

Study of Antioxidant Activity of Fermented Arabica Coffee (*Coffea arabica* L.) and Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.)

Studi Aktivitas Antioksidan Hasil Fermentasi Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) Dan Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.)

Yessi Febriani ^a, Salman ^a, Dewi Lestari ^a

^a Fakultas Farmasi dan Kesehatan, Universitas Tjut Nyak Dhien, Sumatera Utara, Indonesia.

*Corresponding Authors: yessi_feb75@utnd.ac.id

Abstract

Introduction: Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) and andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) are recognized as sources of bioactive compounds, particularly phenolic and flavonoid compounds, which have potential antioxidant activity. Fermentation processes may improve the bioactive components of coffee, while the addition of andaliman may enhance its antioxidant potential. However, information regarding the antioxidant activity of fermented Arabica coffee combined with andaliman in various formulations remains limited. **Objective:** This study aimed to analyze the phytochemical characteristics and antioxidant activity of fermented Arabica coffee with the addition of andaliman in various formulations using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) method. **Methods:** An experimental study was conducted using six formulations consisting of F0 (control), F1, F2, F3, F4, and F5 with different amounts of andaliman addition. Phytochemical screening was performed to identify secondary metabolites. Antioxidant activity was evaluated using the DPPH method at sample concentrations ranging from 5 to 25 ppm, while vitamin C was used as a positive control at concentrations of 0.3–0.7 ppm. The sample and DPPH solution were incubated for 30 minutes in a dark condition, and absorbance was measured using a UV-Vis spectrophotometer. The percentage of inhibition and IC₅₀ values were calculated using linear regression analysis. **Results:** Phytochemical screening showed the presence of alkaloids, flavonoids, tannins, saponins, and phenolic compounds in fermented Arabica coffee with andaliman addition. Antioxidant evaluation demonstrated that all formulations exhibited very strong antioxidant activity. The IC₅₀ values obtained were 28.09 µg/mL for F0, 26.90 µg/mL for F1, 22.10 µg/mL for F2, 17.49 µg/mL for F3, 21.79 µg/mL for F4, and 23.71 µg/mL for F5, while vitamin C showed an IC₅₀ value of 0.08 µg/mL. Formula F3 exhibited the highest antioxidant activity, indicated by the lowest IC₅₀ value among all formulations. **Conclusion:** Fermentation of Arabica coffee with the addition of andaliman produced very strong antioxidant activity. Formula F3 was identified as the optimal formulation and has potential to be developed as a functional beverage based on local ingredients. Further studies regarding product stability and in vivo antioxidant activity are recommended.

Keywords: andaliman, antioxidant activity, DPPH method, Arabica coffee, fermented coffee.

Abstrak

Pendahuluan: Kopi arabika (*Coffea arabica* L.) dan andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) merupakan bahan alami yang kaya akan senyawa bioaktif dan berpotensi sebagai sumber antioksidan. Proses fermentasi diketahui dapat meningkatkan kualitas dan kandungan senyawa bioaktif kopi, sedangkan penambahan andaliman diharapkan mampu meningkatkan aktivitas antioksidan. Namun, informasi mengenai aktivitas antioksidan kombinasi kopi arabika hasil fermentasi dengan andaliman pada berbagai formulasi masih terbatas. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan metabolit sekunder dan aktivitas antioksidan kopi arabika hasil fermentasi dengan penambahan andaliman pada berbagai formulasi menggunakan metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). **Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan enam formulasi, yaitu F0 (kontrol), F1, F2, F3, F4, dan F5 dengan variasi penambahan andaliman. Pengujian meliputi skrining fitokimia dan aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH. Sampel dibuat dalam seri konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm, sedangkan vitamin C digunakan sebagai kontrol positif pada konsentrasi 0,3–0,7 ppm. Campuran sampel dan larutan DPPH diinkubasi selama 30 menit dalam kondisi gelap, kemudian absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Aktivitas antioksidan dinyatakan sebagai persentase peredaman radikal bebas dan nilai IC₅₀ dihitung menggunakan analisis regresi linear. **Hasil:** Hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa seluruh formulasi mengandung alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan fenolik. Pengujian aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa seluruh formulasi termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat. Nilai IC₅₀ yang diperoleh berturut-turut adalah 28,09 µg/mL (F0), 26,90 µg/mL (F1), 22,10 µg/mL (F2), 17,49 µg/mL (F3), 21,79 µg/mL (F4), dan 23,71 µg/mL (F5), sedangkan vitamin C memiliki nilai IC₅₀ sebesar 0,08 µg/mL. Formula F3 menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi karena memiliki nilai IC₅₀ paling rendah dibandingkan formulasi lainnya. **Kesimpulan:** Penambahan andaliman pada kopi arabika hasil fermentasi mampu meningkatkan aktivitas antioksidan, dengan seluruh formulasi termasuk kategori antioksidan sangat kuat. Formula F3 merupakan formulasi terbaik dan berpotensi dikembangkan sebagai minuman fungsional berbasis bahan alam lokal. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas produk serta aktivitas antioksidan secara in vivo.

Kata Kunci: andaliman, aktivitas antioksidan, metode DPPH, kopi arabika, Kopi fermentasi.



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v9i2.1634>

Article History:

Received: 04/03/2026,
Revised: 28/06/2026
Accepted: 28/06/2026,
Available Online : 30/06/2026.

QR access this Article



Pendahuluan

Radikal bebas merupakan molekul yang memiliki elektron tidak berpasangan sehingga bersifat sangat reaktif dan dapat menyebabkan kerusakan sel melalui proses stres oksidatif. Akumulasi radikal bebas dalam tubuh berperan dalam patogenesis berbagai penyakit degeneratif, seperti diabetes melitus, hipertensi, penyakit kardiovaskular, dan kanker. Salah satu upaya untuk menghambat efek radikal bebas adalah melalui konsumsi antioksidan alami yang mampu mendonorkan elektron sehingga menstabilkan radikal bebas dan menghambat reaksi oksidasi berantai [1].

Kopi arabika (*Coffea arabica* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan Indonesia yang tidak hanya memiliki nilai ekonomi tinggi, tetapi juga mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti asam klorogenat, flavonoid, polifenol, tanin, dan kafein yang berperan sebagai antioksidan alami [2]. Namun demikian, proses pengolahan kopi secara konvensional dapat menyebabkan penurunan kadar beberapa senyawa bioaktif sehingga diperlukan inovasi pengolahan yang mampu mempertahankan bahkan meningkatkan aktivitas antioksidannya.

Salah satu metode yang banyak dikembangkan untuk meningkatkan kandungan senyawa bioaktif adalah fermentasi. Proses fermentasi melibatkan aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan enzim, seperti amilase, protease, dan selulase, sehingga mampu menghidrolisis senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana serta meningkatkan pelepasan senyawa fenolik bebas. Peningkatan kadar senyawa fenolik tersebut diketahui berkontribusi terhadap meningkatnya aktivitas antioksidan pada berbagai produk pangan fermentasi [3].

Pada penelitian ini fermentasi dilakukan menggunakan ragi tape sebagai starter. Ragi tape mengandung berbagai mikroorganisme, antara lain *Saccharomyces cerevisiae*, *Amylomyces rouxii*, dan *Rhizopus oryzae*, yang berperan dalam proses fermentasi serta pembentukan senyawa bioaktif. Beberapa penelitian melaporkan bahwa fermentasi menggunakan ragi tape mampu meningkatkan kandungan total fenol dan aktivitas antioksidan pada berbagai bahan pangan melalui peningkatan bioavailabilitas senyawa fenolik [4]. Selain proses fermentasi, peningkatan aktivitas antioksidan juga dapat dilakukan melalui penambahan bahan alami yang kaya akan senyawa bioaktif. Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) merupakan rempah khas Sumatera Utara yang diketahui mengandung flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, terpenoid, serta minyak atsiri yang memiliki aktivitas antioksidan. Keberadaan senyawa-senyawa tersebut menjadikan andaliman berpotensi digunakan sebagai sumber antioksidan alami dalam pengembangan pangan fungsional [5].

Beberapa penelitian telah melaporkan aktivitas antioksidan kopi maupun andaliman secara terpisah. Namun, penelitian mengenai kombinasi kopi arabika hasil fermentasi dengan penambahan andaliman masih sangat terbatas. Selain itu, belum tersedia informasi mengenai formulasi yang mampu menghasilkan aktivitas antioksidan optimum tanpa mengurangi karakteristik sensori produk. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh variasi penambahan andaliman terhadap aktivitas antioksidan kopi arabika hasil fermentasi. Aktivitas antioksidan pada penelitian ini ditentukan menggunakan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), sedangkan karakteristik produk dievaluasi melalui pengujian organoleptik, pH, dan uji hedonik. Metode DPPH dipilih karena memiliki sensitivitas yang baik, prosedur sederhana, serta banyak digunakan untuk menentukan kemampuan suatu senyawa dalam meredam radikal bebas yang dinyatakan sebagai nilai IC₅₀. Semakin kecil nilai IC₅₀, semakin kuat aktivitas antioksidan suatu sampel [6].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan berbagai formulasi kopi arabika hasil fermentasi dengan penambahan andaliman, menentukan formulasi yang memiliki aktivitas antioksidan terbaik, serta mengevaluasi karakteristik fisik dan tingkat penerimaan

panelis terhadap produk yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan minuman fungsional berbasis kopi fermentasi dan andaliman sebagai pemanfaatan bahan alam lokal yang bernilai tambah.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah kopi arabika merah (*Coffea arabica* L.) dan buah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). Bahan lain yang digunakan meliputi ragi tape NKL (Na Kok Liong) sebagai starter fermentasi, akuades, etanol pro analisis (p.a.), vitamin C sebagai pembanding, serbuk 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), serta pereaksi fitokimia yang terdiri atas pereaksi Mayer, Dragendorff, Bouchardat, magnesium, asam klorida pekat, besi (III) klorida (FeCl_3) 5%, pereaksi Molisch, dan pereaksi Liebermann–Burchard.

Peralatan yang digunakan meliputi spektrofotometer UV-Visible, timbangan analitik, timbangan digital, pH meter, blender, vortex mixer, gelas ukur, labu ukur, erlenmeyer, gelas beker, pipet volume, pipet ukur, corong, kertas saring V60, toples fermentasi, plastik zipper, kompor, lemari pendingin, serta peralatan gelas laboratorium lainnya.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan enam formulasi yang dibedakan berdasarkan jumlah andaliman yang ditambahkan pada kopi arabika hasil fermentasi. Formula yang digunakan terdiri atas F0 (kontrol), F1, F2, F3, F4, dan F5. Tahapan penelitian meliputi identifikasi bahan, fermentasi kopi, pembuatan maserat air, skrining fitokimia, pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH, pengukuran pH, pengamatan organoleptik, uji hedonik, dan analisis data.

Pembuatan Kopi Arabika Hasil Fermentasi

Buah kopi arabika merah yang telah disortasi dicuci menggunakan air mengalir, kemudian ditimbang sesuai kebutuhan penelitian. Fermentasi tahap pertama dilakukan dengan menambahkan ragi tape sebanyak 1% (b/b) dari berat kopi, kemudian difermentasi selama 48 jam pada suhu ruang di dalam wadah tertutup.

Setelah fermentasi tahap pertama selesai, buah andaliman yang telah dibersihkan dan dihaluskan ditambahkan sesuai formulasi penelitian, kemudian dilakukan fermentasi tahap kedua selama 24 jam pada suhu dingin ($\pm 4^\circ\text{C}$). Selanjutnya hasil fermentasi dikeringkan, digiling hingga menjadi serbuk, dan disimpan dalam wadah tertutup hingga digunakan pada proses ekstraksi.

Pembuatan Maserat Air

Serbuk kopi arabika hasil fermentasi diekstraksi menggunakan akuades panas. Campuran kemudian diaduk hingga homogen dan didiamkan selama beberapa menit sebelum disaring menggunakan kertas saring V60 untuk memperoleh filtrat. Filtrat yang diperoleh digunakan sebagai maserat air untuk seluruh pengujian, termasuk skrining fitokimia, aktivitas antioksidan, pengukuran pH, dan evaluasi organoleptik.

Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan secara kualitatif terhadap kopi arabika hasil fermentasi dan andaliman untuk mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder. Pengujian meliputi alkaloid menggunakan pereaksi Mayer, Dragendorff, dan Bouchardat; flavonoid menggunakan serbuk magnesium dan asam klorida pekat; saponin menggunakan metode pembentukan busa; tanin menggunakan larutan FeCl_3 5%; glikosida menggunakan pereaksi Molisch; serta steroid/triterpenoid menggunakan pereaksi Liebermann–Burchard. Terbentuknya perubahan warna atau endapan sesuai karakteristik masing-masing pereaksi menunjukkan adanya senyawa metabolit sekunder yang diuji.

Uji Aktivitas Antioksidan Metode DPPH

Aktivitas antioksidan ditentukan menggunakan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) berdasarkan kemampuan sampel meredam radikal bebas DPPH. Sebelum pengujian dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum dan operating time larutan DPPH menggunakan spektrofotometer UV-Visible.

Larutan DPPH dibuat pada konsentrasi 40 ppm menggunakan etanol p.a. dan disimpan dalam botol gelap untuk menghindari degradasi akibat cahaya. Maserat air kopi hasil fermentasi dibuat sebagai larutan induk 1000 ppm, kemudian diencerkan menjadi larutan kerja sehingga diperoleh seri konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm untuk masing-masing formulasi (F0, F1, F2, F3, F4, dan F5).

Sebanyak 2 mL larutan sampel dicampurkan dengan 2 mL larutan DPPH 40 ppm, kemudian dihomogenkan menggunakan vortex selama ± 30 detik. Campuran selanjutnya diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang dalam kondisi gelap agar reaksi antara antioksidan dan radikal DPPH berlangsung secara optimal. Kontrol (blanko reaksi) terdiri atas campuran larutan DPPH dan etanol p.a. tanpa penambahan sampel. Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Visible pada panjang gelombang maksimum DPPH.

Persentase penghambatan radikal bebas dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{kontrol}}} \times 100\%$$

Keterangan:

A kontrol = absorbansi larutan DPPH tanpa sampel

A sampel = absorbansi larutan DPPH yang mengandung sampel

Hubungan antara konsentrasi sampel dan persentase inhibisi dibuat dalam bentuk kurva regresi linear sehingga diperoleh persamaan regresi ($y = bx + a$). Nilai IC_{50} dihitung menggunakan persamaan regresi dengan mensubstitusikan nilai $y = 50$, yaitu konsentrasi sampel yang mampu menghambat 50% radikal DPPH. Semakin kecil nilai IC_{50} menunjukkan semakin kuat aktivitas antioksidan sampel.

Pengujian Organoleptik, pH, dan Hedonik

Karakteristik fisik produk diamati melalui pengujian organoleptik yang meliputi warna, aroma, dan rasa. Derajat keasaman (pH) diukur menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi sebelum digunakan. Uji hedonik dilakukan terhadap 30 panelis tidak terlatih menggunakan skala hedonik 1–5, yaitu sangat tidak suka (1), tidak suka (2), cukup suka (3), suka (4), dan sangat suka (5). Parameter yang dinilai meliputi warna, aroma, dan rasa untuk mengetahui tingkat penerimaan panelis terhadap setiap formulasi.

Hasil dan Pembahasan

Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada kopi arabika (*Coffea arabica* L.) hasil fermentasi dan andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua bahan mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder yang berpotensi memberikan aktivitas antioksidan, yaitu alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, serta steroid/triterpenoid. Hasil lengkap skrining fitokimia disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Skrining Fitokimia Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.)

No.	Senyawakimia	Reagen	Warna yang terbentuk	Hasil
1.	Alkaloid	Bouchardat	Merahpekat	-
		Dragendrof	Jingga	+
		Mayer	Kuning	+
2.	Flavonoid	Zn+HCl(p)	Bening	-
3.	Saponin	Mg+HCl(p)	Kuning-Jingga	+
		Air panas+ HCl2N	Berbusa	+
4.	Tanin	FeCl35%	Coklat kehijauan	+
5.	Glikosida	Lieberman-Bouchardat	coklat	-
		Molish	Endapan Coklat	-
6.	Steroid/ Triterpenoid	Lieberman-Bouchardat	Kehijauan(pirus)	+

Keterangan: (+) mengandung senyawa, (-) tidak mengandung senyawa

Tabel 2. Hasil Skrining Fitokomia Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.)

No.	Senyawa kimia	Reagen	Warna yang terbentuk	Hasil
1.	Alkaloid	Bouchardat	Endapan Coklat	+
		Dragendrof	Jingga	+
		Mayer	Kuning	+
2.	Flavonoid	Zn + HCl (p)	Bening	-
		Mg + HCl (P)	Kuning-Jingga	+
3.	Saponin	Air panas + HCl 2 N	Berbusa	+
4.	Tanin	FeCl ₃ 5 %	Coklat kehijauan	+
5.	Glikosida	Molish	Endapan Coklat	-
6.	Steroid/ Triterpenoid	Lieberman-Bouchardat	Kehijauan (pirus)	+

Keterangan: (+) mengandung senyawa, (-) tidak mengandung senyawa

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, kopi arabika hasil fermentasi maupun andaliman menunjukkan hasil positif terhadap hampir seluruh golongan metabolit sekunder yang diuji, yaitu alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, glikosida, serta steroid/triterpenoid. Keberadaan berbagai metabolit sekunder tersebut menunjukkan bahwa kedua bahan memiliki potensi sebagai sumber antioksidan alami.

Flavonoid merupakan kelompok senyawa fenolik yang banyak dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan tinggi. Senyawa ini bekerja dengan mendonorkan atom hidrogen atau elektron kepada radikal bebas sehingga membentuk senyawa yang lebih stabil dan menghentikan reaksi oksidasi berantai. Tanin juga berperan sebagai antioksidan melalui gugus hidroksil fenolik yang mampu menangkap radikal bebas serta menghambat proses peroksidasi lipid. Selain itu, alkaloid diketahui memiliki kemampuan sebagai penangkap radikal bebas melalui mekanisme transfer elektron, sedangkan saponin dan steroid/triterpenoid berkontribusi terhadap berbagai aktivitas biologis, termasuk melindungi sel dari kerusakan akibat stres oksidatif [12]. Keberadaan berbagai golongan metabolit sekunder tersebut diduga memberikan efek sinergis terhadap aktivitas antioksidan kopi arabika hasil fermentasi dengan penambahan andaliman.

Proses fermentasi juga diperkirakan berkontribusi terhadap peningkatan ketersediaan senyawa bioaktif. Aktivitas mikroorganisme selama fermentasi menghasilkan enzim hidrolitik yang mampu memecah ikatan kompleks pada matriks bahan sehingga senyawa fenolik yang semula berada dalam bentuk terikat menjadi lebih mudah dilepaskan. Kondisi tersebut meningkatkan bioavailabilitas senyawa fenolik dan berpotensi meningkatkan kemampuan antioksidan produk akhir [5].

Hasil skrining fitokimia pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Anam et al. (2023) [6] yang melaporkan bahwa andaliman mengandung flavonoid, alkaloid, tanin, dan terpenoid yang berkontribusi terhadap tingginya aktivitas antioksidan. Demikian pula, Hijayanti et al. (2023) [3] menyatakan bahwa kopi arabika merupakan sumber senyawa fenolik yang berperan penting sebagai antioksidan alami. Hasil skrining fitokimia tersebut juga mendukung hasil pengujian aktivitas antioksidan pada penelitian ini yang menunjukkan bahwa seluruh formulasi memiliki kemampuan menangkap radikal bebas dalam kategori sangat kuat. Dengan demikian, kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada kopi arabika hasil fermentasi dan andaliman diduga berperan penting dalam menghasilkan aktivitas antioksidan, sedangkan kombinasi kedua bahan diperkirakan mampu meningkatkan aktivitas tersebut melalui efek sinergis antar senyawa bioaktif.

Hasil Uji Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan pada penelitian ini ditentukan menggunakan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Metode ini didasarkan pada kemampuan senyawa antioksidan dalam mendonorkan atom hidrogen atau elektron kepada radikal DPPH sehingga radikal bebas tersebut berubah menjadi bentuk yang lebih stabil. Reaksi tersebut ditandai dengan perubahan warna larutan DPPH dari ungu menjadi kuning pucat yang diikuti dengan penurunan nilai absorbansi. Semakin besar penurunan absorbansi, semakin tinggi kemampuan sampel dalam meredam radikal bebas.

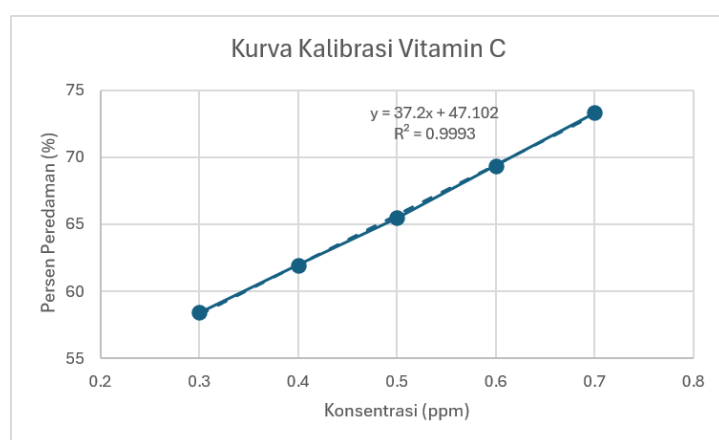
Nilai absorbansi sampel yang lebih rendah dibandingkan kontrol DPPH menunjukkan bahwa senyawa antioksidan dalam sampel mampu mereduksi radikal DPPH menjadi bentuk nonradikal sehingga intensitas warna ungu menurun. Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi sampel maka absorbansi semakin kecil dan persentase inhibisi meningkat. Pola tersebut menunjukkan bahwa reaksi berlangsung sesuai dengan mekanisme penghambatan radikal bebas menggunakan metode DPPH. Dengan demikian, penurunan

absorbansi yang diamati pada seluruh formulasi mencerminkan meningkatnya kemampuan antioksidan dalam menangkap radikal bebas DPPH.

Larutan DPPH diukur menggunakan spektrofotometer UV-Visible setelah direaksikan dengan vitamin C maupun masing-masing formulasi kopi arabika hasil fermentasi selama 30 menit dalam kondisi gelap. Persentase penghambatan dihitung berdasarkan selisih absorbansi larutan kontrol DPPH terhadap absorbansi sampel. Nilai persentase inhibisi kemudian diplot terhadap konsentrasi sampel sehingga diperoleh persamaan regresi linear untuk menghitung nilai IC_{50} .

Tabel 3. Nilai Absorbansi dan Persentase Inhibisi Vitamin C

Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbansi	% Inhibisi
0,3	0,388	58,41
0,4	0,355	61,95
0,5	0,322	65,49
0,6	0,286	69,35
0,7	0,249	73,31



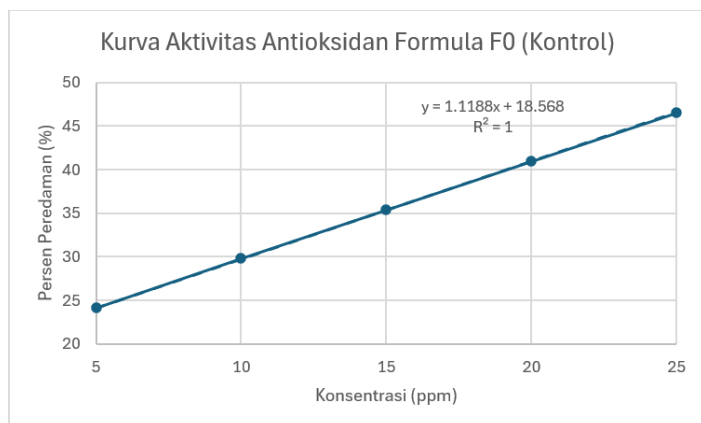
Gambar 1. Hasil Pengukuran Absorbansi Vitamin C

Vitamin C digunakan sebagai kontrol positif karena merupakan antioksidan murni yang memiliki kemampuan tinggi dalam meredam radikal bebas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi vitamin C diikuti oleh peningkatan persentase inhibisi, yang ditunjukkan dengan menurunnya nilai absorbansi. Persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = 37,16x + 47,12$ dengan nilai IC_{50} sebesar 0,08 $\mu\text{g/mL}$, sehingga vitamin C termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Absorbansi F0 (Kontrol)

Konsentrasi(ppm)	Absorbansi	%peredaman
5	0.708	24.12
10	0.655	29.8
15	0.603	35.37
20	0.551	40.94
25	0.499	46.52

Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi F0 (Kontrol), terlihat bahwa peningkatan konsentrasi menyebabkan nilai absorbansi semakin menurun, sedangkan persentase peredaman radikal bebas meningkat. Hasil analisis regresi linear menghasilkan nilai IC_{50} sebesar 28,09 $\mu\text{g/mL}$, sehingga F0 (Kontrol) termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat.

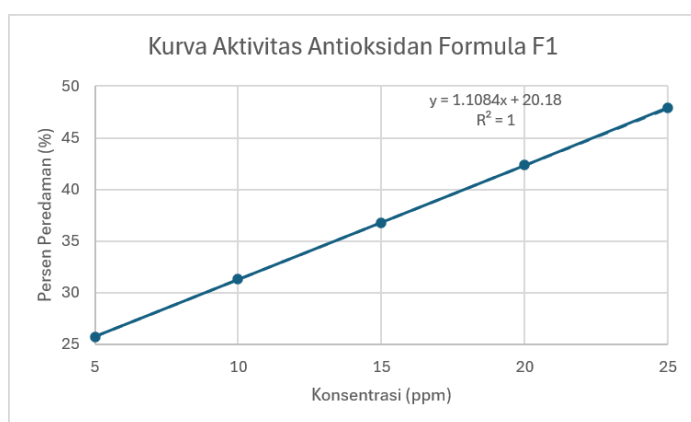


Gambar 2. Hasil Pengukuran Absorbansi F0 (Kontrol)

Tabel 5. Hasil Pengukuran Absorbansi F1 (Kopi Fermentasi dengan Ragi Tape)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	% peredaman
5	0.693	25.72
10	0.641	31.3
15	0.59	36.76
20	0.538	42.34
25	0.486	47.91

Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi F1, terlihat bahwa peningkatan konsentrasi menyebabkan penurunan nilai absorbansi disertai peningkatan persentase peredaman radikal bebas. Hasil analisis regresi linear menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 26,90 $\mu\text{g/mL}$, sehingga F1 termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat.

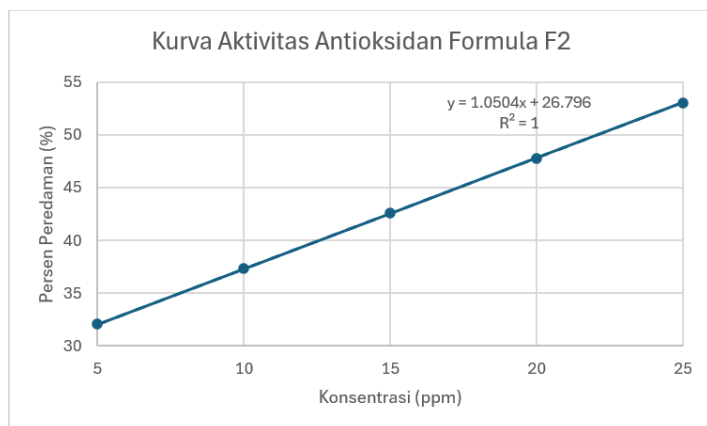


Gambar 3. Hasil Pengukuran Absorbansi F1 (Kopi Fermentasi dengan Ragi Tape)

Tabel 6. Hasil Pengukuran Absorbansi F2

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	% peredaman
5	0.634	32.05
10	0.585	37.3
15	0.536	42.55
20	0.487	47.8
25	0.438	53.06

Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi F2, terlihat bahwa peningkatan konsentrasi mengakibatkan nilai absorbansi semakin menurun dan persentase peredaman radikal bebas semakin meningkat. Hasil analisis regresi linear menghasilkan nilai IC_{50} sebesar 22,10 $\mu\text{g/mL}$, sehingga F2 termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat.

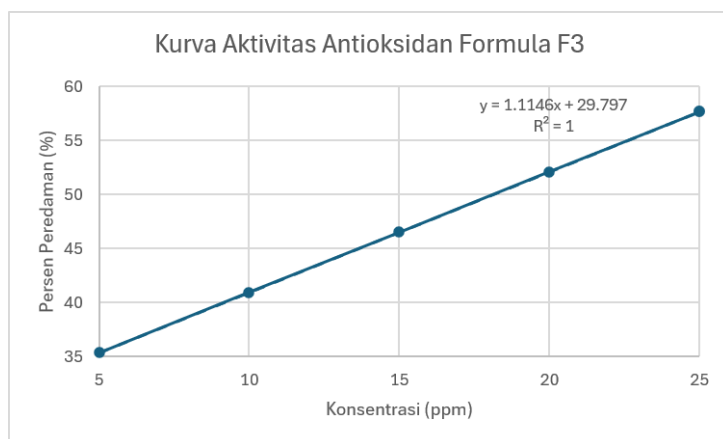


Gambar 4. Hasil Pengukuran Absorbansi F2

Tabel 7. Hasil Pengukuran Absorbansi F3

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	% peredaman
5	0.603	35.37
10	0.551	40.94
15	0.499	46.52
20	0.447	52.09
25	0.395	57.66

Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi F3, terlihat bahwa peningkatan konsentrasi menyebabkan nilai absorbansi terus menurun, sedangkan persentase peredaman radikal bebas meningkat secara bertahap. Hasil analisis regresi linear menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 17,49 $\mu\text{g/mL}$, sehingga F3 memiliki aktivitas antioksidan tertinggi di antara seluruh formulasi dan termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat.

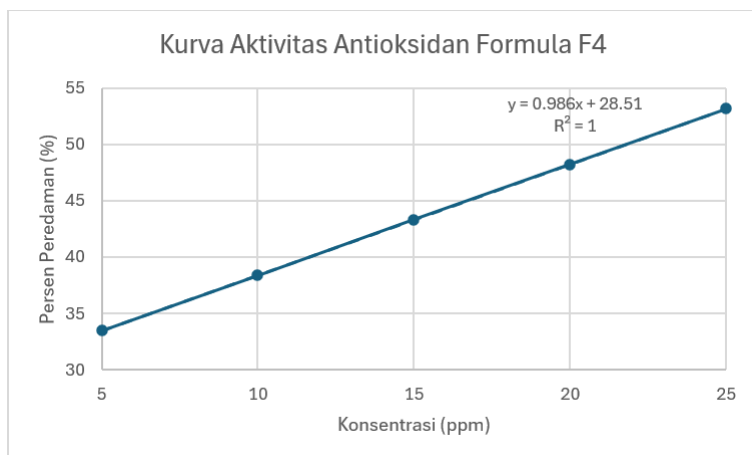


Gambar 5. Hasil Pengukuran Absorbansi F3

Tabel 8. Hasil Pengukuran Absorbansi F4

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	% peredaman
5	0.621	33.44
10	0.575	38.37
15	0.529	43.3
20	0.483	48.23
25	0.437	53.16

Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi F4, peningkatan konsentrasi menyebabkan nilai absorbansi menurun dan persentase peredaman radikal bebas meningkat. Hasil analisis regresi linear menghasilkan nilai IC_{50} sebesar 21,79 $\mu\text{g/mL}$, sehingga F4 termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat.

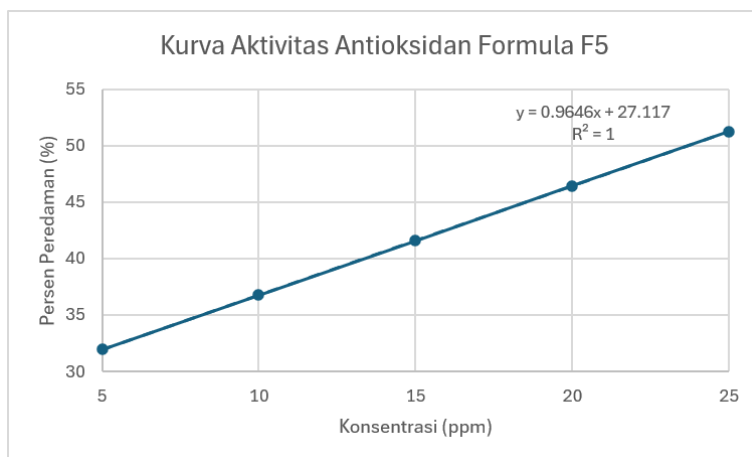


Gambar 6. Hasil Pengukuran Absorbansi F4

Tabel 9. Hasil Pengukuran Absorbansi F5

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	% peredaman
5	0.635	31.94
10	0.59	36.76
15	0.545	41.59
20	0.5	46.41
25	0.455	51.23

Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi F5, terlihat bahwa peningkatan konsentrasi menyebabkan nilai absorbansi semakin menurun dan persentase peredaman radikal bebas semakin meningkat. Hasil analisis regresi linear menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 23,71 $\mu\text{g/mL}$, sehingga F5 termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat.



Gambar 7. Hasil Pengukuran Absorbansi F5

Hasil pengujian aktivitas antioksidan pada seluruh formulasi kopi arabika hasil fermentasi dengan penambahan andaliman disajikan pada Tabel 4.

Tabel 10. Persamaan regresi dan nilai IC_{50} formulasi kopi arabika hasil fermentasi

Formula	Persamaan Regresi	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)	Kategori
F0 (Kontrol)	$y = 1,119x + 18,57$	28,09	Sangat kuat
F1	$y = 1,108x + 20,19$	26,90	Sangat kuat
F2	$y = 1,050x + 26,80$	22,10	Sangat kuat
F3	$y = 1,395x + 25,60$	17,49	Sangat kuat
F4	$y = 0,986x + 28,51$	21,79	Sangat kuat
F5	$y = 0,965x + 27,12$	23,71	Sangat kuat

Keterangan: Aktivitas antioksidan dikategorikan sangat kuat apabila memiliki nilai $IC_{50} < 50 \mu\text{g/mL}$.

Berdasarkan Tabel 10, seluruh formulasi menunjukkan nilai IC_{50} kurang dari 50 $\mu\text{g/mL}$ sehingga termasuk kategori antioksidan sangat kuat. Hal ini menunjukkan bahwa proses fermentasi yang dikombinasikan dengan penambahan andaliman mampu menghasilkan produk dengan kapasitas penangkapan radikal bebas yang tinggi. Di antara seluruh formulasi, F3 menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC_{50} sebesar 17,49 $\mu\text{g/mL}$. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan F4 (21,79 $\mu\text{g/mL}$), F2 (22,10 $\mu\text{g/mL}$), F5 (23,71 $\mu\text{g/mL}$), F1 (26,90 $\mu\text{g/mL}$), maupun F0 (Kontrol) sebesar 28,09 $\mu\text{g/mL}$. Semakin rendah nilai IC_{50} menunjukkan bahwa konsentrasi sampel yang diperlukan untuk menghambat 50% radikal DPPH semakin kecil, sehingga kemampuan antioksidannya semakin tinggi.

Peningkatan aktivitas antioksidan pada formulasi F3 diduga disebabkan oleh komposisi kopi arabika hasil fermentasi dan andaliman yang menghasilkan keseimbangan senyawa bioaktif paling optimal. Selama proses fermentasi, mikroorganisme pada ragi tape menghasilkan enzim hidrolitik, seperti amilase, protease, dan selulase, yang mampu melepaskan senyawa fenolik dari bentuk terikat menjadi bentuk bebas. Peningkatan kandungan senyawa fenolik bebas tersebut meningkatkan kemampuan sampel dalam mendonorkan elektron kepada radikal DPPH sehingga aktivitas antioksidan menjadi lebih tinggi. Selain itu, andaliman diketahui mengandung flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, dan terpenoid yang juga berperan sebagai antioksidan alami. Flavonoid dan tanin bekerja melalui mekanisme donasi atom hidrogen atau elektron untuk menstabilkan radikal bebas, sedangkan alkaloid dan terpenoid turut berkontribusi dalam menghambat reaksi oksidasi. Interaksi berbagai senyawa bioaktif tersebut diduga menghasilkan efek sinergis yang meningkatkan kemampuan peredaman radikal bebas pada formulasi F3.

Meskipun penambahan andaliman mampu meningkatkan aktivitas antioksidan dibandingkan formulasi kontrol, peningkatan konsentrasi andaliman tidak selalu diikuti oleh penurunan nilai IC_{50} secara linier. Formulasi F4 dan F5 memiliki kandungan andaliman yang lebih tinggi, tetapi menunjukkan nilai IC_{50} yang sedikit lebih besar dibandingkan F3. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas antioksidan dipengaruhi tidak hanya oleh jumlah andaliman yang ditambahkan, tetapi juga oleh keseimbangan komposisi senyawa bioaktif serta kemungkinan terjadinya interaksi sinergis maupun antagonis selama proses fermentasi dan formulasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi fermentasi kopi arabika dan penambahan andaliman mampu meningkatkan kapasitas antioksidan dibandingkan formulasi kontrol. Temuan ini mendukung pemanfaatan andaliman sebagai bahan tambahan alami dalam pengembangan minuman fungsional berbasis kopi yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi.

Uji Organoleptik

Pengamatan organoleptik dilakukan secara deskriptif terhadap warna, aroma, dan rasa untuk mengetahui karakteristik fisik kopi arabika hasil fermentasi dengan penambahan andaliman. Hasil pengamatan organoleptik disajikan pada Tabel 11.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Organoleptik Kopi Arabika Hasil Fermentasi dengan Penambahan Andaliman

No.	Formula	Warna	Rasa	Aroma
1.	F0 (Kontrol)	Coklat kehitaman	Pahit	Khas
2.	F1	Coklat kehitaman	Pahit	Khas
3.	F2	Coklat kehitaman	Pahit	Khas
4.	F3	Coklat kehitaman	Pahit	Khas
5.	F4	Coklat kehitaman	Pahit	Khas
6.	F5	Coklat	Pahit	Khas

Berdasarkan Tabel 11, seluruh formulasi memiliki karakteristik warna coklat kehitaman yang merupakan warna khas kopi hasil proses penyangraian, kecuali formulasi F5 yang menunjukkan warna coklat lebih terang. Perbedaan warna tersebut diduga dipengaruhi oleh komposisi andaliman yang ditambahkan pada setiap formulasi. Seluruh formulasi memiliki aroma khas kopi dengan sedikit nuansa rempah dari andaliman serta cita rasa pahit yang merupakan karakteristik alami kopi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penambahan andaliman tidak menyebabkan perubahan yang nyata terhadap karakteristik organoleptik utama produk, sehingga seluruh formulasi masih memiliki karakteristik sensori khas kopi fermentasi.

Nilai pH Kopi Fermentasi

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter mutu yang memengaruhi cita rasa, stabilitas, serta kualitas produk minuman. Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh fermentasi dan penambahan andaliman terhadap karakteristik kimia kopi arabika hasil fermentasi. Hasil pengukuran pH disajikan pada Tabel 12.

Tabel 5. Hasil Uji pH

No.	Formula	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata-rata
1.	F0 (Kontrol)	4.05	4.01	4.05	4.03
2.	F1	4.01	4.06	4.07	4.04
3.	F2	4.01	4.01	4.01	4.01
4.	F3	4.01	4.01	4.01	4.01
5.	F4	4.05	4.09	4.01	4.05
6.	F5	4.01	4.01	4.05	4.02

Berdasarkan Tabel 12, seluruh formulasi memiliki nilai pH berkisar antara **4,01–4,05**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kopi arabika hasil fermentasi bersifat asam, yang merupakan karakteristik umum produk hasil fermentasi. Keasaman tersebut dipengaruhi oleh terbentuknya berbagai asam organik sebagai hasil metabolisme mikroorganisme selama proses fermentasi menggunakan ragi tape. Nilai pH yang relatif seragam pada seluruh formulasi menunjukkan bahwa penambahan andaliman pada berbagai konsentrasi tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap derajat keasaman produk. Kisaran pH tersebut masih sesuai dengan karakteristik minuman kopi fermentasi dan berperan dalam menjaga stabilitas senyawa bioaktif selama penyimpanan.

Uji Hedonik

Uji hedonik dilakukan menggunakan 30 panelis tidak terlatih untuk mengetahui tingkat penerimaan terhadap warna, aroma, dan rasa kopi arabika hasil fermentasi dengan penambahan andaliman. Penilaian dilakukan menggunakan skala hedonik lima tingkat, yaitu sangat tidak suka (1), tidak suka (2), cukup suka (3), suka (4), dan sangat suka (5). Hasil uji hedonik disajikan pada Tabel 13.

Tabel 6. Hasil Uji Hedonik Kopi Arabika Hasil Fermentasi dengan Penambahan Andaliman

No	Formula	Warna	Aroma	Rasa
1	F0 (Kontrol)	4.2	3.92	3.96
2	F1	4.04	3.96	3.96
3	F2	3.96	3.96	3.84
4	F3	3.96	3.92	3.84
5	F4	3.96	4.08	3.84
6	F5	4	4.08	3.8

Berdasarkan Tabel 13, seluruh formulasi memperoleh nilai rata-rata pada kategori disukai, yang menunjukkan bahwa kopi arabika hasil fermentasi dengan penambahan andaliman dapat diterima oleh panelis. Pada parameter warna, formulasi F0 (Kontrol) memperoleh skor tertinggi sebesar 4,20, sedangkan pada parameter aroma skor tertinggi diperoleh F4 dan F5, masing-masing sebesar 4,08. Untuk parameter rasa, nilai tertinggi diperoleh oleh F0 (Kontrol) dan F1, yaitu sebesar 3,96.

Menariknya, formulasi F3 yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC₅₀ sebesar 17,49 µg/mL tidak menunjukkan skor hedonik tertinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas antioksidan tidak selalu diikuti oleh peningkatan tingkat kesukaan panelis. Penambahan andaliman mampu meningkatkan kandungan senyawa bioaktif yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan, namun pada konsentrasi tertentu juga dapat memengaruhi karakteristik sensori, terutama rasa dan aroma. Oleh karena itu, formulasi terbaik dalam penelitian ini ditetapkan berdasarkan aktivitas antioksidan, sedangkan hasil uji hedonik digunakan sebagai informasi mengenai tingkat penerimaan konsumen terhadap masing-masing formulasi.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan andaliman pada kopi arabika hasil fermentasi memberikan pengaruh terhadap peningkatan aktivitas antioksidan berdasarkan metode DPPH. Seluruh formulasi menunjukkan aktivitas antioksidan dengan kategori sangat kuat berdasarkan nilai IC_{50} yang diperoleh. Formula F0 (Kontrol) memiliki nilai IC_{50} sebesar 28,09 $\mu\text{g/mL}$, F1 sebesar 26,90 $\mu\text{g/mL}$, F2 sebesar 22,10 $\mu\text{g/mL}$, F3 sebesar 17,49 $\mu\text{g/mL}$, F4 sebesar 21,79 $\mu\text{g/mL}$, dan F5 sebesar 23,71 $\mu\text{g/mL}$. Formula F3 menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi dibandingkan formulasi lainnya dengan nilai IC_{50} paling rendah, yaitu 17,49 $\mu\text{g/mL}$. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi kopi arabika hasil fermentasi dengan penambahan andaliman pada formula F3 mampu meningkatkan kemampuan penangkapan radikal bebas DPPH. Peningkatan aktivitas antioksidan diduga berkaitan dengan keberadaan senyawa bioaktif seperti fenolik dan flavonoid yang berasal dari bahan baku kopi fermentasi maupun andaliman. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa formula F3 berpotensi dikembangkan sebagai minuman fungsional dengan aktivitas antioksidan yang sangat kuat. Namun, penelitian lanjutan masih diperlukan untuk mengevaluasi stabilitas senyawa bioaktif selama penyimpanan, karakteristik fisikokimia produk, serta pengujian aktivitas antioksidan secara *in vivo* untuk mengetahui potensi manfaat biologisnya.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam pelaksanaan penelitian, pengolahan data, penyusunan naskah, maupun publikasi artikel ilmiah ini.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Farmasi dan Kesehatan Universitas Tjut Nyak Dhien Medan yang telah memberikan fasilitas laboratorium serta dukungan selama pelaksanaan penelitian.

Referensi

- [1] World Health Organization. Global report on hypertension: the race against a silent killer. World Health Organization; 2023.
- [2] Tahir HE, Xiaobo Z, Komla MG, Adam Mariod A. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) as a source of bioactive compounds. In: Wild fruits: Composition, nutritional value and products. Springer; 2019. p. 333–58.
- [3] Hijayanti R, Rahmat D, Djamil R. Analisis Senyawa Fitokimia, Organoleptik, Uji Aktivitas Inhibisi Enzim Tirosinase Minyak Biji Argan (*Argan spinosa* L.) dan Ekstrak Akar Murbei (*Morus Alba* L.) Sebagai Whitening Agent Pada Kulit. Ghidza J Gizi dan Kesehat. 2023;7(1):157–65.
- [4] Krisnawan AH, Budiono R. The effects of processing time on the total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of multi bulb and single bulb black garlic. J Teknol dan Ind Pangan (Journal Food Technol Ind. 2022;33(1):69–76.
- [5] Azkia MN, Cahyanto MN, Mayangsari Y, Brilliantama A, Palma M, Setyaningsih W. Enhancement of phenolic profile and antioxidant activity of black glutinous rice (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) due to tape fermentation. Arab J Chem. 2023;16(11):105275.
- [6] Anam K, Sirappa MP, Meilin A, Marda AB, Irawan NC, Handayani HT, et al. Budidaya tanaman kopi dan olahannya untuk kesehatan. Tohar Media; 2023.
- [7] Retnaningtyas Y, Wulandari L, Arrozi F. Aktivitas Antioksidan Fraksi Air dan Fraksi Eter Kombinasi Ekstrak Metanol Daun Kopi Arabika (*Coffea Arabica* L.) dan Kulit Batang Kayu Manis (*Cinnamomum Burmannii* Nees Ex Bi.): Antioxidant Activity of Water and Ether Fraction Combination of Arabica Coffee. J Tumbuh Obat Indones. 2023;16(1):11–8.
- [8] Karlina Y, Sukrasno S, Riyanti S, Hairunnisa H, Hilda H, Marselyun M. Pengaruh Variasi Pelarut Etanol-Air Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Tempe. J Kartika Kim. 2024;7(2):113–20.
- [9] Siregar IN. Pengaruh Penambahan Ekstrak Segar Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) Dan Lama Penyimpanan Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Tingkat Penerimaan Permen Jelly". 2021;

- [10] Nasution LR, Saragi DA, Permata YM. The Effect of Fermentation Time Variation on Antioxidant Activity of Fermented Robusta Coffee Leaves (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner) Brew. *Indones J Pharm Clin Res* [Internet]. 2024;6(2):19–25. Available from: <https://doi.org/10.32734/ijpcr.v6i2.14255>
- [11] Suenan NMDS, Antari NPU. Uji aktivitas antioksidan maserat air biji kopi (*Coffea canephora*) hijau pupuan dengan metode DPPH (2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil). *J Ilm Medicam*. 2020;6(2).
- [12] Harborne JB. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. Bandung: Penerbit ITB; 1987.
- [13] Farnsworth PL, Coble R. Deformation behavior of dense polycrystalline SiC. *J Am Ceram Soc*. 1966;49(5):264–8.
- [14] Molyneux P. The use of the sTabel free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J sci technol*. 2004;26(2):211–9.
- [15] Kedare SB, Singh RP. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *J Food Sci Technol*. 2011;48(4):412–22.
- [16] Hapsari M, Rizkiprilisa W, Sari A. Pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas antioksidan minuman fermentasi kombucha lengkuas merah (*Alpinia purpurata*): Effect of fermentation time on antioxidant activity of fermented drink kombucha red galangal (*Alpinia purpurata*). *Agromix*. 2021;12(2):146–9.
- [17] Ramalakshmi K, Kubra IR, Rao LJM. Physicochemical characteristics of green coffee: Comparison of graded and defective beans. *J Food Sci*. 2007;72(5):S333–7.