

Fermentation Driven Enhancement of Flavonoid, Phenolic, and Antioxidant Activity in *Melastoma malabathricum* Fruit

Maharani¹, Arif Setiawansyah^{2,3}, Mauritz Pandapotan Marpaung⁴, Meliasi Nora Prتامarta¹

¹Faculty of Pharmacy, Universitas Kader Bangsa, Palembang, Indonesia;

²Akademi Farmasi Cendikia Farma Husada, Bandar Lampung, Indonesia;

³Research Center for Natural Product Development and Downstream, PharmaSynthix Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia;

⁴STIKES Abdurahman, Palembang, Indonesia;

Article History

Received : February 14th, 2026

Revised : February 25th, 2026

Accepted : March 05th, 2026

*Corresponding Author: Arif Setiawansyah,

Akademi Farmasi Cendikia

Farma Husada, Bandar

Lampung, Indonesia;

Email:

arif12.setiawansyah@gmail.com

Abstract: Senggani (*Melastoma malabathricum* L.) is a fruit known for its high content of phenolic and flavonoid compounds, which contribute to its antioxidant properties and are highly affected by fermentation processes. This study investigated how aerobic and anaerobic fermentation influence the total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activity of senggani fruit extracts. The experiment involved aerobic fermentation without yeast and anaerobic fermentation with yeast, both conducted for three days. Total phenolics were quantified using the Folin–Ciocalteu assay, total flavonoids were measured via the aluminum chloride colorimetric method, and antioxidant activity was evaluated through the DPPH radical scavenging assay using UV–Vis spectrophotometry. The findings indicated that aerobic fermentation resulted in greater total phenolic (16.45 mg GAE/g) and flavonoid levels (16.95 mg QE/g), along with stronger antioxidant activity (IC₅₀ 55.37 ppm), compared to anaerobic fermentation. In contrast, anaerobic treatment yielded lower phenolic (11.77 mg GAE/g) and flavonoid contents (11.53 mg QE/g) and reduced antioxidant capacity (IC₅₀ 59.86 ppm). Overall, the results suggest that fermentation conditions play a crucial role in shaping the bioactive composition and antioxidant performance of senggani extracts, with aerobic fermentation showing better potential for developing functional and nutraceutical products.

Keywords: Antioxidant, fermentation, flavonoid, *Melastoma malabathricum*, phenolic.

Pendahuluan

Tanaman senggani (*Melastoma malabathricum* L.) merupakan tanaman liar tropis dari famili Melastomataceae yang telah lama dikenal memiliki berbagai aktivitas farmakologis, antara lain sebagai antibakteri (Elvy Susanti et al., 2025), antijamur (Mayasari & Meiliani, 2025), antiinflamasi (He et al., 2022), dan antioksidan (Ismail et al., 2021). Buah senggani dilaporkan kaya akan metabolit sekunder, khususnya senyawa fenolik dan flavonoid (Aparja et al., 2025), yang

berperan penting dalam aktivitas antioksidan melalui mekanisme penangkapan radikal bebas dan penghambatan reaksi oksidatif penyebab kerusakan sel (Rudrapal et al., 2022; Zahra et al., 2024). Potensi ini menjadikan buah senggani sebagai sumber antioksidan alami yang prospektif untuk pengembangan pangan fungsional dan bahan baku farmasi. Namun demikian, pemanfaatan buah senggani masih relatif terbatas dan umumnya dilakukan melalui preparasi konvensional, yang belum optimal dalam meningkatkan ketersediaan hayati dan aktivitas biologis senyawa fenolik

dan flavonoidnya (Cristiana et al., 2021; Lee et al., 2022). Pendekatan ini belum sepenuhnya mampu mengoptimalkan ketersediaan hayati dan aktivitas biologis senyawa fenolik dan flavonoid buah senggani. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengolahan alternatif yang mampu meningkatkan kualitas bioaktif ekstrak buah senggani secara signifikan dan berkelanjutan.

Fermentasi dikenal sebagai salah satu pendekatan bioteknologi yang efektif dalam meningkatkan kualitas bioaktif bahan alam melalui proses biokonversi enzimatik, di mana senyawa kompleks diubah menjadi bentuk yang lebih sederhana dan memiliki aktivitas biologis yang lebih tinggi (Gaur & Gänzle, 2023; Hsu et al., 2025; Rusu et al., 2023). Sejumlah studi terkini melaporkan bahwa fermentasi dapat meningkatkan kadar fenolik dan flavonoid, serta memperkuat aktivitas antioksidan pada beragam bahan pangan dan tanaman obat (Herlina et al., 2024; Saputri et al., 2024).

Meskipun demikian, kajian yang secara spesifik dan komparatif mengevaluasi pengaruh kondisi fermentasi terhadap kadar fenolik dan flavonoid total, serta kekuatan antioksidan ekstrak buah senggani masih sangat terbatas dan belum dilaporkan secara komprehensif. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada aktivitas antioksidan atau karakterisasi fitokimia secara umum, penelitian ini secara sistematis membandingkan fermentasi aerob dan anaerob sebagai strategi bioproses untuk meningkatkan potensi antioksidan buah senggani. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah menilai dampak fermentasi terhadap kadar fenolik total, flavonoid total, serta aktivitas antioksidan ekstrak buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.). Hasil yang diperoleh diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah baru sekaligus menjadi landasan bagi pengembangan inovasi produk pangan fungsional dan fitofarmaka berbasis bahan alam lokal.

Bahan dan Metode

Bahan-bahan dan reagen

Bahan kimia dan reagen yang digunakan meliputi etanol (96%, Smart Lab, Indonesia);

magnesium, asam klorida (HCl), pereaksi Folin–Ciocalteu, metanol, besi(III) klorida (FeCl_3), kuersetin, asam galat, dan asam asetat (Merck, Germany); serta natrium karbonat dan 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma-Aldrich, Singapore).

Desain dan jenis penelitian

Penelitian ini dilakukan sebagai studi eksperimental di laboratorium dengan pendekatan *true experimental design* yang melibatkan satu variabel perlakuan, yakni kondisi fermentasi. Desain ini dipilih untuk mengevaluasi secara langsung dan terkontrol pengaruh fermentasi terhadap kadar fenolik dan flavonoid total, serta kemampuan antioksidan ekstrak buah senggani. Perlakuan yang diuji terdiri atas tiga kelompok, yaitu tanpa fermentasi (kontrol), fermentasi anaerob, dan fermentasi aerob.

Populasi, sampel, dan teknik sampling

Populasi penelitian adalah seluruh buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.) yang tumbuh liar di wilayah Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Sampel penelitian berupa buah senggani matang segar yang memenuhi kriteria inklusi, yaitu kondisi fisik utuh, tidak rusak, dan bebas kontaminasi. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan purposive sampling berdasarkan keseragaman morfologi dan tingkat kematangan buah untuk meminimalkan variasi biologis.

Pengumpulan bahan dan determinasi

Buah segar senggani (*Melastoma malabathricum* L.) dipanen dari Desa Riau, Kecamatan Riau Silip, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia, pada Mei 2025. Autentikasi botani bahan tanaman dilakukan oleh Prof. Dr. Etti Sartina Siregar, S.Si., M.Si., di Herbarium Medanense (MEDA), Laboratorium Sistematika Tumbuhan, Universitas Sumatera Utara (USU), Indonesia.

Preparasi sampel

Proses persiapan sampel mengacu pada metode yang dideskripsikan sebelumnya oleh Setiawansyah et al. (2025) dengan beberapa penyesuaian. Tahapan awal meliputi kontrol mutu bahan baku untuk memastikan kualitas sampel yang digunakan. Buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.) terlebih dahulu

disortasi secara basah untuk menghilangkan kotoran, kontaminan, dan bagian tanaman yang tidak diperlukan. Selanjutnya, buah dicuci lalu dikeringkan untuk menghilangkan sisa air dan kotoran.

Buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.) yang telah melalui tahap sortasi dan pembersihan dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan, yaitu tanpa fermentasi (kontrol), fermentasi anaerob, dan fermentasi aerob. Setiap perlakuan dilakukan menggunakan tiga ulangan biologis.

Fermentasi anaerob dilakukan dengan penambahan ragi *Saccharomyces cerevisiae* sebagai starter fermentasi dengan rasio sampel terhadap ragi sebesar 1:10 (b/b). Campuran kemudian ditempatkan dalam wadah tertutup untuk menciptakan kondisi anaerob dan difermentasi selama tiga hari pada suhu ruang. Selama proses fermentasi, wadah dijaga dalam kondisi tertutup rapat untuk meminimalkan paparan oksigen. Fermentasi aerob dilakukan tanpa penambahan ragi, di mana sampel diletakkan dalam wadah terbuka dan ditutup menggunakan kain hitam untuk memungkinkan pertukaran udara serta mencegah kontaminasi langsung, kemudian difermentasi selama tiga hari pada suhu ruang. Setelah proses fermentasi selesai, seluruh sampel dikeringkan hingga mencapai kadar air yang konstan dan selanjutnya digiling menjadi serbuk halus untuk tahap ekstraksi dan analisis lebih lanjut.

Pembuatan ekstrak

Maserasi digunakan sebagai metode pembuatan ekstrak dengan memanfaatkan etanol 96% sebagai pelarut. Serbuk buah senggani dari masing-masing kelompok perlakuan (kontrol, fermentasi anaerob, dan fermentasi aerob) ditimbang secara seksama sebanyak 200 g, kemudian direndam dalam 1 L etanol 96%. Rendaman kemudian dibiarkan selama 24 jam pada suhu ruang diikuti pengadukan berkala untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi. Setelah maserasi tahap pertama, campuran disaring untuk memisahkan filtrat dari residu. Residu selanjutnya dimaserasi ulang sebanyak dua kali menggunakan etanol 96% dengan volume yang sama untuk memperoleh ekstraksi senyawa bioaktif yang optimal. Seluruh filtrat dari setiap tahap maserasi digabungkan, kemudian dikonsentrasikan menggunakan rotary evaporator

pada suhu 45 °C dan kecepatan 70 rpm hingga diperoleh ekstrak kental. Rendemen ekstrak dihitung menggunakan persamaan 1.

$$\text{Rendamen (\%)} = \frac{\text{Bobo ekstrak kental}}{\text{Bobot simplisia}} \times 100 \quad (1)$$

Analisis kadar fenol total

Analisis kadar fenolik total (TPC) dilakukan menggunakan metode Folin–Ciocalteu yang diadaptasi dari Setiawansyah et al., (2024). Sebanyak 0,1 mL larutan standar asam galat (5, 10, 20, 40, dan 80 ppm) atau larutan sampel dicampurkan dalam labu ukur 10 mL, kemudian direaksikan dengan 0,5 mL reagen Folin–Ciocalteu. Selanjutnya, ditambahkan 2 mL larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) 20%, lalu campuran diencerkan hingga volume akhir 10 mL menggunakan akuades. Larutan yang terbentuk didiamkan (55 menit pada suhu ruang) untuk memastikan reaksi berlangsung stabil. Absorbansi larutan kemudian dibaca pada panjang gelombang 759 nm menggunakan spektrofotometer UV–Vis, dengan setiap pengukuran dilakukan dalam tiga kali replikasi. Hasil dinyatakan sebagai mg gallic acid equivalent per gram sampel (mg GAE/g) dan dihitung berdasarkan persamaan 2.

$$\text{Kadar Fenol Total} = \frac{c \times V \times Fp}{m \text{ (g)}} \quad (2)$$

Dimana:

- c : Kesetaraan asam galat ($\mu\text{g/mL}$)
- V : Volume larutan (mL)
- Fp : Faktor pengenceran
- m : Massa ekstrak (g)

Analisis kadar flavonoid total

Penentuan kadar flavonoid total (Total Flavonoid Content, TFC) dilakukan menggunakan metode aluminium klorida yang dimodifikasi dari Pajar Dewantara et al. (2025) Sebanyak 1 mL larutan sampel maupun standar dicampurkan dengan 0,4 mL larutan aluminium klorida (AlCl_3) 10% dan 0,4 mL larutan asam asetat 5%. Campuran kemudian diinkubasi selama 15 menit pada suhu ruang untuk memungkinkan pembentukan kompleks flavonoid– AlCl_3 . Setelah inkubasi, absorbansi diukur pada panjang gelombang 414 nm menggunakan spektrofotometer UV–Vis. Seluruh pengukuran dilakukan dalam tiga kali ulangan.

Kadar flavonoid total dinyatakan sebagai mg quercetin equivalent per gram sampel (mg QE/g) dan dihitung menggunakan persamaan 3.

$$\text{Kadar Flavonoid Total} = \frac{c \times V \times Fp}{m \text{ (g)}} \quad (3)$$

Dimana:

- c : Kesetaraan asam galat ($\mu\text{g/mL}$)
- V : Volume larutan (mL)
- Fp : Faktor pengenceran
- m : Massa ekstrak (g)

Uji aktivitas antioksidan

DPPH digunakan sebagai radikal dalam pengujian antioksidan buah senggani, dengan protokol yang diadaptasi dari Rani et al., (2025). Reaksi antioksidan dilakukan dengan mencampurkan larutan sampel dengan larutan DPPH 40 ppm (1:1) lalu dibiarkan bereaksi (10 menit; 25°C; kondisi gelap). Kemudian dilakukan pengamatan absorbansi pada Panjang gelombang 516 nm. Seluruh pengukuran dilakukan dalam tiga kali ulangan. Persentase inhibisi radikal DPPH dihitung menggunakan persamaan 4.

$$\%inhibisi = \frac{\text{Abs kontrol} - \text{Abs sampel}}{\text{Abs kontrol}} \times 100 \quad (5)$$

Nilai IC_{50} ditentukan dari kurva hubungan antara konsentrasi sampel dan persentase inhibisi, yang didefinisikan sebagai konsentrasi larutan sampel yang mampu menghambat 50% radikal bebas DPPH.

Analisis data

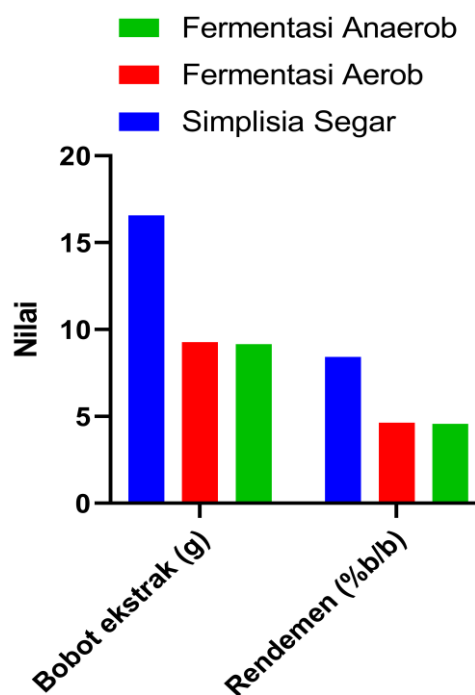
Untuk mengevaluasi pengaruh fermentasi terhadap kadar fenolik total, flavonoid total, dan nilai IC_{50} ekstrak buah senggani, analisis statistik dilakukan menggunakan uji *one-way analysis of variance* (one-way ANOVA). Perbedaan antarperlakuan dianggap signifikan secara statistik pada taraf signifikansi $p < 0,05$. Apabila diperoleh perbedaan yang bermakna, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey (*Tukey's post hoc test*). Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak GraphPad Prism.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian

Rendemen ekstrak

Rendemen ekstrak merupakan parameter awal yang penting untuk menggambarkan efisiensi proses ekstraksi serta pengaruh perlakuan awal terhadap jumlah ekstrak yang dihasilkan. Hasil rendemen ekstrak buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.) dari berbagai perlakuan disajikan pada Gambar 1. Hasil perhitungan rendemen ekstrak buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.) menunjukkan adanya variasi antarperlakuan (Gambar 1). Simplisia segar menghasilkan bobot ekstrak tertinggi, yaitu 16,853 g dengan rendemen sebesar 8,426%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak hasil fermentasi aerob dan fermentasi anaerob.



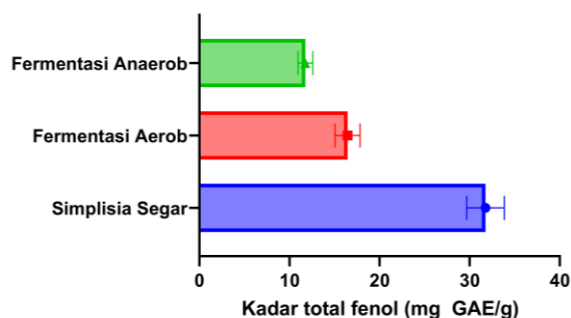
Gambar 1. Bobot ekstrak dan rendemen (% b/b) ekstrak buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.) pada perlakuan simplisia segar, fermentasi aerob, dan fermentasi anaerob.

Perlakuan fermentasi, bobot ekstrak yang dihasilkan relatif lebih rendah. Fermentasi aerob menghasilkan bobot ekstrak sebesar 9,279 g dengan rendemen 4,639%, sedangkan fermentasi anaerob menghasilkan bobot ekstrak sebesar 9,154 g dengan rendemen 4,577%. Perbedaan

rendemen antara fermentasi aerob dan anaerob relatif kecil, namun keduanya menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan simplisia segar.

Kadar total fenolik

Kandungan fenolik total ekstrak buah senggani menunjukkan variasi yang jelas antarperlakuan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2. Simplisia segar menghasilkan kandungan fenolik total tertinggi dengan nilai $31,77 \pm 1,21$ mg GAE/g, diikuti oleh sampel hasil fermentasi aerob sebesar $16,45 \pm 0,97$ mg GAE/g, sementara fermentasi anaerob menunjukkan kandungan terendah yaitu $11,77 \pm 0,65$ mg GAE/g. Rentang simpangan baku yang relatif sempit pada seluruh perlakuan mencerminkan reproduibilitas data yang baik.



Gambar 2. Kadar fenolik total ekstrak buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.) pada simplisia segar, fermentasi aerob, dan fermentasi anaerob. Data disajikan sebagai nilai rata-rata \pm SD (n = 3).

Analisis statistik menggunakan One Way ANOVA mengonfirmasi bahwa perlakuan fermentasi memberikan dampak yang signifikan terhadap kandungan fenolik total ($p < 0,05$). Uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa simplisia segar berbeda signifikan dibandingkan kedua sampel terfermentasi, serta terdapat perbedaan bermakna antara fermentasi aerob dan anaerob. Perbedaan ini divisualisasikan secara konsisten pada grafik melalui pergeseran panjang batang dan interval galat yang minimal tumpang tindih, mengindikasikan respons fenolik yang berbeda terhadap kondisi fermentasi.

Kadar flavonoid total

Hasil evaluasi mendemonstrasikan bahwa kandungan flavonoid total ekstrak buah senggani mengikuti pola yang sejalan dengan kandungan

fenolik total (Gambar 3). Simplisia segar menghasilkan kandungan flavonoid tertinggi, yaitu $31,53$ mg QE/g, diikuti oleh ekstrak hasil fermentasi aerob sebesar $16,95$ mg QE/g, dan fermentasi anaerob sebesar $11,53$ mg QE/g. Pola ini menunjukkan bahwa proses fermentasi menyebabkan penurunan kandungan flavonoid dibandingkan bahan segar, dengan tingkat penurunan yang lebih besar pada kondisi anaerob.

Hasil uji statistik mengonfirmasi bahwa perbedaan kandungan flavonoid total antarperlakuan bersifat signifikan ($p < 0,05$). Fermentasi aerob mempertahankan kandungan flavonoid secara lebih efektif dibandingkan fermentasi anaerob, yang mengindikasikan bahwa keberadaan oksigen selama fermentasi berperan dalam mengurangi degradasi flavonoid atau meningkatkan pelepasan senyawa flavonoid terikat dari matriks sel buah senggani.



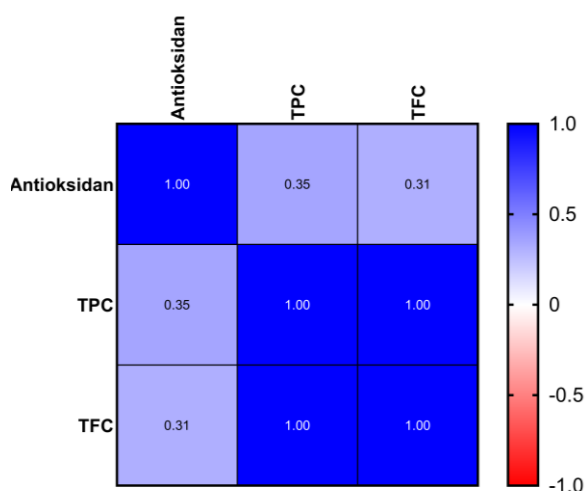
Gambar 3. Kadar flavonoid total ekstrak buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.) pada berbagai perlakuan (simplisia segar, fermentasi aerob, dan fermentasi anaerob). Data disajikan sebagai nilai rata-rata \pm SD (n = 3).

Aktivitas antioksidan

Hasil pengujian aktivitas antioksidan ekstrak buah senggani yang dinyatakan sebagai nilai IC_{50} menunjukkan adanya variasi antarperlakuan. Ekstrak hasil fermentasi aerob memiliki nilai IC_{50} sebesar $55,37 \pm \mu\text{g/mL}$, yang mencerminkan aktivitas antioksidan paling kuat di antara sampel terfermentasi. Ekstrak hasil fermentasi anaerob menunjukkan nilai IC_{50} yang lebih tinggi, yaitu $59,86 \pm 2,23 \mu\text{g/mL}$, menandakan aktivitas antioksidan yang relatif lebih rendah. Sementara itu, ekstrak dari simplisia segar memiliki nilai IC_{50} sebesar $60,18 \pm 2,52 \mu\text{g/mL}$, berada di antara kedua perlakuan fermentasi tersebut.

Uji statistik dengan One Way ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aktivitas antioksidan ekstrak buah senggani ($p < 0,05$). Uji lanjut Tukey mengonfirmasi bahwa fermentasi aerob berbeda signifikan dibandingkan fermentasi anaerob, sedangkan perbedaan antara simplisia segar dan kedua perlakuan fermentasi menunjukkan kecenderungan yang berbeda namun masih berada dalam rentang aktivitas antioksidan yang sama.

Untuk mengevaluasi hubungan antara aktivitas antioksidan dengan kandungan senyawa bioaktif, dilakukan analisis korelasi Pearson antara IC_{50} dengan TPC dan TFC. Hasil analisis menunjukkan adanya korelasi positif sedang antara TPC dan IC_{50} dengan nilai koefisien korelasi $R = 0,35$, serta korelasi positif lemah hingga sedang antara TFC dan IC_{50} dengan nilai $R = 0,31$ (Gambar 4). Nilai korelasi tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan kadar TPC dan TFC tidak sepenuhnya berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan antioksidan, sehingga mengisyaratkan keterlibatan senyawa bioaktif lain atau efek sinergis antar komponen dalam menentukan kapasitas antioksidan ekstrak buah senggani.



Gambar 4. Analisis korelasi Pearson antara aktivitas antioksidan (IC_{50}) dengan kandungan fenolik total (TPC) dan flavonoid total (TFC) ekstrak buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.). Setiap titik merepresentasikan nilai rerata dari masing-masing perlakuan ($n = 3$).

Pembahasan

Pengaruh Fermentasi terhadap Rendemen Ekstrak

Fermentasi telah lama dikenal sebagai proses biopretreatment yang mampu mengubah komposisi kimia bahan alam melalui aktivitas metabolik mikroorganisme (Oyewole & Ayo Odunfa, 1989). Penurunan rendemen ekstrak pada perlakuan fermentasi dalam penelitian ini mencerminkan terjadinya konsumsi fraksi senyawa larut oleh mikroorganisme, khususnya karbohidrat sederhana, asam amino, dan metabolit sekunder yang digunakan sebagai sumber energi dan karbon. Selain konsumsi substrat, aktivitas enzim hidrolitik seperti selulase, pektinase, dan amilase selama fermentasi dapat menyebabkan degradasi parsial dinding sel dan pelepasan senyawa volatil, yang pada akhirnya menurunkan jumlah residu kering setelah proses ekstraksi. Fenomena ini umum dilaporkan pada fermentasi bahan tanaman dan tidak selalu mencerminkan penurunan kualitas ekstrak secara fungsional (Mengesha et al., 2022).

Sudut pandang teknologi ekstraksi dan formulasi, penurunan rendemen justru dapat mengindikasikan terjadinya seleksi fraksi kimia. Fermentasi berpotensi mengurangi komponen non-aktif dan memperkaya proporsi senyawa dengan relevansi biologis tinggi, sehingga meningkatkan efisiensi fungsional ekstrak per satuan massa bahan baku (Herlina et al., 2024). Secara keseluruhan, hal ini menunjukkan bahwa fermentasi menurunkan rendemen ekstrak secara kuantitatif, namun berfungsi sebagai proses biopretreatment yang berpotensi meningkatkan efisiensi fungsional ekstrak.

Transformasi fenolik selama fermentasi

Senyawa fenolik dalam bahan nabati umumnya berada dalam bentuk terikat pada polisakarida struktural atau sebagai konjugat ester dan glikosida (Fernandes et al., 2023; Shahidi & Yeo, 2016). Penurunan kandungan fenolik total setelah fermentasi pada penelitian ini menunjukkan bahwa fenolik mengalami transformasi struktural dan degradasi parsial selama proses fermentasi. Fermentasi aerob mempertahankan kandungan fenolik lebih tinggi dibandingkan fermentasi anaerob, yang menegaskan peran oksigen dalam mengontrol jalur biotransformasi polifenol. Keberadaan oksigen memungkinkan aktivitas enzim mikroba seperti β -glukosidase dan esterase berlangsung secara lebih terkendali, sehingga pelepasan fenolik terikat dapat terjadi tanpa

merusak cincin aromatik yang menentukan aktivitas biologis (Gaur & Gänzle, 2023).

Sebaliknya, fermentasi anaerob yang ditandai oleh kondisi lebih asam dan akumulasi metabolit seperti asam organik dapat mempercepat reaksi dekarboksilasi dan reduksi polifenol. Proses ini berpotensi menyebabkan fragmentasi struktur aromatik dan menurunkan nilai fenolik total yang terukur (Yang *et al.*, 2023). Sehingga, hal ini menjelaskan bahwa fermentasi aerob menciptakan kondisi biotransformasi fenolik yang lebih stabil dibandingkan fermentasi anaerob, sehingga lebih efektif mempertahankan fraksi fenolik yang relevan secara biologis.

Dinamika flavonoid selama fermentasi

Flavonoid merupakan subkelompok polifenol yang memiliki struktur kimia lebih kompleks dan sensitif terhadap perubahan pH serta kondisi redoks selama fermentasi (Lorenz *et al.*, 2019; Shahidi & Yeo, 2016). Penurunan kandungan flavonoid total pada sampel terfermentasi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian flavonoid mengalami degradasi atau transformasi menjadi bentuk yang kurang terdeteksi oleh metode kolorimetri. Fermentasi aerob menunjukkan kemampuan mempertahankan flavonoid lebih baik dibandingkan fermentasi anaerob. Aktivitas enzim β -glukosidase selama fermentasi berperan dalam menghidrolisis flavonoid glikosida menjadi bentuk aglikon, yang memiliki kemampuan donasi elektron dan hidrogen lebih tinggi dibandingkan bentuk terkonjugasinya (Lorenz *et al.*, 2019).

Dari perspektif fungsional dan aplikatif, penurunan TFC secara kuantitatif tidak selalu merugikan. Ekstrak yang didominasi flavonoid aglikon berpotensi memiliki aktivitas biologis lebih kuat dan bioavailabilitas lebih baik, sehingga lebih efisien digunakan dalam formulasi pangan fungsional maupun fitofarmaka. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa fermentasi aerob menurunkan kandungan flavonoid total, namun meningkatkan kualitas bioaktif flavonoid melalui perubahan struktur molekul.

Aktivitas antioksidan

Kekuatan antioksidan senyawa fenolik dan flavonoid sangat dipengaruhi oleh struktur molekul, Lokasi gugus hidroksil, tingkat konjugasi, dan berat molekul senyawa tersebut (Nimse & Pal, 2015; Zeb, 2020). Dalam penelitian ini, fermentasi aerob

menghasilkan aktivitas antioksidan paling kuat meskipun tidak memiliki kandungan fenolik dan flavonoid total tertinggi. Biotransformasi selama fermentasi diduga menghasilkan senyawa fenolik dengan struktur yang lebih efisien sebagai donor elektron atau hidrogen. Selain itu, interaksi sinergis antar komponen ekstrak, termasuk asam organik, vitamin, dan metabolit mikroba, turut berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas penangkapan radikal bebas (Zeng *et al.*, 2015, 2017).

Korelasi positif antara IC_{50} dan TPC/TFC menunjukkan bahwa peningkatan kandungan TPC/TFC tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan antioksidan. Secara konseptual, temuan ini menegaskan keterbatasan penggunaan parameter kuantitatif total sebagai prediktor tunggal aktivitas antioksidan, terutama pada sistem kompleks yang mengalami biotransformasi enzimatis. Sehingga, fenomena ini mengindikasikan bahwa daya antioksidan ekstrak buah senggani lebih ditentukan oleh perubahan kualitatif dan sinergisme senyawa bioaktif daripada oleh kandungan total fenolik dan flavonoid.

Keterbatasan studi dan implikasi ilmiah

Pendekatan berbasis kandungan total fenolik dan flavonoid memberikan gambaran awal yang penting, namun tidak mampu menjelaskan perubahan struktur molekul secara spesifik (Jardine & McDowell, 2023; Leonard *et al.*, 2021). Keterbatasan utama penelitian ini adalah tidak dilakukannya identifikasi individual senyawa fenolik dan flavonoid hasil fermentasi. Penelitian lanjutan menggunakan teknik analitik lanjutan seperti HPLC–DAD atau LC–MS/MS dibutuhkan guna mengidentifikasi fitomolekul kunci yang berperan terhadap peningkatan aktivitas antioksidan. Meskipun demikian, hasil penelitian ini telah memberikan implikasi ilmiah yang kuat bahwa fermentasi aerob merupakan strategi bioproses yang menjanjikan untuk meningkatkan kualitas fungsional ekstrak buah senggani.

Kesimpulan

Fermentasi memengaruhi rendemen ekstrak, kandungan TPC dan TFC, serta kekuatan antioksidan ekstrak buah senggani (*Melastoma malabathricum* L.). Simplisia segar menghasilkan rendemen serta kadar fenolik dan flavonoid tertinggi, namun tidak menunjukkan aktivitas antioksidan paling kuat. Sebaliknya,

fermentasi aerob menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC₅₀ terendah, meskipun kandungan fenolik dan flavonoidnya lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan lebih ditentukan oleh kualitas dan ketersediaan fungsional senyawa bioaktif dibandingkan jumlah totalnya. Fermentasi aerob berpotensi dikembangkan sebagai strategi bioproses untuk meningkatkan nilai fungsional buah senggani sebagai sumber antioksidan alami.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kader Bangsa atas dukungan dan bantuan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menghargai seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyediaan fasilitas, pendampingan teknis, serta dukungan administratif sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Referensi

- Apmarja, S. U., Nasution, M. A., Nasution, H. M., & Yuniarti, R. (2025). Penetapan kadar flavonoid total dan aktivitas antioksidan ekstrak etanol, fraksi n-heksan, etil asetat daun senggani (*Melastoma candidum* D.Don) secara spektrofotometri visibel. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 420–436. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v8i1.797>
- Cristiana, D., Yenrina, R., & Refdi, C. W. (2021). The Effect of Different Drying Method on the Physico-Chemical Characteristics of Senduduk Fruit Powder (*Melastoma Malabathricum* L) and its Application as Natural Colorant in Food. *AJARCDE | Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*, 5(1). <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v5i1.60>
- Elvy Susanti, F., Efdi, M., Wira Septama, A., & Turabby, N. (2025). Phytochemical composition and antibacterial potential of *Melastoma malabathricum* against *Staphylococcus aureus* with in silico insights into MRSA target proteins. *Biodiversitas*, 26(12). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d261204>
- Fernandes, A., Mateus, N., & de Freitas, V. (2023). Polyphenol-Dietary Fiber Conjugates from Fruits and Vegetables: Nature and Biological Fate in a Food and Nutrition Perspective. *Foods*, 12(5), 1052. <https://doi.org/10.3390/foods12051052>
- Gaur, G., & Gänzle, M. G. (2023). Conversion of (poly)phenolic compounds in food fermentations by lactic acid bacteria: Novel insights into metabolic pathways and functional metabolites. *Current Research in Food Science*, 6, 100448. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crf.s.2023.100448>
- He, R.-J., Wang, Y.-F., Yang, B.-Y., Liu, Z.-B., Li, D.-P., Zou, B.-Q., & Huang, Y.-L. (2022). Structural Characterization and Assessment of Anti-Inflammatory Activities of Polyphenols and Depsidone Derivatives from *Melastoma malabathricum* subsp. normale. *Molecules*, 27(5), 1521. <https://doi.org/10.3390/molecules27051521>
- Herlina, S., Setiawansyah, A., & Hidayati, N. (2024). Aerobe Fermentation Enhanced Antioxidant Activity Index of *Citrus limon* Leaves. *Journal of Food and Pharmaceutical Science*, 12(2), 80–89. <https://doi.org/10.22146/jfps.12005>
- Hsu, P.-H., Lin, Y.-J., & Hwang, P.-A. (2025). Fermentation-induced metabolic changes and bioactive metabolites in *Laminaria japonica* fermented by *Bacillus subtilis*. *LWT*, 216, 117357. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.117357>
- Ismail, N. H., N.H., A., Latip, S. N. H. M., Zain, W. Z. W. M., Aani, S. N. A., & Aziman, N. A. (2021). Phytochemical screening and antioxidant activity of *Melastoma malabathricum* and *Chromolaena odorata* by DPPH radical scavenging method. *Food Research*, 5(S4), 30–37. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(S4\).006](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(S4).006)
- Jardine, K. J., & McDowell, N. (2023). Fermentation-mediated growth, signaling, and defense in plants. *New Phytologist*, 239(3), 839–851. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/nph.19015>
- Lee, T. H., Lee, C. H., Ong, P. Y., Wong, S. L., Hamdan, N., Ya'akob, H., Azmi, N. A.,

- Khoo, S. C., Zakaria, Z. A., & Cheng, K.-K. (2022). Comparison of extraction methods of phytochemical compounds from white flower variety of *Melastoma malabathricum*. *South African Journal of Botany*, 148, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.04.026>
- Leonard, W., Zhang, P., Ying, D., Adhikari, B., & Fang, Z. (2021). Fermentation transforms the phenolic profiles and bioactivities of plant-based foods. *Biotechnology Advances*, 49, 107763. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107763>
- Lorenz, P., Bunse, M., Sauer, S., Conrad, J., Stintzing, F. C., & Kammerer, D. R. (2019). Conversion of Plant Secondary Metabolites upon Fermentation of *Mercurialis perennis* L. Extracts with two Lactobacteria Strains. *Fermentation*, 5(2), 42. <https://doi.org/10.3390/fermentation5020042>
- Mayasari, D., & Meiliani, S. (2025). Antifungal Potential of *Melastoma malabathricum* L. Leaf Extract against *Candida albicans*: A Phytochemical Approach. *Pharmacon: Jurnal Farmasi Indonesia*, 22(2), 151–159. <https://doi.org/10.23917/pharmacon.v22i2.10551>
- Mengesha, Y., Tebeje, A., & Tilahun, B. (2022). A Review on Factors Influencing the Fermentation Process of Teff (*Eragrostis teff*) and Other Cereal-Based Ethiopian Injera. *International Journal of Food Science*, 2022, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2022/4419955>
- Nimse, S. B., & Pal, D. (2015). Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC Advances*, 5(35), 27986–28006. <https://doi.org/10.1039/c4ra13315c>
- Oyewole, O. B., & Ayo Odunfa, S. (1989). Effects of fermentation on the carbohydrate, mineral, and protein contents of cassava during “fufu” production. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2(2), 170–176. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(89\)90078-1](https://doi.org/10.1016/0889-1575(89)90078-1)
- Pajar Dewantara, J., Pandapotan Marpaung, M., Hidayati, N., & Setiawansyah, A. (2025). Effect of Aerobic Fermentation on Total Phenolic, Flavonoid, and Antioxidant Activity of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Ad-Dawaa’ Journal of Pharmaceutical Sciences*, 8(1), 25–38. <https://doi.org/10.24252/djps.v8i1.57063>
- Rani, M., Setiawansyah, A., & Marpaung, M. P. (2025). Pengaruh Lokasi Tumbuh Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Salam (*Sygium polyanthum*). *Journal Of Health Science*, 3(2), 1–5. <https://doi.org/10.54816/jhs.v3i2.1040>
- Rudrapal, M., Khairnar, S. J., Khan, J., Dukhyil, A. Bin, Ansari, M. A., Alomary, M. N., Alshabirmi, F. M., Palai, S., Deb, P. K., & Devi, R. (2022). Dietary Polyphenols and Their Role in Oxidative Stress-Induced Human Diseases: Insights Into Protective Effects, Antioxidant Potentials and Mechanism(s) of Action. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.806470>
- Rusu, A. V., Trif, M., & Rocha, J. M. (2023). Microbial Secondary Metabolites via Fermentation Approaches for Dietary Supplementation Formulations. *Molecules*, 28(16), 6020. <https://doi.org/10.3390/molecules28166020>
- Saputri, A., Christian, Y. E., Hidayati, N., Indah, I., & Setiawansyah, A. (2024). Fermentation Influences the Total Flavonoid Content and Antioxidant Activity of *Syzygium polyanthum*. *Ad-Dawaa’ Journal of Pharmaceutical Sciences*, 125–134. <https://doi.org/10.24252/djps.v7i2.51645>
- Setiawansyah, A., Fiolita, B., Agatha, S., Sitindaon, R. S. E., Reynaldi, M. A., Hidayat, L. H., Hadi, I., Permatasari, L., Hidayati, N., Arsul, M. I., & Dirgantara, S. (2025). Impact of post-harvest process and methanol polarity on the content of niazirin, flavonoids, phenols, and antioxidant activity index of *Moringa oleifera* Lam leaves. *Food and Humanity*, 5, 100767. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foo hum.2025.100767>
- Setiawansyah, A., Widiyawati, A. T., Sari, M. S. D., Reynaldi, M. A., Hidayati, N., Alrayan, R., & Nugroho, S. A. (2024). FT-IR-based fingerprint combined with unsupervised chemometric analysis revealed particle sizes and aqueous-ethanol ratio alter the

- chemical composition and nutraceutical value of *Daucus carota*. *Natural Product Research*.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2376351>
- Shahidi, F., & Yeo, J. (2016). Insoluble-Bound Phenolics in Food. *Molecules*, 21(9), 1216. <https://doi.org/10.3390/molecules21091216>
- Yang, F., Chen, C., Ni, D., Yang, Y., Tian, J., Li, Y., Chen, S., Ye, X., & Wang, L. (2023). Effects of Fermentation on Bioactivity and the Composition of Polyphenols Contained in Polyphenol-Rich Foods: A Review. *Foods*, 12(17), 3315. <https://doi.org/10.3390/foods12173315>
- Zahra, M., Abrahamse, H., & George, B. P. (2024). Flavonoids: Antioxidant Powerhouses and Their Role in Nanomedicine. *Antioxidants*, 13(8), 922. <https://doi.org/10.3390/antiox13080922>
- Zeb, A. (2020). Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9), e13394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfbc.13394>
- Zeng, X., Borole, A. P., & Pavlostathis, S. G. (2015). Biotransformation of Furanic and Phenolic Compounds with Hydrogen Gas Production in a Microbial Electrolysis Cell. *Environmental Science & Technology*, 49(22), 13667–13675. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02313>
- Zeng, X., Collins, M. A., Borole, A. P., & Pavlostathis, S. G. (2017). The extent of fermentative transformation of phenolic compounds in the bioanode controls exoelectrogenic activity in a microbial electrolysis cell. *Water Research*, 109, 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.057>