*, 17(1), 35–44.

**Maryati dan Kuliahsari, 2025**

- Padayachee, B., & Baijnath, H. J. S. A. J. O. B. (2020). An updated comprehensive review of the medicinal, phytochemical and pharmacological properties of *Moringa oleifera*. *South African Journal of Botany*, 129, 304-316. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.021>
- Prakash, D., Gupta, C., & Gupta, R. (2016). Formulation and sensory evaluation of tisanes: formulation, infusion serving temperature, and random three-digit coding. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 7(4B), 115–120.
- Putri, A., Handayani, R., & Wibowo, D. (2022). Influence of phenolic content on color acceptance of herbal beverage infusions. *Journal of Food Sensory Studies*, 15(2), 45–52.
- Putri, M., & Santoso, A. (2022). Sensory evaluation of functional herbal drinks: Correlation of aftertaste and overall acceptance. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31, 100648.
- Rahmawati, N., Lestari, M., & Pratama, A. (2021). Characterization of mace (*Myristica fragrans*) extract and its application in functional drinks. *Indonesian Journal of Food Science*, 13(1), 10–18.
- Rauf, R. F., & Alamsyah, R. A. (2023). Pengaruh Suhu Pengeringan pada Food dehydrator terhadap Karakteristik Psikokimia dan Mutu Hedonik Asam Mangga Kering. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 9(2), 273-289. <https://doi.org/10.26858/jptp.v9i2.667>
- Rekasih, M., Muhandri, T., Safithri, M., & Wijaya, C. H. (2021). Antihyperglycemic activity of Java tea-based functional drink-loaded chitosan nanoparticle in streptozotocin-induced diabetic rats. *HAYATI Journal of Biosciences*, 28(3), 199–207. <https://doi.org/10.4308/hjb.28.3.212>
- Rini, L., & Kurniawan, M. (2021). Consumer perception of aroma in herbal tea products. *Food and Beverage Research*, 8(2), 75–83.
- Salaj, N., Kladar, N., Čonić, B. S., Jeremić, K., Hitl, M., Gavarić, N., & Božin, B. (2021). Traditional multi-herbal formula in diabetes therapy—Antihyperglycemic and antioxidant potential. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(10), 103347. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103347>
- Sánchez-Rangel, J. C., Benavides, J., Heredia, J. B., Cisneros-Zevallos, L., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2013). The Folin–Ciocalteu assay revisited: Improvement of its specificity for total phenolic content determination. *Analytical Methods*, 5(21), 5990–5999. <https://doi.org/10.1039/c3ay41125g>
- Sari, D. P., & Nugroho, B. (2020). Effect of spice concentration on sensory attributes of traditional beverages. *International Journal of Culinary and Gastronomy Research*, 8(3), 120–129.
- Seneme, E. F., Dos Santos, D. C., Silva, E. M. R., Franco, Y. E. M., & Longato, G. B. (2021). Pharmacological and therapeutic potential of myristicin: A literature
- Sipahelut, S. G. (2024). *Karakteristik fisik dan preferensi konsumen terhadap minuman teh dengan penambahan sari buah pala*. SALOI: Jurnal Ilmu Pertanian, 2(2), 67–79. <https://doi.org/10.55984/saloi.v2i2.198>
- Studzińska-Sroka, E., Galanty, A., Gościniak, A., Wieczorek, M., Kłaput, M., Dudek-Makuch, M., & Cielecka-Piontek, J. (2021). Herbal infusions as a valuable functional food. *Nutrients*, 13(11), 4051.
- Susanty, S., & Bachmid, F. (2016). Perbandingan metode ekstraksi maserasi dan refluks terhadap kadar fenolik dari ekstrak tongkol jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Konversi*, 5(2), 87-92.

**Maryati dan Kuliahsari, 2025**

- Tadera, K., Minami, Y., Takamatsu, K., & Matsuoka, T. (2006). Inhibition of  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase by flavonoids. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 52(2), 149-153.
- Xiang, Y., Zhang, M., Zhang, Y., Li, Y., & Zhang, S. (2023). Selenium nanoparticles stabilized by sweet corn cob polysaccharide and their inhibitory effect on  $\alpha$ -glucosidase. *Food Hydrocolloids*, 134, 108044. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108044>
- Yoshioka, Y., Kono, R., Kuse, M., Yamashita, Y., & Ashida, H. (2022). Phenylpropanoids and neolignans isolated from *Myristica fragrans* enhance glucose uptake in myotubes. *Food & Function*, 13(7), 3879-3893. <https://doi.org/10.1039/d1fo04408g>
- Yoshioka, Y., Kono, R., Kuse, M., Yamashita, Y., & Ashida, H. (2022). Phenylpropanoids and neolignans isolated from *Myristica fragrans* enhance glucose uptake in myotubes. *Food & Function*, 13(7), 3879-3893. <https://doi.org/10.1039/d1fo04408g>
- Zargoosh, Z., Ghavam, M., Bacchetta, G., & Tavili, A. (2019). *Phenolic profiling and antioxidant activity of Scrophularia striata Boiss. in different phenological stages. Chemistry & Biodiversity*, 16(10), e1900404. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52605-8>