

PROFIL FITOKIMIA, AKTIVITAS ANTIOKSIDAN, SERTA POTENSI TERAPEUTIK FAMILI ZINGIBERACEAE DAN SPESIES *Tinospora* *crispa*: TINJAUAN LITERATUR SISTEMATIS

Yoselyn Yolanda^{1*} & Elizabeth Novi Kusumaningrum²

¹Sekolah Krisna Efata, Jalan Sempor Lama Gang Sawo Nomor 2, Kebumen,
Jawa Tengah 54412, Indonesia

^{1&2}Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka,
Jalan Cabe Raya, Tangerang Selatan, Banten 15437, Indonesia

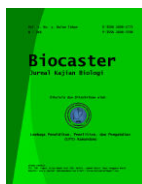
*Email: yosiivolaa@gmail.com

Submit: 18-06-2026; Accepted: 18-07-2026; Published: 26-10-2026

ABSTRAK: Stres oksidatif merupakan mekanisme patogenik utama yang mendasari berbagai penyakit degeneratif, termasuk aterosklerosis, diabetes melitus tipe 2, dan gangguan neurodegeneratif. Meskipun Indonesia memiliki kekayaan tumbuhan obat yang sangat besar, kajian komparatif lintas spesies yang terstandarisasi masih sangat terbatas. Kajian ini bertujuan membandingkan profil fitokimia dan aktivitas antioksidan enam spesies tanaman obat Indonesia, yaitu *Zingiber officinale*, *Curcuma longa*, *Curcuma xanthorrhiza*, *Alpinia galanga*, *Kaempferia galanga*, dan *Tinospora crispa* berdasarkan tiga parameter terukur, yaitu IC₅₀ DPPH, Total Phenolic Content (TPC), dan Total Flavonoid Content (TFC). Metode yang digunakan adalah *systematic literature review* dengan protokol PRISMA 2020. Pencarian literatur dilakukan pada lima basis data, yaitu Scopus, PubMed, SINTA, Google Scholar, dan ScienceDirect. Data diekstraksi, diharmonisasi satuannya, kemudian dianalisis menggunakan nilai IC₅₀ per spesies dan korelasi Pearson antara TPC dan IC₅₀. Hasil kajian menunjukkan bahwa *Curcuma longa* memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dengan IC₅₀ = 27,2 µg/mL, TPC = 45,6 mg GAE/g, dan TFC = 23,8 mg QE/g, diikuti oleh *Zingiber officinale* (IC₅₀ = 51,41 µg/mL), *Curcuma xanthorrhiza* (IC₅₀ = 87,01 µg/mL), *Alpinia galanga*, dan *Kaempferia galanga*. *Tinospora crispa* menampilkan profil berbeda yang didominasi alkaloid (berberina, palmatina, kolumbamina) dan terpenoid (tinokrisposida, borapetosida) dibandingkan senyawa fenolik. Korelasi negatif kuat antara TPC dan IC₅₀ terkonfirmasi ($r = -0,92$; $p < 0,01$), dan variasi metode ekstraksi berkaitan erat dengan efisiensi perolehan senyawa bioaktif. Kajian ini menegaskan pentingnya harmonisasi metodologis sebagai prasyarat perbandingan antarspesies yang valid, memberikan kontribusi konseptual bagi penyusunan kerangka standar evaluasi aktivitas antioksidan tanaman obat Indonesia, serta merekomendasikan reposisi evaluasi farmakologis *Tinospora crispa* di luar kerangka fenolik.

Kata Kunci: Antioksidan, DPPH IC₅₀, Fitokimia, *Tinospora crispa*, Zingiberaceae.

ABSTRACT: Oxidative stress is a primary pathogenic mechanism underlying various degenerative diseases, including atherosclerosis, type 2 diabetes mellitus, and neurodegenerative disorders. Although Indonesia possesses a vast wealth of medicinal plants, standardized cross-species comparative studies remain very limited. This study aims to compare the phytochemical profiles and antioxidant activities of six Indonesian medicinal plant species *Zingiber officinale*, *Curcuma longa*, *Curcuma xanthorrhiza*, *Alpinia galanga*, *Kaempferia galanga*, and *Tinospora crispa* based on three measurable parameters: DPPH IC₅₀, Total Phenolic Content (TPC), and Total Flavonoid Content (TFC). A systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 protocol. Literature searches were performed across five databases: Scopus, PubMed, SINTA, Google Scholar, and ScienceDirect. Data were extracted, units were harmonized, and analyses were performed using species-specific IC₅₀ values and Pearson correlation between TPC and IC₅₀. The results indicate that *Curcuma longa* exhibited the highest antioxidant activity (IC₅₀ = 27.2 µg/mL; TPC = 45.6 mg GAE/g; TFC = 23.8 mg QE/g), followed by *Zingiber officinale* (IC₅₀ = 51.41 µg/mL), *Curcuma xanthorrhiza* (IC₅₀ = 87.01 µg/mL), *Alpinia galanga*, and *Kaempferia galanga*. *Tinospora crispa* displayed a distinct profile dominated by alkaloids (berberine, palmatine, columbamine) and terpenoids (tinocrisposide, borapetoside) rather than phenolic compounds. A strong negative correlation between TPC and IC₅₀ was confirmed ($r = -0.92$; $p < 0.01$), and variations in extraction



methods were closely linked to the efficiency of bioactive compound recovery. This study underscores the importance of methodological harmonization as a prerequisite for valid interspecies comparisons, contributes conceptually to the development of a standardized evaluation framework for the antioxidant activity of Indonesian medicinal plants, and recommends repositioning the pharmacological evaluation of *Tinospora crispa* beyond the phenolic framework.

Keywords: Antioxidant, DPPH IC_{50} , Phytochemistry, *Tinospora crispa*, Zingiberaceae.

How to Cite: Yolanda, Y., & Kusumaningrum, E. N. (2026). Profil Fitokimia, Aktivitas Antioksidan, serta Potensi Terapeutik Famili Zingiberaceae dan Spesies *Tinospora crispa*: Tinjauan Literatur Sistematis. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 6(4), 2091-2111. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v6i4.1595>



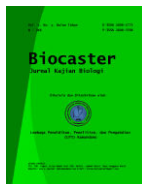
Biocaster : Jurnal Kajian Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Tubuh manusia tidak pernah benar-benar steril dari ancaman internal. Proses metabolisme aerobik normal menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang pada kadar tertentu justru dibutuhkan sel untuk berbagai fungsi sinyal, namun akumulasi ROS yang melebihi kapasitas pertahanan antioksidan endogen memicu kondisi stres oksidatif yang berujung pada kerusakan DNA, peroksidasi membran lipid, dan hilangnya fungsi protein struktural, hingga dalam jangka panjang menjadi landasan biologis bagi berkembangnya penyakit degeneratif utama seperti aterosklerosis, diabetes melitus tipe 2, berbagai jenis kanker, serta gangguan neurodegeneratif seperti Alzheimer dan Parkinson (Manful *et al.*, 2025).

Respons ilmiah terhadap permasalahan stres oksidatif mengarah pada pertanyaan mendasar mengenai sumber antioksidan eksogen yang aman dan efektif. Antioksidan sintesis seperti *Butylated Hydroxyanisole* (BHA) dan *Butylated Hydroxytoluene* (BHT) telah lama digunakan dalam industri pangan, tetapi keamanan penggunaannya dalam jangka panjang masih menjadi kekhawatiran ilmiah yang serius (Nieto, 2020). Kondisi ini mendorong pergeseran perhatian kearah antioksidan alami. Indonesia sebagai salah satu negara megabiodiversitas di dunia memiliki keunggulan yang sangat strategis. Negara ini menyimpan ribuan spesies tumbuhan berkhasiat obat yang sebagian besar belum dieksplorasi secara sistematis dan terstandarisasi melalui pendekatan ilmiah modern (Estiasih *et al.*, 2025; Raslina *et al.*, 2016; Santi *et al.*, 2024).

Di antara tumbuhan obat Indonesia, famili *Zingiberaceae* menempati posisi yang unik, famili ini tidak hanya berperan sebagai bumbu dapur, melainkan juga merupakan komponen utama dalam pengobatan herbal Nusantara (jamu) selama berabad-abad. Jahe (*Zingiber officinale*), kunyit (*Curcuma longa*), temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*), lengkuas (*Alpinia galanga*), dan kencur (*Kaempferia galanga*) dikenal memiliki kandungan metabolit sekunder yang kaya, terutama senyawa fenolik, flavonoid, kurkuminoid, dan minyak atsiri. Kekayaan fitokimia tersebut memberikan beragam aktivitas farmakologis, antara lain antioksidan, anti-inflamasi, antivirus, dan antikanker (Sumi *et al.*, 2024; Wardana *et al.*, 2024). Selain itu, pemanfaatan *Zingiberaceae* telah terdokumentasi secara etnobotani dalam



berbagai masyarakat lokal di Indonesia, termasuk masyarakat Sunda yang secara aktif memanfaatkan bagian rimpangnya, dan setidaknya terdapat sebelas spesies Zingiberaceae termasuk jahe, kunyit, dan temulawak untuk mengatasi berbagai penyakit ringan dan menjaga kebugaran (Buono *et al.*, 2026).

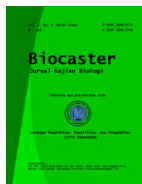
Meskipun sejumlah penelitian telah mengkuantifikasi aktivitas antioksidan spesies-spesies tersebut, data yang dihasilkan masih bersifat parsial, menggunakan metode ekstraksi yang beragam, dan belum terpadu dalam satu kerangka pembandingan yang terstandarisasi (Chen *et al.*, 2024; Laksmiawati *et al.*, 2022; Perez *et al.*, 2025; Sabir *et al.*, 2021; Wichayapreechar *et al.*, 2024). Nilai IC₅₀, TPC, dan TFC secara rinci untuk masing-masing spesies disajikan pada bagian hasil dan pembahasan (Tabel 4). Ketiadaan kerangka komparatif yang menyatukan seluruh data tersebut dalam satu protokol terstandarisasi merupakan kesenjangan metodologis yang belum terjawab dalam literatur.

Selain kelima spesies dari famili Zingiberaceae tersebut, kajian ini juga mencakup *Tinospora crispa* yang dikenal secara lokal sebagai brotowali. Tumbuhan ini masuk dalam famili Menispermaceae. Tumbuhan yang batangnya dikenal pahit ini telah lama dipakai di pengobatan tradisional Asia Tenggara untuk demam, diabetes, dan hipertensi. Secara ilmiah brotowali bukan tanaman kaya fenolik, kekuatannya justru terletak pada alkaloid berberina, palmatina, kolumbamina, dan serangkaian terpenoid seperti tinokrisposida dan borapetosida yang melahirkan aktivitas antimalaria, antidiabetes, imunomodulasi, hingga hepatoproteksi (Ahmad *et al.*, 2016; Haque *et al.*, 2023).

Berbasis senyawa aktif utama *Tinospora crispa* bukan fenolik, maka metode DPPH yang mengukur kapasitas penangkapan radikal bebas melalui mekanisme donasi hidrogen tidak mampu menangkap keseluruhan spektrum aktivitas biologis *Tinospora crispa*. Hal ini tercermin dari fluktuasi nilai IC₅₀ DPPH yang cukup lebar, tergantung pada jenis pelarut dan metode ekstraksi yang digunakan (Puspitasari *et al.*, 2022). Oleh karena itu, penilaian potensi antioksidan brotowali yang hanya didasarkan pada parameter IC₅₀ dan kandungan fenolik berpotensi mereduksi profil farmakologisnya secara tidak proporsional.

Keenam spesies dalam kajian ini dipilih berdasarkan tiga pertimbangan utama: 1) tingkat pemanfaatan yang tinggi dalam pengobatan tradisional maupun industri jamu Nusantara; 2) ketersediaan data ilmiah primer yang memadai pada basis data Scopus, PubMed, dan SINTA; serta 3) representasi dua pola fitokimia yang kontras kelima spesies Zingiberaceae mewakili golongan fenolik atau flavonoid, sedangkan *Tinospora crispa* mewakili golongan alkaloid atau terpenoid, sehingga relevan untuk menguji batas aplikabilitas parameter DPPH, TPC, dan TFC yang selama ini dominan digunakan. Data antioksidan keenam spesies tersebut sesungguhnya sudah tersedia di berbagai artikel, namun tersebar tanpa kerangka pembandingan yang terstandarisasi dan dilaporkan dengan satuan yang beragam (mg GAE/g maupun mg TAE/g untuk TPC; mg QE/g maupun mg RE/g untuk TFC). Muflihah *et al.* (2021) telah membuktikan secara statistik korelasi kuat antara TPC dan IC₅₀ pada herbal Indonesia ($r = -0,92$), namun pengujian tersebut belum pernah diterapkan pada keenam spesies ini secara simultan.

Kajian ini bertujuan untuk mengisi tiga kekosongan utama dalam literatur: 1) belum adanya analisis komparatif simultan keenam spesies dalam satu kerangka



terstandarisasi; 2) belum pernah dievaluasinya pengaruh heterogenitas metode ekstraksi secara eksplisit dalam kajian lintas spesies; dan 3) kebiasaan menilai *Tinospora crisper* semata dari kapasitas antioksidan fenoliknyanya, padahal keunggulan sesungguhnya justru terletak pada alkaloid dan terpenoidnya (Haque *et al.*, 2023; Puspitasari *et al.*, 2022;) dengan menggunakan pendekatan *systematic literature review* berdasarkan protokol PRISMA 2020.

METODE

Pendekatan dan Desain Penelitian

Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-sekunder berupa sintesis data numerik yang bersumber dari literatur primer yang telah dipublikasikan. Desain yang dipilih adalah *systematic literature review* dengan protokol PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Pemilihan desain ini didasarkan pada pertimbangan bahwa pertanyaan penelitian bersifat komparatif, yaitu membandingkan profil fitokimia dan aktivitas antioksidan enam spesies tanaman obat berdasarkan data IC₅₀ DPPH, TPC, dan TFC yang telah tersedia dalam literatur, sehingga tidak memerlukan eksperimen laboratorium baru. Meta-analisis kuantitatif formal tidak dipilih karena heterogenitas metode ekstraksi antarstudi terlalu besar untuk memenuhi syarat penggabungan statistik yang sah (Muflihah *et al.*, 2021; Wardana *et al.*, 2024). Desain PRISMA dipilih karena memungkinkan sintesis bukti dari berbagai studi secara transparan dan dapat direplikasi (Page *et al.*, 2021).

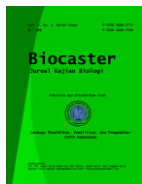
Pelaksanaan Penelitian

Kajian ini dilaksanakan selama dua bulan mulai Maret hingga April tahun 2026. Desain kajian menggunakan *systematic literature review* yang tidak memerlukan pengujian laboratorium, seluruh tahapan penelitian mencakup penelusuran basis data, seleksi artikel, ekstraksi data, harmonisasi satuan, hingga sintesis naratif dilaksanakan secara daring menggunakan komputer dengan koneksi internet. Manajemen referensi dan deteksi duplikat dilakukan menggunakan perangkat lunak manajemen referensi, sedangkan pengolahan data numerik dan analisis statistik dikerjakan menggunakan perangkat lunak pengolah angka.

Protokol Pencarian Literatur

Sebelum pencarian dilakukan, protokol kajian dikembangkan menggunakan kerangka PICO, yaitu *Population* enam spesies kajian, *Intervention* uji aktivitas antioksidan *in vitro*, *Comparison* perbandingan antarspesies dan antarmetode ekstraksi, dan *Outcome* nilai IC₅₀ DPPH, TPC, dan TFC. Pendefinisian kerangka PICO sebelum pelaksanaan pencarian merupakan langkah kritis untuk meminimalkan bias seleksi.

Pencarian literatur dilaksanakan secara sistematis pada lima basis data, yaitu *Scopus*, *PubMed*, *SINTA*, *Google Scholar*, dan *ScienceDirect*. Strategi pencarian menggunakan operator *Boolean AND/OR* yang terdiri dari tiga blok kata kunci: 1) nama ilmiah keenam spesies beserta nama lokalnya; 2) istilah aktivitas antioksidan (*antioxidant activity*, *free radical scavenging*, *DPPH assay*, and *IC₅₀*); dan 3) parameter fitokimia (*total phenolic content*, *total flavonoid content*, and *phytochemistry*, *secondary metabolites*). Pencarian dibatasi pada periode publikasi dengan prioritas pada artikel 2020-2026.



Kriteria Seleksi Artikel

Kriteria inklusi mencakup: 1) artikel jurnal maupun buku dan monograf ilmiah membahas setidaknya satu dari enam spesies kajian; 2) melaporkan data numerik terukur untuk IC₅₀ DPPH, TPC, dan TFC; 3) artikel jurnal ilmiah maupun buku dan monograf ilmiah lokal maupun internasional yang memuat data empiris atau sintesis data relevan dan merupakan publikasi jurnal primer atau tinjauan sistematis yang terindeks *Scopus*, *PubMed*, atau *SINTA*; 4) diterbitkan dalam rentang tahun 2010–2026; dan 5) teks lengkap tersedia dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Buku dan monograf ilmiah dimasukkan sebagai sumber tambahan, karena seringkali menyajikan kompilasi data yang lebih komprehensif, analisis mendalam, serta sintesis hasil dari beberapa studi primer yang sulit ditemukan dalam satu artikel jurnal. Selain itu, beberapa buku lokal Indonesia memuat data spesifik tanaman obat Nusantara yang belum banyak dipublikasikan dalam jurnal internasional terindeks.

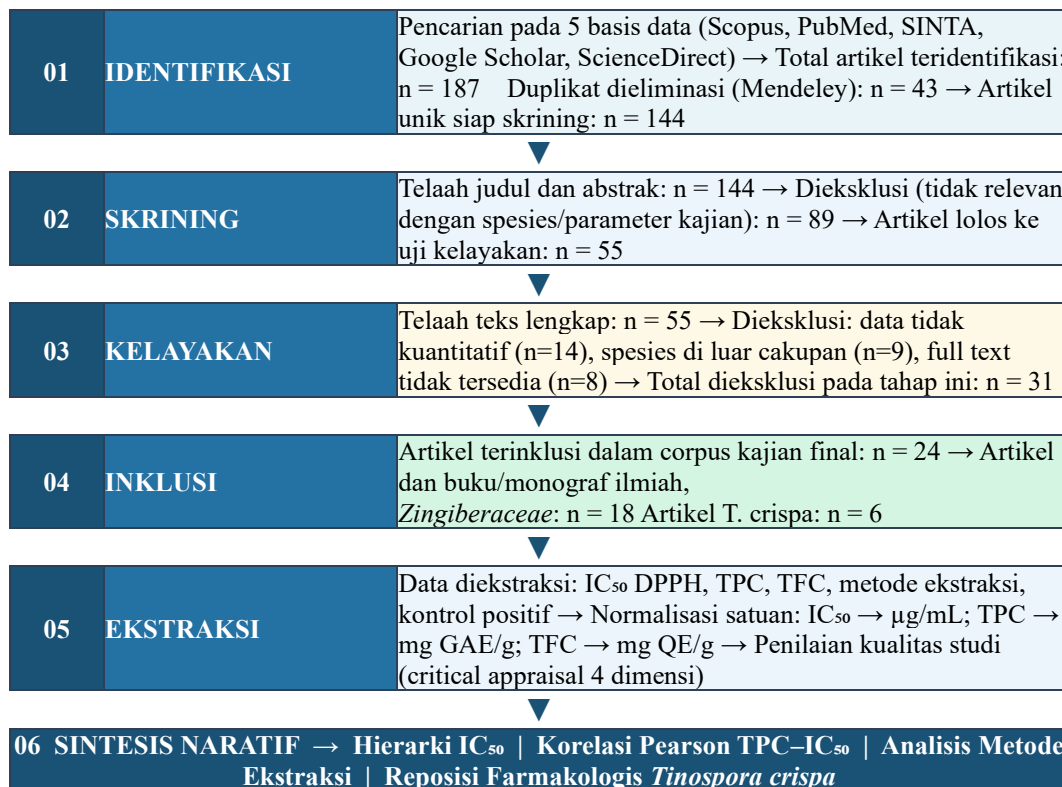
Artikel dieksklusi apabila hanya bersifat deskriptif tanpa data kuantitatif, menggunakan FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) atau ABTS (*2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)*) sebagai satu-satunya parameter tanpa disertai uji DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*), merupakan prosiding tidak terindeks, tesis, atau pracetak, diterbitkan sebelum 2010 atau teks lengkapnya tidak dapat diakses setelah dua kali upaya perolehan.

Proses Seleksi dan Ekstraksi Data

Proses seleksi artikel dilaksanakan secara bertahap mengikuti protokol PRISMA 2020. Pada tahap identifikasi, pencarian data menghasilkan 187 dokumen, dan setelah eliminasi 43 duplikat menggunakan perangkat lunak manajemen referensi, tersisa 144 dokumen unik yang siap diskriminasi. Pada tahap skrining, telaah judul dan abstrak menghasilkan 89 dokumen yang dieksklusi, karena tidak relevan dengan spesies atau parameter kajian, sehingga 55 dokumen melanjutkan ke tahap uji kelayakan. Pada tahap uji kelayakan berdasarkan teks lengkap, sebanyak 31 dokumen dieksklusi dengan perincian, yaitu 14 dokumen tidak menyajikan data kuantitatif, 9 dokumen membahas spesies di luar cakupan kajian, dan 8 dokumen tidak dapat diakses teks lengkapnya meskipun telah dilakukan dua kali upaya perolehan. Dengan demikian, *corpus* kajian *final* terdiri dari 19 artikel dan 5 buku atau monograf ilmiah, dengan rincian 18 artikel membahas spesies Zingiberaceae dan 6 artikel membahas *Tinospora crispa*.

Ekstraksi data dari setiap artikel yang terinklusi dilakukan menggunakan formulir ekstraksi yang telah diuji coba pada tiga artikel sebelum digunakan secara penuh untuk memastikan kelengkapan variabel yang dikumpulkan. Variabel yang diekstraksi mencakup nilai IC₅₀ DPPH, TPC, TFC, jenis dan konsentrasi pelarut ekstraksi, metode ekstraksi yang digunakan, bagian tanaman yang diuji, ketersediaan kontrol positif, serta data statistik yang dilaporkan (rata-rata ± simpangan baku). Setiap variabel dicatat dalam formulir ekstraksi terstandarisasi untuk memudahkan harmonisasi dan perbandingan antarstudi. Selanjutnya, seluruh data yang telah diekstraksi ditinjau dan diverifikasi kembali untuk memastikan kesesuaian dengan informasi yang tercantum dalam artikel asli, terutama terkait satuan pengukuran, kondisi pengujian, dan penyajian hasil statistik, sehingga perbedaan pelaporan antarstudi dapat diidentifikasi dan dipertimbangkan dalam

proses harmonisasi data serta analisis komparatif lebih lanjut. Berikut alur proses seleksi dan ekstraksi data disajikan secara lengkap pada Gambar 1.



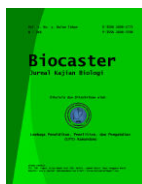
Sumber: Page *et al.* (2021).

Gambar 1. Bagan Alur Penelitian Berbasis Protokol PRISMA 2020.

Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui 4 tahap berurutan: 1) harmonisasi satuan, yaitu seluruh nilai IC₅₀ dikonversi ke µg/mL, TPC ke mg GAE/g, dan TFC ke mg QE/g. Studi yang satuannya tidak dapat dikonversi dikecualikan dari analisis kuantitatif; 2) penyusunan hierarki aktivitas antioksidan menggunakan nilai median IC₅₀ per spesies; median dipilih karena lebih *robust* terhadap nilai pencilan akibat perbedaan metode antarlab; 3) analisis korelasi Pearson antara TPC dan IC₅₀ lintas spesies mengacu pada kerangka Muflihah *et al.* (2021); dan 4) penilaian kualitas (*critical appraisal*) setiap artikel berdasarkan empat dimensi, yaitu kejelasan karakterisasi ekstrak, penggunaan kontrol positif, pelaporan data statistik, dan status indeksasi jurnal.

Seluruh proses analisis data dalam kajian ini didukung oleh tiga perangkat lunak dengan fungsi yang berbeda dan saling melengkapi, yaitu *Mendeley* (Elsevier) digunakan untuk manajemen referensi serta deteksi duplikat pustaka pada tahap identifikasi dan skrining; *Microsoft Excel* digunakan sebagai pengolah angka untuk konversi satuan, perhitungan median, dan tabulasi seluruh data numerik (IC₅₀, TPC, TFC); dan JASP digunakan khusus untuk analisis statistik inferensial, yaitu uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji korelasi Pearson. Ketiga perangkat lunak mendukung analisis data yang sistematis dan akurat.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian Kualitas Studi

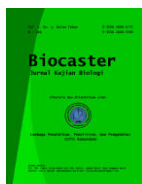
Penilaian kualitas dilaksanakan terhadap seluruh artikel yang terinklusi dalam korpus kajian menggunakan rubrik *critical appraisal* yang dikembangkan secara khusus berdasarkan prinsip-prinsip CASP (*Critical Appraisal Skills Programme*) dan disesuaikan dengan karakteristik studi fitokimia *in vitro*. Setiap artikel dinilai berdasarkan empat dimensi, yakni: 1) kejelasan karakterisasi ekstrak yang mencakup spesifikasi pelarut, konsentrasi, dan metode ekstraksi; 2) penggunaan kontrol positif dalam pengujian antioksidan; 3) kelengkapan pelaporan data statistik berupa nilai rata-rata dan simpangan baku; serta 4) status indeksasi jurnal sumber sebagai indikator kendali mutu editorial.

Setiap dimensi diberi skor pada skala 1 hingga 4, dengan skor 4 menunjukkan pemenuhan kriteria secara penuh, dan skor 1 menunjukkan ketidakjelasan atau ketidakhadiran informasi yang dimaksud. Skor total maksimum per artikel adalah 16 poin. Artikel dengan skor total di bawah 8 poin dikecualikan dari analisis kuantitatif komparatif, meskipun tetap dapat digunakan sebagai sumber deskriptif dalam sintesis naratif. Penilaian dilakukan secara independen oleh peneliti, dan hasil akhirnya digunakan sebagai dasar pembobotan interpretif dalam pembahasan hierarki aktivitas antioksidan antarspesies. Berikut disajikan hasil penilaian kualitas studi secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Penilaian Kualitas Studi.

No.	Penulis (Tahun)	D1	D2	D3	D4	Total	Keterangan
1	Buono <i>et al.</i> (2026)	1	1	2	2	6	Sintesis Naratif
2	Chen (2021)	3	2	3	4	12	Analisis Kuantitatif
3	Chen <i>et al.</i> (2024)	4	4	4	4	16	Analisis Kuantitatif
4	Estiasih <i>et al.</i> (2025)	2	2	3	4	11	Analisis Kuantitatif
5	Ghasemzadeh <i>et al.</i> (2010)	4	4	4	4	16	Analisis Kuantitatif
6	Haque <i>et al.</i> (2023)	3	3	3	4	13	Analisis Kuantitatif
7	Hewlings & Kalman (2017)	3	3	3	4	13	Analisis Kuantitatif
8	Kaushik & Ahmad Shabir (2023)	3	2	2	3	10	Analisis Kuantitatif
9	Laksmitawati <i>et al.</i> (2022)	3	3	3	2	11	Analisis Kuantitatif
10	Manful <i>et al.</i> (2025)	2	2	3	4	11	Analisis Kuantitatif
11	Muflihah <i>et al.</i> (2021)	4	4	4	4	16	Analisis Kuantitatif
12	Nieto (2020)	2	1	2	3	8	Analisis Kuantitatif
13	Page <i>et al.</i> (2021)	1	1	3	4	9	Analisis Kuantitatif
14	Perez <i>et al.</i> (2025)	4	4	4	4	16	Analisis Kuantitatif
15	Puspitasari <i>et al.</i> (2022)	4	3	4	2	13	Analisis Kuantitatif
16	Hurria <i>et al.</i> (2023)	2	1	1	2	6	Sintesis Naratif
17	Rosidi <i>et al.</i> (2016)	4	3	4	3	14	Analisis Kuantitatif
18	Sabir <i>et al.</i> (2021)	4	4	4	4	16	Analisis Kuantitatif
19	Saldaña-Olguin <i>et al.</i> (2024)	4	4	4	4	16	Analisis Kuantitatif
20	Santi <i>et al.</i> (2024)	1	1	1	2	5	Sintesis Naratif
21	Sumi <i>et al.</i> (2024)	3	2	3	3	11	Analisis Kuantitatif
22	Wang <i>et al.</i> (2023)	4	4	4	4	16	Analisis Kuantitatif
23	Wardana <i>et al.</i> (2024)	3	2	3	3	11	Analisis Kuantitatif
24	Wichayapreechar <i>et al.</i> (2024)	4	4	4	4	16	Analisis Kuantitatif

Keterangan: Skor ditetapkan berdasarkan rubrik empat dimensi (skala 1–4 per dimensi; total maksimum 16), D1 = Kejelasan karakterisasi ekstrak; D2 = Penggunaan kontrol positif; D3 = Kelengkapan data statistik; D4 = Status indeksasi jurnal.



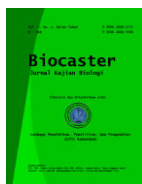
Catatan penting untuk tiga artikel dengan skor rendah, yaitu Buono *et al.* (2026) yang merupakan kajian etnobotani, sehingga tidak memiliki data ekstraksi maupun uji antioksidan primer; Hurria *et al.* (2023) dan Santi *et al.* (2024) adalah buku teks lokal yang digunakan sebagai referensi konseptual fitokimia, bukan sumber data kuantitatif. Ketiga artikel ini tetap dipertahankan dalam korpus kajian sebagai landasan deskriptif, namun tidak diikutsertakan dalam perhitungan hierarki IC₅₀ dan analisis korelasi Pearson. Pemilihan koefisien Pearson dibandingkan metode nonparametrik (mis. Spearman) didasarkan pada hasil uji normalitas Shapiro-Wilk terhadap sebaran nilai IC₅₀ dan TPC gabungan ($p > 0,05$) yang mengindikasikan distribusi data mendekati normal, sehingga asumsi linearitas Pearson terpenuhi, uji ini dijalankan menggunakan JASP. Page *et al.* (2021) memperoleh skor rendah pada D1 dan D2, karena merupakan artikel metodologi PRISMA, bukan studi fitokimia; digunakan khusus sebagai acuan protokol penelusuran.

Rincian Literatur yang Menjadi Kajian Utama

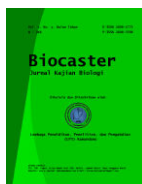
Berikut disajikan secara rinci beberapa literatur yang digunakan sebagai bahan kajian utama dalam penelitian ini tercatat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Literatur Utama sebagai Dasar Kajian.

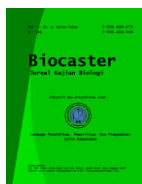
No.	Penulis & Tahun	Judul Artikel/ Publikasi	Sumber/ Jurnal	Temuan Utama & Relevansi terhadap Topik Kajian	Indeks
1	Manful <i>et al.</i> (2025)	Antioxidants and reactive oxygen species: Shaping human health and disease outcomes	<i>International Journal of Molecular Sciences</i> , 26(15), 7520	Menjelaskan mekanisme patogenik ROS dan stres oksidatif pada penyakit degeneratif; landasan biologis justifikasi perlunya antioksidan alami.	Scopus / PubMed
2	Estiasih <i>et al.</i> (2025)	Indonesian traditional herbal drinks: Diversity, processing, and health benefits	<i>Journal of Ethnic Foods</i> , 12(1), 7	Mendokumentasikan >60 formulasi minuman herbal <i>Zingiberaceae</i> Indonesia; menegaskan relevansi sebagai pangan fungsional berbasis bukti.	Scopus
3	Buono <i>et al.</i> (2026)	Peran <i>Zingiberaceae</i> dalam sistem pengobatan tradisional masyarakat Sunda di Desa Nyangkowek, Sukabumi, Jawa Barat	<i>Manilkara : Journal of Bioscience</i> , 4(2), 104–115	Mengidentifikasi 11 spesies <i>Zingiberaceae</i> yang digunakan untuk pengobatan demam, batuk dan gangguan lambung serta kebugaran. Memperkuat basis etnofarmakologi lokal dan konfirmasi spesies kajian	SINTA 3
4	Rosidi <i>et al.</i> (2016)	Antioxidant potential of <i>temulawak</i> (<i>Curcuma xanthorrhiza</i>)	<i>Pakistan Journal of Nutrition</i> , 15(6), 556–560	Melaporkan nilai IC ₅₀ DPPH sebesar 87,01 ppm dan data profil fitokimia rimpang <i>temulawak</i> . Sumber data	Scopus



No.	Penulis & Tahun	Judul Artikel/ Publikasi	Sumber/ Jurnal	Temuan Utama & Relevansi terhadap Topik Kajian	Indeks
		Roxb.)		primer krusial untuk menyejajarkan posisi temulawak dalam hierarki antioksidan di antara famili Zingiberaceae lainnya.	
5	Chen <i>et al.</i> (2024)	Structural Characteristic, Strong Antioxidant, and Anti-Gastric Cancer Investigations on an Oleoresin from Ginger (<i>Zingiber officinale</i> var. <i>roscoe</i>)	<i>Foods</i> , 13(10), 1498	Melaporkan data UAE vs. maserasi vs. sokletasi <i>Zingiber officinale</i> ; aktivitas antikanker lambung oleoresin jahe; mendukung analisis tabel perbandingan metode ekstraksi	<i>Scopus / PubMed</i>
6	Ghasemzadeh <i>et al.</i> (2010)	Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of malaysia young ginger (<i>Zingiber officinale</i>)	<i>Molecules</i> , 15(6), 4324-4333	Data IC ₅₀ , TPC, TFC <i>Zingiber officinale</i> (etanol 70%); melaporkan sifat antimikroba dan antikanker gingerol/shogaol; sumber data primer jahe tertua yang diinklusikan	<i>Scopus / PubMed</i>
7	Haque <i>et al.</i> (2023)	An updated and comprehensive review on the ethnomedicinal uses, phytochemistry, pharmacological activity and toxicological profile of <i>Tinospora crispa</i> (L.) Hook. f. & Thomson	<i>Phytochemistry Reviews</i> , 22(1), 211–273	Tinjauan fitokimia dan farmakologi komprehensif <i>Tinospora crispa</i> ; referensi utama untuk reposisi farmakologis brotowali (antimalaria, antidiabetes, imunomodulasi)	<i>Scopus</i>
8	Hewlings & Kalman (2017)	<i>Curcumin</i> : A review of its effects on human health	<i>Foods</i> , 6(10), 92	Tinjauan mekanisme antioksidan multitarget kurkumin (HAT, SET, kelasi logam); mendukung penjelasan dominasi <i>Curcuma longa</i> secara mekanistik.	<i>Scopus / PubMed</i>
9	Laksmiawati <i>et al.</i> (2022)	The potency of <i>Alpinia galanga</i> as natural antioxidant	<i>Majalah Obat Tradisional</i> , 27(3) 165-171	Melaporkan IC ₅₀ DPPH dan TPC ekstrak <i>Alpinia galanga</i> ; sumber data primer nilai antioksidan lengkuas dalam kajian ini.	SINTA 2



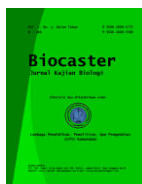
No.	Penulis & Tahun	Judul Artikel/ Publikasi	Sumber/ Jurnal	Temuan Utama & Relevansi terhadap Topik Kajian	Indeks
10	Muflihah <i>et al.</i> (2021)	Correlation study of antioxidant activity with phenolic and flavonoid compounds in 12 indonesian indigenous herbs	<i>Antioxidants</i> , 10(10), 1530	Melaporkan korelasi Pearson $r = -0,92$ antara TPC dan IC ₅₀ pada herbal Indonesia; landasan statistis utama kesimpulan korelasi dalam kajian ini.	<i>Scopus / PubMed</i>
11	Perez <i>et al.</i> (2025)	Antioxidant, neuroprotective and anti-inflammatory activity of <i>Curcuma longa</i> extracts: from green extraction to nanoemulsion	<i>Frontiers in Nutrition</i> , 12, 1619725	Membuktikan mekanisme Nrf2/HO-1 dan penghambatan NF- κ B kurkumin; membuka arah pengembangan nanoformulasi <i>Curcuma longa</i> .	<i>Scopus</i>
12	Puspitasari <i>et al.</i> (2022)	Antioxidant activity of <i>Tinospora crispa</i> extracted with different ethanol solvents	<i>Bali Medical Journal</i> , 11(3) 1107-1110	Melaporkan IC ₅₀ DPPH <i>Tinospora crispa</i> dengan tiga pelarut etanol; mendukung analisis pengaruh metode ekstraksi dan posisi <i>T. crispa</i> dalam hierarki antioksidan.	<i>SINTA 2</i>
13	Sabir <i>et al.</i> (2021)	Phytochemical analysis and biological activities of ethanolic extract of <i>Curcuma longa</i> rhizome	<i>Brazilian Journal of Biology</i> , 81(3) 737-740	Melaporkan IC ₅₀ , TPC, dan TFC tertinggi <i>Curcuma longa</i> (27,2 μ g/mL; 45,6 mg GAE/g; 23,8 mg QE/g); sumber data primer kunyit sebagai standar emas kajian.	<i>Scopus</i>
14	Saldaña-Olguin <i>et al.</i> (2024)	Antioxidant activity of <i>Zingiber officinale</i> extract using pressurized liquid extraction method	<i>Agri Engineering</i> 6(4) 3875-3890	Membuktikan efisiensi metode Pressurized Liquid Extraction (PLE) dalam meningkatkan perolehan senyawa fenolik dan kapasitas antioksidan jahe dibandingkan metode konvensional. Relevan untuk mendukung analisis tujuan ke-3 mengenai pengaruh metode ekstraksi modern terhadap efisiensi perolehan bioaktif.	<i>Scopus</i>



No.	Penulis & Tahun	Judul Artikel/ Publikasi	Sumber/ Jurnal	Temuan Utama & Relevansi terhadap Topik Kajian	Indeks
15	Sumi <i>et al.</i> (2024)	A review on the ethnopharmacological importance and biochemical composition of medicinal plants within the <i>Zingiberaceae</i> family	<i>Plant Science Today</i> , (2024)	Tinjauan etnofarmakologi dan komposisi biokimia lintas genus <i>Zingiberaceae</i> ; mendukung penjelasan mekanistik struktur-aktivitas antioksidan	<i>Scopus</i>
16	Wang <i>et al.</i> (2023)	Chemical composition of the <i>Kaempferia galanga</i> L. essential oil and its in vitro and in vivo antioxidant activities	<i>Frontiers in Nutrition</i> , 10, 1080487	Profil komposisi kimia minyak atsiri dan data IC ₅₀ /TPC/TFC <i>K. galanga</i> secara in vitro dan in vivo; sumber data primer kencur dalam tabel komparatif	<i>Scopus</i>
17	Wardana <i>et al.</i> (2024)	Antioxidant, Anti-inflammatory, Antiviral and Anticancer Potentials of <i>Zingiberaceae</i> Species Used as Herbal Medicine in Indonesia	<i>Tropical Journal of Natural Product Research</i> 8(9) 8393-8399	Tinjauan komprehensif potensi farmakologis <i>Zingiberaceae</i> Indonesia; mengonfirmasi relevansi multidimensional keenam spesies kajian	<i>Scopus</i>
18	Wichayapreechar <i>et al.</i> (2024)	Exploring the In Vitro Antioxidant, Anti-Aging, and Cytotoxic Properties of <i>Kaempferia galanga</i> Linn. Rhizome Extracts for Cosmeceutical Formulations	<i>Cosmetics</i> , 11(3), 97	Membuktikan absorpsi UV-B dan sitotoksitas selektif EPMS dari <i>Kaempferia galanga</i> ; membuka aplikasi sunscreen dan antimelanoma	<i>Scopus</i>

Tabel 3. Rincian Referensi Buku yang Dikaji.

No.	Penulis & Tahun	Judul Buku	Penerbit	Temuan Utama & Relevansi terhadap Topik Kajian
1	Chen (2021)	Phytochemical Omics in Medicinal Plants (2021)	MDPI - Multidisciplinary Digital Publishing Institute (Basel, Switzerland)	Mengintegrasikan fitokimia klasik dengan teknologi high-throughput, kerangka teoretis untuk membedakan profil metabolit sekunder (alkaloid <i>Tinospora crispa</i> vs. fenolik <i>Zingiberaceae</i>) di tingkat molekuler.
2	Nieto (2020)	Medicinal Plants and Foods (2020)	MDPI - St. Alban-Anlage 66 4052 Basel, Switzerland	Ekstraksi tanaman obat sebagai antioksidan alami untuk pangan fungsional; mendasari pembahasan potensi terapeutik tanaman kajian.



No.	Penulis & Tahun	Judul Buku	Penerbit	Temuan Utama & Relevansi terhadap Topik Kajian
3	Hurria <i>et al.</i> (2023)	Fitokimia (2023)	Penerbit CV. Eureka Media Aksara	Konsep dasar fitokimia pengertian, jenis, fungsi, dan metode isolasi senyawa dari tumbuhan.
4	Kaushik & Ahmad Shabir (2023)	“Ginger - Cultivation and Use,” (2023)	IntechOpen (London, Inggris)	Tinjauan budidaya dan penggunaan jahe; mendukung konteks senyawa aktif <i>Zingiber officinale</i>
5	Santi <i>et al.</i> (2024)	Tanaman Obat Indonesia (Fitofarmaka), (2024)	Penerbit PT Bukuloka Litera Bangsa	Referensi kontekstual keanekaragaman tanaman obat Indonesia.

Profil Fitokimia Keenam Spesies Kajian

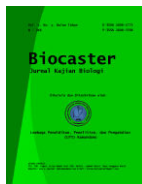
Analisis terhadap 24 artikel yang terinklusi mengungkap bahwa keenam spesies kajian memiliki profil metabolit sekunder yang berbeda secara kualitatif (Chen, 2021), bukan hanya berbeda secara kuantitatif. Perbedaan ini merupakan dasar biologis yang menjelaskan mengapa hierarki aktivitas antioksidannya tidak bisa sekadar dibaca dari satu angka IC_{50} .

***Zingiberaceae*: Keragaman Metabolit Sekunder Berbasis Fenolik**

Kelima spesies *Zingiberaceae* yang dikaji berbagi kerangka metabolit sekunder yang serupa, yaitu senyawa fenolik, flavonoid, dan terpenoid (Hurria *et al.*, 2023). Namun, komposisi relatifnya berbeda nyata antarspesies. *Curcuma longa* mengandalkan kurkuminoid terutama kurkumin, bisdesmetoksikurkumin, dan desmetoksikurkumin sebagai senyawa aktif utama. Mekanisme antioksidannya bersifat multitarget, yaitu penangkapan radikal bebas melalui jalur HAT dan SET, aktivasi jalur Nrf2/HO-1, serta penghambatan NF- κ B (Hewlings & Kalman, 2017; Perez *et al.*, 2025).

Zingiber officinale mengandung oleoresin dengan komponen dominan *gingerol* (terutama [6]-*gingerol*) dan *shogaol* (Kaushik & Ahmad Shabir, 2023). Kedua senyawa ini telah dikonfirmasi memiliki kapasitas penangkapan radikal bebas yang bermakna, namun efisiensi ekstraksinya sangat sensitif terhadap metode yang digunakan (Chen *et al.*, 2024; Saldaña-Olguin *et al.*, 2024). *Curcuma xanthorrhiza* (temulawak) melengkapi profil dua spesies *Curcuma* tersebut dengan kandungan khas xanthorrhizol, seskuiterpen bisabolana yang berperan penting dalam penangkapan radikal bebas sekaligus memberikan aroma dan warna kuning yang menjadi ciri khas rimpangnya (Rosidi *et al.*, 2016).

Alpinia galanga (lengkuas) memiliki profil fitokimia yang jauh lebih kompleks daripada yang tercermin dari satu-satunya data kuantitatif IC_{50} yang tersedia dalam kajian ini. Rimpangnya kaya akan minyak atsiri dengan komponen utama 1'-asetoksikavikol Asetat (ACA), sebuah fenilpropanoid yang telah dilaporkan memiliki aktivitas antiinflamasi dan antikanker melalui penghambatan siklo-oksigenase-2 (COX-2) serta induksi apoptosis sel tumor, di samping flavonol galangin yang berkontribusi pada kapasitas penangkapan radikal bebas melalui donasi atom hidrogen dari gugus hidroksil pada cincin B flavonoid (Wardana *et al.*, 2024). Luasnya spektrum aktivitas farmakologis *Alpinia galanga* mencakup antiinflamasi, antimikroba, dan antikanker (Wardana *et al.*, 2024) mengindikasikan bahwa nilai IC_{50} DPPH tunggal yang tercatat dalam kajian ini (121,20 μ g/mL; Tabel



4) yang bersumber dari satu-satunya studi kuantitatif yang ditemukan dalam penelusuran literatur ini (Laksmitawati *et al.*, 2022), kemungkinan hanya menangkap sebagian kecil dari keseluruhan kapasitas bioaktifnya. Ketiadaan data TPC/TFC dari lebih dari satu studi independen menjadi kesenjangan penelitian yang perlu diisi riset primer selanjutnya, mengingat pemanfaatan lengkuas dalam pengobatan tradisional maupun kuliner Nusantara tergolong sangat luas dan sepadan dengan kelima spesies lain yang dikaji.

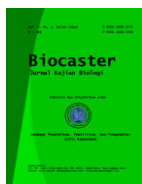
Kaempferia galanga (kencur) menampilkan profil paling khas di antara anggota *Zingiberaceae* dalam kajian ini. Senyawa dominannya, Etil P-Metoksisinamat (EPMS), merupakan derivat asam sinamat dengan struktur cincin aromatik-ester terkonjugasi yang memungkinkan stabilisasi radikal bebas melalui delokalisasi elektron mekanisme yang berbeda dari donasi hidrogen fenolik klasik yang mendominasi keempat spesies lainnya. EPMS terbukti memiliki aktivitas antioksidan bermakna, baik secara *in vitro* maupun *in vivo*, sekaligus kemampuan absorpsi sinar UV-B yang relevan untuk aplikasi tabir surya dan kosmetika (Wang *et al.*, 2023). Studi lanjutan oleh Wichayapreechar *et al.* (2024) turut mengonfirmasi sifat anti-aging ekstrak kencur melalui penghambatan enzim kolagenase dan elastase, serta menunjukkan sitotoksitas selektif terhadap sel kanker tanpa toksisitas berarti pada sel normal profil keamanan yang mendukung potensi pengembangannya sebagai bahan baku kosmeseutikal maupun agen kemopreventif. Nilai IC₅₀ DPPH kencur yang relatif tinggi (612 µg/mL; Tabel 4) karenanya tidak boleh ditafsirkan sebagai tanaman berkhasiat rendah, melainkan sebagai indikasi bahwa keunggulan farmakologisnya terletak pada jalur bioaktivitas lain di luar penangkapan radikal berbasis fenolik klasik yang diukur oleh DPPH.

***Tinospora crisper*: Profil Alkaloid dan Terpenoid**

Tinospora crisper (brotowali) menunjukkan profil fitokimia yang berbeda secara fundamental dari kelima spesies *Zingiberaceae*. Senyawa dominannya bukan fenolik atau flavonoid, melainkan alkaloid isokuinolon berberina, palmatina, kolumbamina, serta terpenoid diterpen seperti tinokrisposida dan borapetosida A, B, C (Haq *et al.*, 2023). Perbedaan ini bukan sekadar variasi dalam kerangka yang sama, melainkan perbedaan jalur biosintesis yang fundamental, yang menghasilkan profil farmakologis berbeda secara kualitatif.

Justifikasi Pemilihan DPPH sebagai Parameter Utama

Di antara berbagai metode pengujian antioksidan *in vitro* yang tersedia termasuk FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) dan ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) dipilih sebagai parameter utama kajian ini bukan semata sebagai kriteria eksklusi, melainkan atas pertimbangan metodologis yang substantif. Pertama, DPPH merupakan metode yang paling luas digunakan dan dilaporkan dalam literatur antioksidan herbal Indonesia, sehingga ketersediaan data komparatif antarspesies dalam korpus yang terstandarisasi jauh lebih besar dibandingkan FRAP atau ABTS. Hal ini secara langsung mendukung validitas analisis komparatif lintas studi yang menjadi inti kajian ini. Kedua, mekanisme DPPH yang mencakup uji kapasitas *Hydrogen Atom Transfer* (HAT) dan *Single Electron Transfer* (SET) secara bersamaan sangat relevan untuk profil metabolit sekunder kelima spesies *Zingiberaceae* yang dikaji, yang didominasi senyawa fenolik dan flavonoid dengan



gugus hidroksil aktif sebagai donor hidrogen/elektron. Hal ini berbeda dengan FRAP yang hanya mengukur kapasitas reduksi *ferric* (mekanisme SET saja), sehingga FRAP cenderung *underestimate* terhadap antioksidan yang bekerja dominan melalui HAT. Ketiga, kerangka korelasi Pearson antara TPC dan IC₅₀ yang diadopsi dari (Muflihah *et al.*, 2021) secara spesifik divalidasi menggunakan data DPPH, sehingga konsistensi parameter menjadi prasyarat komparabilitas analitik.

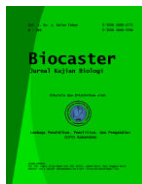
Perlu diakui bahwa ABTS memiliki keunggulan tersendiri, karena dapat mengukur antioksidan baik larut air maupun larut lemak, dan bekerja pada rentang pH yang lebih fisiologis. Sementara FRAP memberikan informasi tentang kapasitas reduktif total yang relevan untuk konteks biologis tertentu. Pada *Tinospora crispa*, justru keterbatasan DPPH dalam menangkap aktivitas antioksidan berbasis alkaloid (yang tidak bekerja melalui donasi proton/elektron langsung kepada DPPH) menjadi argumen tambahan yang mendukung reposisi farmakologis spesies ini. Kajian lanjutan yang mengintegrasikan ketiga metode (DPPH, FRAP, dan ABTS) akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif dan multidimensional tentang kapasitas antioksidan keenam spesies ini.

Hierarki Aktivitas Antioksidan Antarspesies

Berdasarkan kajian terhadap 24 artikel penelitian primer yang memenuhi kriteria inklusi, diperoleh data komparatif aktivitas antioksidan yang disajikan pada Tabel 4. Peringkat hierarki pada Tabel 4 disusun berdasarkan nilai median IC₅₀ per spesies dari seluruh studi primer yang terinklusi. Median dipilih sebagai dasar pemeringkatan bukan rata-rata karena lebih tahan terhadap nilai pencilon yang muncul akibat heterogenitas metode ekstraksi antarstudi, sebagaimana tampak pada rentang IC₅₀ *Tinospora crispa* yang sangat lebar. TPC dan TFC ditampilkan sebagai data deskriptif pendukung, bukan dasar utama pemeringkatan, karena keduanya mengukur kelompok senyawa (fenolik dan flavonoid total) yang tidak selalu identik dengan mekanisme penangkapan radikal yang diukur DPPH; peringkat akhir tetap mengacu pada median IC₅₀.

Tabel 4. Hierarki Aktivitas Antioksidan Enam Spesies Tanaman Obat Berdasarkan IC₅₀ DPPH, TPC, dan TFC.

No.	Spesies	IC ₅₀ (µg/mL)	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)	Studi (n)	Hierarki	Senyawa Dominan
1	<i>Curcuma longa</i>	27,20	45,60	23,80	3	I	Kurkumin, bisdesmetoksikurkumin, desmetoksikurkumin
2	<i>Zingiber officinale</i>	51,41	10,22	3,66	4	II	[6]-Gingerol, [8]- gingerol, shogaol
3	<i>Curcuma xanthorrhiza</i>	87,01	34,05	11,02	2	III	Xanthorrhizol, kurkumin
4	<i>Alpinia galanga</i>	121,20	6,80	3,39	1	IV	Galangin, asetoksikavikol asetat
5	<i>Kaempferia galanga</i>	612,00	15,65	12,44	2	V	Etil p-metoksisinamat (EPMS)
6	<i>Tinospora crispa</i>	68,50– 320,00*	0,52– 3,80	0,09– 2,10	5	VI	Berberina, palmartina, kolumbamina, tinokrisposida, borapetosida A/B/C



Keterangan:

*Rentang nilai IC_{50} *Tinospora crisper* mencerminkan variasi antarstudi yang sangat besar akibat perbedaan metode dan pelarut ekstraksi. n.d. = tidak dilaporkan secara eksplisit.

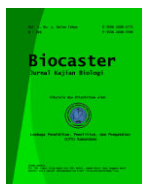
Curcuma longa menempati hierarki teratas, yaitu IC_{50} DPPH = $27,2 \pm 1,1$ $\mu\text{g/mL}$ dengan TPC = 45,6 mg GAE/g adalah angka yang cukup solid dan sudah dikonfirmasi oleh Sabir *et al.* (2021) dari ekstrak etanol rimpang. Kurkumin sebagai senyawa dominannya bekerja melalui jalur multitarget yang sudah cukup banyak didokumentasikan (Hewlings & Kalman, 2017; Perez *et al.*, 2025). Posisi kedua ditempati *Zingiber officinale* dengan IC_{50} = 51,41 $\mu\text{g/mL}$ (Ghasemzadeh *et al.*, 2010). Angka ini mewakili ekstrak maserasi etanol 70% tapi penting dicatat bahwa nilai ini bisa turun drastis ke 11,30 $\mu\text{g/mL}$ bila menggunakan *ultrasonic-assisted extraction* (Chen *et al.*, 2024) yang menunjukkan betapa metode ekstraksi benar-benar menggeser hasil secara substansial.

Curcuma xanthorrhiza menempati peringkat ketiga dengan nilai IC_{50} sebesar 87,01 $\mu\text{g/mL}$. Kemampuan ini didorong oleh *Xanthorrhizol*, senyawa alami golongan seskuiterpen bisabolana yang menjadi ciri khas tanaman ini, sehingga mampu berperan penting dalam menangkal radikal bebas (Rosidi *et al.*, 2016). Lengkuas (IC_{50} = 121,20 $\mu\text{g/mL}$) menempati posisi keempat, namun perlu dicatat bahwa nilai ini bersumber dari satu studi tunggal, sehingga kepercayaan komparatifnya lebih terbatas dibanding spesies lain yang memiliki data lebih banyak (Laksmitawati *et al.*, 2022). *Kaempferia galanga* ada di posisi kelima dengan IC_{50} = 612 $\mu\text{g/mL}$ jauh lebih tinggi dari keempat spesies sebelumnya. Ini bukan berarti kencur tidak berguna; EPMS-nya justru punya keunggulan aplikatif di bidang kosmetika yang tidak tertangkap oleh parameter DPPH (Wichayapreechar *et al.*, 2024). *Tinospora crisper* menempati hierarki keenam dengan rentang IC_{50} yang sangat lebar, yaitu 68,50 hingga 320,00 $\mu\text{g/mL}$, bergantung pada metode dan pelarut ekstraksi. TPC dan TFC-nya juga terendah di antara semua spesies. Tetapi, seperti yang sudah disinggung di pendahuluan, menyimpulkan bahwa brotowali adalah antioksidan lemah hanya dari angka-angka ini adalah simpulan yang terburu-buru.

Analisis korelasi Pearson antara TPC dan IC_{50} lintas enam spesies menghasilkan $r = -0,92$ ($p < 0,01$), konsisten dengan temuan Muflihah *et al.* (2021) pada 12 herbal Indonesia. Secara mekanis, ini bisa dijelaskan melalui kemampuan gugus hidroksil (-OH) pada inti fenolik untuk mendonorkan atom hidrogen kepada radikal DPPH (Manful *et al.*, 2025). Tetapi perlu dicatat dengan hati-hati, karena korelasi ini sangat kuat pada lima spesies *Zingiberaceae*, dan menjadi lebih bervariasi ketika data *Tinospora crisper* dimasukkan, karena memang mekanisme antioksidan brotowali tidak bekerja melalui jalur fenolik yang sama. Nilai IC_{50} yang rendah tidak selalu dapat dijelaskan hanya oleh tingginya TPC, tetapi juga dipengaruhi oleh jenis senyawa bioaktif, struktur kimia, dan sinergi antarkomponen ekstrak. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut terhadap profil fitokimia masing-masing spesies untuk memahami kontribusi relatif senyawa fenolik dan nonfenolik terhadap aktivitas antioksidan.

Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap Efisiensi Perolehan Senyawa Bioaktif

Variasi metode ekstraksi memberikan pengaruh substansial terhadap nilai IC_{50} DPPH pada spesies yang dikaji secara spesifik, disajikan pada Tabel 5.



Tabel 5. Perbandingan Nilai IC₅₀ DPPH Berdasarkan Metode Ekstraksi.

No.	Spesies	Metode Ekstraksi	Pelarut/ Konsentrasi	IC ₅₀ DPPH (µg/mL)	Sumber
1	<i>Zingiber officinale</i>	Maserasi	Etanol 70%	51,41	Ghasemzadeh <i>et al.</i> (2010)
2	<i>Zingiber officinale</i>	Pressurized Liquid Extraction (PLE)	Air suling	23,40	Saldaña-Olguin <i>et al.</i> (2024)
3	<i>Zingiber officinale</i>	Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE)	Etanol 70%	11,30	Chen <i>et al.</i> (2024)
4	<i>Tinospora crispa</i>	Maserasi (Infusa)	Air	245,70	Haque <i>et al.</i> (2023)

Keterangan: UAE = *Ultrasonic-Assisted Extraction*; PLE = *Pressurized Liquid Extraction*.

Rimpang jahe dengan varietas yang sama dapat menghasilkan IC₅₀ = 51,41 µg/mL dengan maserasi etanol biasa, turun ke 23,40 µg/mL dengan PLE (Saldaña-Olguin *et al.*, 2024), dan bahkan mencapai 11,30 µg/mL bila digunakan UAE dengan sonikasi (Chen *et al.*, 2024). Perbedaan hasil empat kali lebih banyak ini lebih disebabkan oleh metode ekstraksi yang berbeda dan bukan karena berbeda asal muasal rimpang jahenya. Implikasi secara langsung adalah ketika dua studi melaporkan IC₅₀ yang jauh berbeda untuk spesies yang sama, perbedaan itu tidak mencerminkan perbedaan biologis melainkan perbedaan metodologis. Ini juga yang menyebabkan hierarki antarspesies dalam kajian ini harus dibaca dengan mempertimbangkan konteks metodologis masing-masing studi sumbernya, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh Konsentrasi Pelarut Etanol terhadap Rendemen Ekstrak dan Aktivitas Antioksidan *Tinospora crispa*.

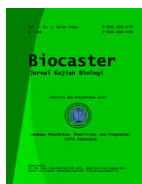
No.	Spesies	Pelarut/ Konsentrasi	Rendemen Ekstrak (%)	Total Flavonoid (%)	Total Phenolic (%)
1	<i>Tinospora crispa</i>	Etanol 70%	33,33	n.d.	n.d.
2	<i>Tinospora crispa</i>	Etanol 80%	31,66	0,090	n.d.
3	<i>Tinospora crispa</i>	Etanol 96%	18,66	0,038	0,521

Sumber: Data diadaptasi dari Puspitasari *et al.* (2022) n.d. = *not distinctly reported*; penulis sumber menyatakan nilai "relatif sebanding" antarpelarut tanpa mencantumkan angka spesifik (Puspitasari *et al.*, 2022). Total flavonoid dan total phenolic dinyatakan dalam persen berat (% w/w).

Rendemen ekstrak tertinggi diperoleh dari etanol 70% (33,33%), tetapi kandungan flavonoid dan fenolik totalnya sangat rendah di semua konsentrasi maksimal hanya 0,090% untuk flavonoid dan 0,521% untuk fenolik. Aktivitas DPPH *scavenging* tertinggi justru muncul pada etanol 80%, meski kandungan fenoliknya rendah. Temuan ini secara tidak langsung mendukung hipotesis bahwa aktivitas antioksidan *Tinospora crispa* tidak sepenuhnya dimediasi oleh senyawa fenolik ada kontribusi dari alkaloid dan terpenoid yang tidak terukur oleh parameter TPC dan TFC berbasis *Folin-Ciocalteu*.

Relevansi Klinis: Kesenjangan antara Data *In Vitro* dan Efektivitas *In Vivo*

Satu hal yang perlu diluruskan dan ini berlaku tidak hanya untuk kajian ini, tetapi untuk hampir semua studi antioksidan herbal berbasis IC₅₀; nilai IC₅₀ yang rendah, *in vitro* tidak otomatis berarti efektif *in vivo*. Jarak antara tabung reaksi dan sirkulasi sistemik manusia itu jauh, dan banyak senyawa aktif tidak selamat menempuh jarak itu. Kasus paling instruktif dalam *corpus* ini adalah kurkumin.



Curcuma longa menempati hierarki teratas dengan IC_{50} DPPH terendah, tetapi bioavailabilitas oral kurkumin murni dilaporkan konsisten di bawah 1% dari dosis yang diberikan, akibat absorpsi yang buruk di usus, metabolisme lintas pertama yang ekstensif dan laju eliminasi yang cepat (Hewlings & Kalman, 2017; Perez *et al.*, 2025). Superioritas *Curcuma longa* dalam uji DPPH tidak mencerminkan efektivitas antioksidan sistemik yang setara tanpa intervensi formulasi khusus enkapsulasi nanoemulsi, kompleks fosfolipid, atau ko-administrasi dengan piperin misalnya. Jadi, hierarki IC_{50} yang disusun dalam kajian ini adalah hierarki *in vitro* yang valid secara metodologis, tetapi tidak dapat langsung diterjemahkan menjadi peringkat efektivitas terapeutik.

Reposisi Farmakologis *Tinospora crispa*

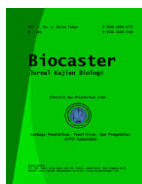
Sebagaimana telah diuraikan pada bagian hierarki aktivitas antioksidan, prinsip kerja DPPH yang bergantung pada donasi atom hidrogen dari gugus hidroksil fenolik (Manful *et al.*, 2025) secara inheren kurang sesuai untuk mengevaluasi golongan senyawa non fenolik seperti alkaloid isokuinolon yang mendominasi *Tinospora crispa*. Temuan paling substansial dari kajian ini menyangkut reposisi farmakologis *Tinospora crispa*. Sebagian besar kajian antioksidan mengevaluasi brotowali semata dari sudut pandang uji DPPH dan TPC, menghasilkan simpulan bahwa aktivitas antioksidannya rendah. Kajian ini berargumen bahwa *framing* tersebut tidak akurat secara ilmiah.

Alkaloid isokuinolon yang mendominasi profil fitokimia *Tinospora crispa* khususnya berberina dan palmatina memiliki mekanisme perlindungan oksidatif yang berbeda secara fundamental dari senyawa fenolik. Berberina bekerja melalui aktivasi jalur AMPK dan penghambatan oksidasi LDL, sementara tinokrisposida dan borapetosida berkontribusi pada aktivitas antidiabetes melalui inhibisi α -glukosidase dan imunomodulasi melalui regulasi TNF- α (Haque *et al.*, 2023). Spektrum aktivitas ini tidak tertangkap oleh uji DPPH yang hanya mengukur kapasitas penyumbangan elektron/hidrogen kepada radikal bebas.

Haque *et al.* (2023) dan Wardana *et al.* (2024) secara terpisah mengkonfirmasi bahwa potensi terapeutik brotowali sebagai antimalaria, antidiabetes, hepatoproteksi, dan imunomodulasi jauh melampaui apa yang bisa diukur melalui uji DPPH. Rekomendasi kajian ini adalah agar evaluasi farmakologis *Tinospora crispa* ke depan dilakukan dengan panel uji yang mencakup uji spesifik untuk alkaloid (misalnya uji inhibisi asetilkolinesterase, uji inhibisi tirosin fosfatase) dan terpenoid (misalnya uji inhibisi α -glukosidase), tidak hanya bergantung pada DPPH dan TPC.

Keterbatasan Penelitian

Kajian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, sebagai *systematic literature review* kajian ini tidak melakukan meta-analisis statistik formal, karena heterogenitas metode yang terlalu besar, sehingga estimasi efek rata-rata tertimbang lintas studi tidak dapat dihasilkan. Kedua, *corpus final* hanya terdiri dari 24 artikel, jumlah studi yang tersedia untuk *Alpinia galanga* dan *Kaempferia galanga* lebih terbatas dibandingkan *Curcuma longa* dan *Zingiber officinale*, sehingga representasi data untuk kedua spesies ini berpotensi kurang komprehensif, keterbatasan data untuk *Alpinia galanga* hanya bersumber dari satu studi ($n = 1$), sehingga nilai IC_{50} yang dilaporkan merupakan nilai tunggal dan tidak



dapat direpresentasikan sebagai median. Hal ini membatasi kepercayaan komparatif untuk spesies ini. Ketiga, harmonisasi satuan dilakukan berdasarkan asumsi konversi linear yang mungkin tidak sepenuhnya akurat untuk semua studi, terutama bagi studi yang tidak melaporkan satuan secara eksplisit. Keempat, kajian ini tidak mencakup uji aktivitas antioksidan *in vivo* maupun uji klinis, sehingga relevansi biologis temuan *in vitro* masih perlu dikonfirmasi lebih lanjut. Kelima, *corpus* kajian ini berpotensi mengandung *publication bias*, karena studi dengan hasil signifikan atau positif cenderung lebih mudah dipublikasikan dan terindeks di basis data yang digunakan, sementara studi dengan hasil netral atau negatif berpotensi kurang terwakili. Heterogenitas sumber data kombinasi artikel jurnal primer dan buku/monograf ilmiah (Tabel 1–3) turut membatasi generalisasi kuantitatif hasil kajian, meskipun buku dan monograf tersebut tetap bermanfaat sebagai landasan deskriptif dan konseptual.

SIMPULAN

Kajian ini menegaskan bahwa perbandingan aktivitas antioksidan antarspesies hanya dapat dilakukan secara valid apabila metodologi yang digunakan terstandarisasi. Harmonisasi satuan pengukuran (IC₅₀, TPC, TFC) dan konsistensi parameter analisis menjadi prasyarat penting untuk menghasilkan data yang dapat dibandingkan secara lintas. Hasil analisis menunjukkan bahwa *Curcuma longa* memiliki aktivitas antioksidan paling tinggi, diikuti oleh *Zingiber officinale*, dan *Curcuma xanthorrhiza*. Sementara itu, *Tinospora crispa* menampilkan profil yang berbeda karena dominasi alkaloid dan terpenoid, sehingga kapasitas antioksidannya tidak dapat dinilai hanya dari kandungan fenolik.

SARAN

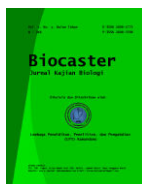
Temuan ini memberikan dasar ilmiah untuk reposisi farmakologis *Tinospora crispa* di luar kerangka fenolik tradisional, dan membuka peluang pengembangan antioksidan berbasis tanaman obat Indonesia yang lebih beragam. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian lanjutan yang mengintegrasikan metode uji antioksidan lain seperti FRAP dan ABTS, sehingga diharapkan akan memperkaya pemahaman multidimensional tentang potensi terapeutik spesies ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

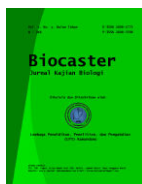
Terima kasih terutama ditujukan kepada Bp. Budi Prasetyo atas bantuan *review* dan sedikit berkontribusi dalam penulisan manuskrip ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada teman-teman satu profesi kerja maupun beberapa teman di Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, yang telah memotivasi dan mendukung untuk sampai selesainya penulisan karya ilmiah ini.

DAFTAR RUJUKAN

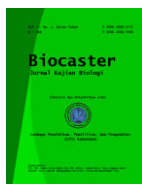
- Ahmad, W., Jantan, I., & Bukhari, S. N. A. (2016). *Tinospora crispa* (L.) Hook. f. & Thomson: A Review of Its Ethnobotanical, Phytochemical, and Pharmacological Aspects. *Front. Pharmacol.*, 7, 1-19. <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00059>



- Buono, A. B., Kusumaningrum, E. N., & Alviani, R. R. (2026). Peran Zingiberaceae dalam Sistem Pengobatan Tradisional Masyarakat Sunda di Desa Nyangkowek, Sukabumi, Jawa Barat. *Manilkara : Journal of Bioscience*, 4(2), 104–115. <https://doi.org/10.33830/manilkara.v4i2.12944.2026>
- Chen, J.-T. (2021). Phytochemical Omics in Medicinal Plants. *Biomolecules*, 10(6), 1-7. <https://doi.org/10.3390/biom10060936>
- Chen, M., Lin, E., Xiao, R., Li, Z., Liu, B., & Wang, J. (2024). Structural Characteristic, Strong Antioxidant, and Anti-Gastric Cancer Investigations on an Oleoresin from Ginger (*Zingiber officinale* Var. Roscoe). *Foods*, 13(10), 1-13. <https://doi.org/10.3390/foods13101498>
- Estiasih, T., Maligan, J. M., Witoyo, J. E., Mu'alim, A. A. H., Ahmadi, K., Mahatmanto, T., & Zubaidah, E. (2025). Indonesian Traditional Herbal Drinks: Diversity, Processing, and Health Benefits. *Journal of Ethnic Foods*, 12(1), 1-24. <https://doi.org/10.1186/s42779-025-00267-5>
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z. E., & Rahmat, A. (2010). Antioxidant Activities, Total Phenolics and Flavonoids Content in Two Varieties of Malaysia Young Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules*, 15(6), 4324–4333. <https://doi.org/10.3390/molecules15064324>
- Haque, E., Bari, M. S., Khandokar, L., Anjum, J., Jantan, I., Seidel, V., & Haque, M. A. (2023). An Updated and Comprehensive Review on the Ethnomedicinal Uses, Phytochemistry, Pharmacological Activity and Toxicological Profile of *Tinospora crispa* (L.) Hook. f. & Thomson. *Phytochemistry Reviews*, 22(1), 211–273. <https://doi.org/10.1007/s11101-022-09843-y>
- Hewlings, S. J., & Kalman, D. S. (2017). Curcumin: A Review of Its Effects on Human Health. *Foods*, 6(10), 1-11. <https://doi.org/10.3390/foods6100092>
- Hurria, Yuhara, N. A., Tahar, N., Gultom, O. R., Duppa, M. T., Amir, N. I., Andrifianie, F., Athaillah, Utami, Y. P., Ahmad, F. F., Khairuddin, Adjeng, A. N. T., Subehan, & Supardan, A. D. (2023). *Fitokimia*. Purbalingga: CV Eureka Media Aksara.
- Kaushik, P., & Ahmad Shabir, R. (2023). *Ginger - Cultivation and Use*. London: IntechOpen.
- Laksmiawati, D. R., Pratami, D. K., Widowati, W., Kusuma, H. S. W., Wijayanti, C. R., & Rizal, R. (2022). The Potency of *Alpinia galanga* as Natural Antioxidant. *Majalah Obat Tradisional*, 27(3), 165–171. <https://doi.org/10.22146/mot.72450>
- Manful, C. F., Fordjour, E., Subramaniam, D., Sey, A. A., Abbey, L., & Thomas, R. (2025). Antioxidants and Reactive Oxygen Species: Shaping Human Health and Disease Outcomes. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(15), 1-42. <https://doi.org/10.3390/ijms26157520>
- Muflihah, Y. M., Gollavelli, G., & Ling, Y. C. (2021). Correlation Study of Antioxidant Activity with Phenolic and Flavonoid Compounds in 12 Indonesian Indigenous Herbs. *Antioxidants*, 10(10), 1-15. <https://doi.org/10.3390/antiox10101530>
- Nieto, G. (2020). *Medicinal Plants and Foods*. Basel: MDPI.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow,



- C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *BMJ (Clinical Research ed.)*, 372(1), 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Perez, A., Martinez-Correa, H. A., Parada-Alfonso, F., Suárez Montenegro, Z. J., Ballesteros-Vivas, D., Álvarez-Rivera, G., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2025). Antioxidant, Neuroprotective and Anti-Inflammatory Activity of *Curcuma longa* Extracts: From Green Extraction to Nanoemulsion. *Frontiers in Nutrition*, 12(1), 1-18. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1619725>
- Puspitasari, R. N., Sudjarwo, S. A., Pranoto, A., & Basori, A. (2022). Antioxidant Activity of *Tinospora crispa* Extracted with Different Ethanol Solvents. *Bali Medical Journal*, 11(3), 1107–1110. <https://doi.org/10.15562/bmj.v11i3.3467>
- Raslina, H., Dharmawibawa, I. D., & Safnowandi, S. (2016). Diversity of Medicinal Plants in National Park of Rinjani Mountain in Order to Arrange Practical Handout of Phanerogamae Systematics. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 4(1), 1-6. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v4i1.210>
- Rosidi, A., Khomsan, A., Setiawan, B., Riyadi, H., & Briawan, D. (2016). Antioxidant Potential of Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb). *Pakistan Journal of Nutrition*, 15(6), 556–560. <https://doi.org/10.3923/pjn.2016.556.560>
- Sabir, S. M., Zeb, A., Mahmood, M., Abbas, S. R., Ahmad, Z., & Iqbal, N. (2021). Phytochemical Analysis and Biological Activities of Ethanolic Extract of *Curcuma longa* Rhizome. *Brazilian Journal of Biology*, 81(3), 737–740. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.230628>
- Saldaña-Olguin, M., Quispe-Ciudad, B. J., & Aguirre, E. (2024). Antioxidant Activity of *Zingiber officinale* R. Extract Using Pressurized Liquid Extraction Method. *AgriEngineering*, 6(4), 3875–3890. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6040220>
- Santi, E., Asjur, V. A., Raadani, A., & Suhartini. (2024). *Tanaman Obat Indonesia (Fitofarmaka)*. Jakarta: PT Bukuloka Literasi Bangsa.
- Sumi, M. J., Zaman, S. B., Imran, S., Sarker, P., & Rhaman, M. S. (2024). A Review on the Ethnopharmacological Importance and Biochemical Composition of Medicinal Plants Within the Zingiberaceae Family. *Plant Science Today*, 11(1), 275–286. <https://doi.org/10.14719/pst.3514>
- Wang, S. Y., Cai, L., Yang, N., Xu, F. F., Wu, Y. S., & Liu, B. (2023). Chemical Composition of the *Kaempferia galanga* L. Essential Oil and its In Vitro and In Vivo Antioxidant Activities. *Frontiers in Nutrition*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1080487>
- Wardana, A. P., Aminah, N. S., Kristanti, A. N., Fahmi, M. Z., Abdjan, M. I., & Sucipto, T. H. (2024). Antioxidant, Anti-inflammatory, Antiviral and Anticancer Potentials of Zingiberaceae Species Used as Herbal Medicine in Indonesia. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 8(9), 8393–8399.



Biocaster : Jurnal Kajian Biologi

E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598

Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2091-2111

Email: biocasterjournal@gmail.com

<https://doi.org/10.26538/tjnpr/v8i9.22>

Wichayapreechar, P., Charoenjittichai, R., Prasansuklab, A., Vinardell, M. P., & Rungseevijitprapa, W. (2024). Exploring the In Vitro Antioxidant, Anti-Aging, and Cytotoxic Properties of *Kaempferia galanga* Linn. Rhizome Extracts for Cosmeceutical Formulations. *Cosmetics*, 11(3), 1-14. <https://doi.org/10.3390/cosmetics11030097>