MEDIC NUTRICIA
Jurnal Ilmu Kesehatan
ISSN : 3025-8855

Vol. 23 No 4 Tahun 2026
Cahaya Ilmu Bangsa

AKTIVITAS ANTIOKSIDAN BAJAKAH (SPATHOLOBUS LITTORALIS HASSK) DAN KEBIOL (CAESALPINIA BONDUC) MENGGUNAKAN PENDEKATAN METABOLOMIK UNTARGETED SERTA METODE DPPH, ABTS, FRAP, DAN FIC

Yulia Yesti, Dyah Sari*, Esmeralda, Latifah, Elena Miawi, Fina Fazilla, Bella Imelda
Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Fort De Kock, Bukittinggi, Indonesia
**Penulis korespondensi: dyahsari810@gmail.com*

ABSTRAK

Stres oksidatif akibat ketidakseimbangan antara radikal bebas dan sistem pertahanan antioksidan endogen berkontribusi terhadap patogenesis berbagai penyakit degeneratif, sehingga penggalian sumber antioksidan alami dari tumbuhan lokal Indonesia terus menjadi topik penelitian yang relevan. Bajakah (Spatholobus littoralis Hassk.) dan kebiol/kebiul (Caesalpinia bonduc) merupakan dua tumbuhan obat tradisional Kalimantan dan Sumatera yang secara empiris digunakan masyarakat namun bukti ilmiahnya masih tersebar dan belum dirangkum secara sistematis, khususnya bila dikaitkan dengan pendekatan metabolomik untargeted. Artikel ini bertujuan merangkum secara naratif bukti ilmiah mengenai aktivitas antioksidan ekstrak Bajakah dan Kebiol yang diuji dengan empat metode in vitro yang paling umum digunakan, yaitu DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), dan FIC (Ferrous Ion Chelating), serta mengulas peran pendekatan metabolomik untargeted berbasis LC-MS/GC-MS/NMR dalam mengidentifikasi metabolit sekunder penanggung jawab aktivitas tersebut. Penelusuran pustaka dilakukan pada basis data Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, ResearchGate, DOAJ, dan portal jurnal nasional (Garuda, Sinta) dengan kata kunci "Bajakah", "Spatholobus littoralis", "Caesalpinia bonduc", "kebiol/kebiul", "antioxidant", "DPPH", "ABTS", "FRAP", "FIC", dan "untargeted metabolomics". Kriteria inklusi dan eksklusi diterapkan mengikuti prinsip PRISMA yang diadaptasi untuk tinjauan naratif. Hasil penelusuran menunjukkan bahwa ekstrak Bajakah memiliki aktivitas antioksidan dengan rentang IC50 DPPH yang bervariasi luas (±12,87–281,72 ppm) bergantung pada bagian tumbuhan, pelarut, dan metode ekstraksi, sedangkan ekstrak biji Kebiol menunjukkan aktivitas penangkapan radikal DPPH yang sangat kuat pada senyawa flavonoid terisolasi (IC50 3,31 µg/mL). Kajian metabolomik untargeted pada famili tumbuhan yang berkerabat menegaskan bahwa senyawa fenolik dan flavonoid (kuersetin, kaempferol, turunan asam galat, dan derivatnya) secara konsisten teridentifikasi sebagai kontributor utama aktivitas antioksidan multi-metode. Kombinasi keempat metode uji (DPPH, ABTS, FRAP, FIC) direkomendasikan untuk memberikan gambaran mekanisme antioksidan yang lebih komprehensif, mencakup donasi atom hidrogen, transfer elektron, dan kelasi logam, sedangkan pendekatan metabolomik untargeted berpotensi mempercepat

Article history
Received: Agustus 2026
Reviewed: Agustus 2026
Published: Agustus 2026
Plagirism checker no 234.8576

Copyright : Author
Publish by : Nutricia



This work is licensed under a creative commons attribution-noncommercial 4.0 international license

penemuan biomarker senyawa aktif pada Bajakah dan Kebiol yang hingga kini masih terbatas.

Kata kunci: Bajakah; Kebiol; Spatholobus littoralis; Caesalpinia bonduc; antioksidan; metabolomik untargeted; DPPH; ABTS; FRAP; FIC

ABSTRACT

Oxidative stress arising from an imbalance between free radicals and the endogenous antioxidant defence system contributes to the pathogenesis of various degenerative diseases, making the exploration of natural antioxidant sources from Indonesian local plants a continuously relevant research topic. Bajakah (Spatholobus littoralis Hassk.) and kebiol/kebiul (Caesalpinia bonduc) are two traditional medicinal plants from Kalimantan and Sumatra that are empirically used by local communities, yet the scientific evidence remains scattered and has not been systematically summarised, particularly in relation to untargeted metabolomic approaches. This article aims to narratively summarise the scientific evidence regarding the antioxidant activity of Bajakah and Kebiol extracts evaluated using the four most commonly used in vitro methods, namely DPPH, ABTS, FRAP, and FIC, and to review the role of untargeted metabolomics based on LC-MS/GC-MS/NMR in identifying the secondary metabolites responsible for such activity. Literature searching was conducted on Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, ResearchGate, DOAJ, and national journal portals (Garuda, Sinta) using the keywords “Bajakah”, “Spatholobus littoralis”, “Caesalpinia bonduc”, “kebiol/kebiul”, “antioxidant”, “DPPH”, “ABTS”, “FRAP”, “FIC”, and “untargeted metabolomics”. Inclusion and exclusion criteria were applied following PRISMA principles adapted for narrative review. The search results show that Bajakah extracts possess antioxidant activity with widely varying DPPH IC50 values (approximately 12.87–281.72 ppm) depending on plant part, solvent, and extraction method, while isolated flavonoids from Kebiol seeds exhibit very strong DPPH radical scavenging activity (IC50 3.31 µg/mL). Untargeted metabolomic studies on closely related plant families consistently identify phenolic and flavonoid compounds (quercetin, kaempferol, gallic acid derivatives) as major contributors to multi-assay antioxidant activity. The combined use of DPPH, ABTS, FRAP, and FIC assays is recommended to provide a more comprehensive picture of antioxidant mechanisms—hydrogen atom transfer, electron transfer, and metal chelation—while untargeted metabolomics has the potential to accelerate the discovery of bioactive compound biomarkers in Bajakah and Kebiol, which remain limited to date.

Keywords: Bajakah; Kebiol; Spatholobus littoralis; Caesalpinia bonduc; antioxidant; untargeted metabolomics; DPPH; ABTS; FRAP; FIC

MEDIC NUTRICIA
Jurnal Ilmu Kesehatan
ISSN : 3025-8855

Vol. 23 No 4 Tahun 2026
Cahaya Ilmu Bangsa

PENDAHULUAN

Radikal bebas dan spesies oksigen reaktif (Reactive Oxygen Species/ROS) yang terbentuk berlebihan akibat gaya hidup tidak sehat, polusi, maupun proses metabolisme normal dapat menimbulkan kerusakan oksidatif pada lipid, protein, dan DNA, yang pada akhirnya berperan dalam patogenesis penyakit kardiovaskular, kanker, diabetes, dan penyakit neurodegeneratif. Antioksidan eksogen dari tumbuhan menjadi salah satu strategi untuk menekan dampak stres oksidatif tersebut, sehingga eksplorasi tumbuhan obat lokal Indonesia sebagai sumber antioksidan alami terus berkembang.

Bajakah (Spatholobus littoralis Hassk.) merupakan tumbuhan khas Pulau Kalimantan yang secara tradisional digunakan oleh masyarakat Dayak, salah satunya untuk pengobatan kanker, dan sempat menjadi sorotan nasional setelah dipublikasikan sebagai temuan pelajar dalam ajang penelitian ilmiah. Sementara itu, kebiol atau kebiul (Caesalpinia bonduc), yang secara internasional lebih dikenal dengan nama Caesalpinia bonducella, adalah tumbuhan famili Fabaceae/Caesalpiniaceae yang bijinya secara tradisional digunakan sebagai obat antipiretik, antidiabetes, dan antiinflamasi di berbagai wilayah Indonesia serta Asia Selatan. Kedua tumbuhan ini memiliki kandungan senyawa fenolik dan flavonoid yang diduga menjadi dasar aktivitas antioksidannya.

Pengukuran aktivitas antioksidan in vitro umumnya menggunakan beberapa metode dengan prinsip kimia yang berbeda, karena tidak ada satu metode tunggal yang mampu merepresentasikan seluruh mekanisme antioksidan suatu senyawa. Metode DPPH dan ABTS bekerja berdasarkan prinsip transfer elektron/atom hidrogen terhadap radikal berwarna yang stabil, metode FRAP mengukur kapasitas reduksi ion feri (Fe^{3+}) menjadi fero (Fe^{2+}), sedangkan metode FIC (Ferrous Ion Chelating) mengukur kemampuan senyawa uji mengkelat ion logam Fe^{2+} sehingga mencegah pembentukan radikal hidroksil melalui reaksi Fenton. Kombinasi keempat metode ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan satu metode saja.

Perkembangan teknologi analitik turut mendorong penerapan pendekatan metabolomik untargeted berbasis kromatografi cair–spektrometri massa (LC-MS), kromatografi gas–spektrometri massa (GC-MS), maupun resonansi magnetik inti (NMR) untuk memprofilkan seluruh metabolit dalam suatu ekstrak tumbuhan tanpa target senyawa tertentu, kemudian dikorelasikan dengan hasil uji bioaktivitas (bioassay-guided metabolomics) guna menemukan biomarker senyawa yang bertanggung jawab terhadap aktivitas antioksidan. Pendekatan ini telah banyak diterapkan pada famili tumbuhan lain, namun penerapannya pada Bajakah dan

Kebiol masih sangat terbatas. Oleh karena itu, tinjauan naratif ini disusun untuk merangkum bukti ilmiah terkini mengenai aktivitas antioksidan Bajakah dan Kebiol berdasarkan metode DPPH, ABTS, FRAP, dan FIC, sekaligus mengulas potensi dan tantangan penerapan pendekatan metabolomik untargeted pada kedua tumbuhan tersebut.

METODE PENELUSURAN PUSTAKA

Artikel ini disusun sebagai tinjauan naratif (narrative review), namun proses penelusuran pustaka tetap mengadaptasi sebagian prinsip transparansi metodologis dari panduan PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) dan PRISMA-ScR untuk scoping review, mengingat penggunaan strategi pencarian dan kriteria kelayakan yang eksplisit dapat meningkatkan transparansi meskipun tinjauan naratif tetap berada pada tingkat bukti yang lebih rendah dibandingkan tinjauan sistematis.

2.1 Sumber dan Strategi Pencarian

Penelusuran pustaka dilakukan pada basis data dan mesin pencari ilmiah: Google Scholar, PubMed/MEDLINE, ScienceDirect, ResearchGate, Semantic Scholar, DOAJ, PMC (PubMed Central), serta portal jurnal nasional terindeks Garuda dan Sinta (mis. Berita Biologi, Jurnal Katalisator, Borneo Journal of Pharmacy, Journal of Food and Pharmaceutical Sciences UGM). Kata kunci yang digunakan meliputi kombinasi Boolean: ("Bajakah" OR "Spatholobus littoralis") AND ("antioxidant" OR "antioksidan" OR "DPPH" OR "ABTS" OR "FRAP" OR "FIC"); ("Kebiol" OR "Kebiul" OR "Caesalpinia bonduc" OR "Caesalpinia bonducella") AND ("antioxidant" OR "phenolic" OR "flavonoid"); serta ("untargeted metabolomics" OR "metabolomik") AND ("plant extract" OR "antioxidant") AND ("LC-MS" OR "GC-MS" OR "NMR").

2.2 Kriteria Inklusi

- Artikel primer (penelitian eksperimental in vitro) atau artikel tinjauan (review) yang membahas aktivitas antioksidan Spatholobus littoralis (Bajakah) dan/atau Caesalpinia bonduc/bonducella (Kebiol/Kebiul);

- Artikel yang melaporkan hasil uji dengan minimal satu dari metode DPPH, ABTS, FRAP, atau FIC (ferrous ion chelating), atau metode lain yang relevan sebagai pembanding (mis. Folin-Ciocalteu, CUPRAC);

- Artikel yang membahas pendekatan metabolomik untargeted (LC-MS, GC-MS, NMR, atau kombinasinya) yang dikaitkan dengan aktivitas antioksidan ekstrak tumbuhan, baik pada Bajakah/Kebiol maupun famili tumbuhan terkait yang relevan sebagai pembanding metodologis;

• Artikel berbahasa Indonesia atau Inggris yang dipublikasikan pada jurnal terindeks nasional (Sinta/Garuda) maupun internasional (Scopus, PubMed, DOAJ, Web of Science);

• Artikel dengan teks lengkap (full text) atau abstrak terstruktur yang memuat data metodologi dan hasil (nilai IC50, %inhibisi, kandungan fenolik/flavonoid total, atau data profil metabolomik) yang dapat diverifikasi;

• Artikel yang dipublikasikan tanpa batasan tahun terbit yang ketat, mengingat literatur mengenai Bajakah dan Kebiol relatif terbatas, namun prioritas diberikan pada publikasi 10 tahun terakhir (2015–2026) untuk artikel primer terkait kedua tumbuhan tersebut.

2.3 Kriteria Eksklusi

• Artikel yang tidak dapat diakses teks lengkap maupun abstraknya, atau tidak memuat data numerik/metodologis yang dapat diverifikasi;

• Artikel duplikat atau publikasi berganda (multiple publication) dari data penelitian yang sama;

• Artikel opini, editorial, prosiding tanpa data hasil, poster non-peer-review, atau sumber non-akademik seperti berita populer dan blog kesehatan;

• Artikel yang membahas Spatholobus atau Caesalpinia namun tidak relevan dengan aktivitas antioksidan (misalnya murni membahas aspek botani, ekologi, atau agronomi tanpa uji bioaktivitas);

• Artikel dengan indikasi masalah integritas ilmiah (retraksi, jurnal predator tanpa proses telaah sejawat yang jelas) berdasarkan penelusuran status jurnal;

• Dokumen paten atau materi non-jurnal yang tidak melalui proses telaah sejawat (peer review), kecuali digunakan sebatas ilustrasi metodologi umum.

2.4 Ekstraksi dan Sintesis Data

Data yang diekstraksi dari setiap artikel terpilih meliputi: nama penulis dan tahun publikasi, nama jurnal/penerbit, bagian tumbuhan dan pelarut ekstraksi yang digunakan, metode uji antioksidan, nilai aktivitas (IC50, %RSA, TEAC, AEAC, atau EC50), kandungan fenolik/flavonoid total, serta—bila tersedia—metabolit yang teridentifikasi melalui pendekatan metabolomik. Data kemudian disintesis secara naratif dan dikelompokkan berdasarkan tumbuhan (Bajakah/Kebiol), metode uji, dan pendekatan analitik metabolomik untuk melihat pola dan kesenjangan penelitian (research gap).

MEDIC NUTRICIA
Jurnal Ilmu Kesehatan
ISSN : 3025-8855

Vol. 23 No 4 Tahun 2026
Cahaya Ilmu Bangsa

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Aktivitas Antioksidan Bajakah (Spatholobus littoralis Hassk.)

Beberapa penelitian melaporkan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak Bajakah sangat bervariasi bergantung pada bagian tumbuhan (batang, akar), pelarut ekstraksi, dan metode fraksinasi yang digunakan. Ekstrak etanol Bajakah tampala dari Kalimantan dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan kuat dengan nilai IC50 metode DPPH sebesar 54,19 ± 8,15 µg/mL, disertai kandungan fenolik total 0,649 ± 0,026% GAE dan flavonoid total 1,084 ± 0,043% QE, yang mengindikasikan hubungan antara kandungan fenolik-flavonoid dengan kekuatan antioksidannya. Pada penelitian fraksinasi menggunakan kromatografi lapis tipis, fraksi etil asetat Bajakah tampala merah menunjukkan aktivitas antioksidan DPPH paling kuat (IC50 12,87 ppm), diikuti fraksi n-heksana (24,08 ppm) dan fraksi air (57,23 ppm), menunjukkan bahwa senyawa semipolar berkontribusi besar terhadap aktivitas antiradikal Bajakah.

Studi lain yang membandingkan metode CUPRAC, DPPH, dan FRAP pada dua varietas Bajakah tampala (merah dan putih) menemukan bahwa ekstrak etanol menunjukkan kapasitas antioksidan tertinggi pada metode CUPRAC dan FRAP, sedangkan ekstrak n-heksana unggul pada metode DPPH, dengan korelasi positif antara DPPH-CUPRAC dan kandungan fenolik total (TPC). Hal ini menegaskan pentingnya penggunaan lebih dari satu metode uji karena setiap metode memiliki sensitivitas berbeda terhadap golongan senyawa tertentu. Sebaliknya, uji terhadap ekstrak etanol batang Bajakah pada penelitian lain justru menunjukkan aktivitas antioksidan lemah (IC50 281,72 µg/mL) meskipun kandungan fenolik totalnya cukup tinggi (21,535 mg GAE/g), yang mengindikasikan bahwa kandungan fenolik total tidak selalu berbanding lurus dengan aktivitas antiradikal apabila senyawa dominan bukan tergolong penyumbang aktivitas DPPH yang kuat.

Penelitian berbasis kombinasi uji in vitro dan in silico pada ekstrak batang Bajakah dengan sembilan variasi pelarut menggunakan metode DPPH dan ABTS menunjukkan bahwa ekstrak etanol 70% memberikan profil aktivitas antioksidan terbaik, yang selanjutnya dikaitkan dengan potensi aktivitas antikanker melalui simulasi docking molekuler terhadap protein target menggunakan platform SwissADME, ProTox 3.0, dan AutoDock Vina. Pemanfaatan Bajakah dalam bentuk sediaan teh herbal dari akar tampala juga telah diuji aktivitas antioksidannya dengan metode DPPH selain karakterisasi sifat fisikokimia (kadar air, kadar abu, pH, dan organoleptik), menunjukkan potensi pengembangan produk hilir berbasis Bajakah sebagai minuman fungsional.

3.2 Aktivitas Antioksidan Kebiol/Kebiul (Caesalpinia bonduc)

Penelitian isolasi senyawa antioksidan dari cangkang biji kebiul (Caesalpinia bonduc L.) menunjukkan bahwa senyawa flavonoid murni yang diisolasi memiliki aktivitas penangkapan radikal DPPH sangat kuat dengan IC50 3,31 ± 0,12 µg/mL, mengonfirmasi bahwa biji Kebiol merupakan sumber senyawa antioksidan alami yang potensial dan mendukung penggunaan tradisionalnya. Studi lain pada ekstrak etanol biji Caesalpinia bonducella melaporkan bahwa aktivitas DPPH meningkat secara dose-dependent pada rentang konsentrasi 20–200 µg/mL, dengan IC50 ekstrak sebesar 74,73 µg/mL dibandingkan asam askorbat 26,68 µg/mL, disertai kandungan fenolik total 62,50 mg GAE/g yang lebih tinggi dibandingkan standar pembanding, serta kemampuan menghambat radikal superoksida, hidroksil, dan nitrat oksida.

Perbandingan aktivitas antioksidan pada berbagai bagian tumbuhan C. bonduc (akar, batang, daun, dan kernel biji) menggunakan metode DPPH menunjukkan bahwa ekstrak etanol 70% daun memiliki kandungan flavonoid total, fenolik total, dan aktivitas DPPH tertinggi (IC50 79,802 µg/mL) dibandingkan bagian tumbuhan lainnya, sehingga daun berpotensi menjadi sumber antioksidan alternatif selain biji. Kajian terhadap spesies berkerabat dalam genus Caesalpinia turut memperkuat gambaran ini: ekstrak metanol kayu dan perikarp Caesalpinia decapetala menunjukkan aktivitas DPPH, superoksida, dan nitrit oksida yang berkorelasi dengan kandungan polifenol dan flavonoid, sedangkan senyawa brazilein dari Caesalpinia sappan terbukti memiliki kapasitas antioksidan ganda pada uji DPPH dan ABTS sekaligus aktivitas antiadipogenik dan antikanker in vitro. Studi berbasis nanopartikel perak yang disintesis dari ekstrak daun C. bonducella turut melaporkan aktivitas antioksidan yang lebih superior dibandingkan ekstrak murni pada uji DPPH dan ABTS, membuka peluang pengembangan formulasi nanoteknologi berbasis Kebiol.

3.3 Prinsip dan Perbandingan Metode DPPH, ABTS, FRAP, dan FIC

Metode DPPH dan ABTS termasuk dalam kelompok uji berbasis transfer elektron/atom hidrogen terhadap radikal sintetik berwarna yang stabil, yaitu radikal DPPH (ungu) dan kation radikal ABTS•+ (biru-hijau), dan keduanya merupakan metode paling populer karena kemudahan preparasi, kecepatan analisis, dan reproduksibilitas hasil yang tinggi. Metode FRAP mengukur kapasitas reduksi kompleks Fe3+-TPTZ menjadi Fe2+-TPTZ berwarna biru sebagai indikator kapasitas antioksidan reduktif total, sementara metode FIC secara spesifik mengukur kemampuan senyawa uji mengkelat ion Fe2+ melalui penghambatan pembentukan kompleks Fe2+-ferrozin, yang relevan karena ion logam transisi seperti Fe2+ dan Cu2+ dapat memicu pembentukan radikal hidroksil melalui reaksi Fenton.

Studi komparatif metode DPPH, ABTS, dan FRAP pada berbagai jenis ekstrak menunjukkan korelasi positif yang kuat antar-metode (misalnya korelasi ABTS-FRAP dan DPPH-ABTS pada kisaran R^2 0,90–0,95), serta korelasi signifikan antara hasil DPPH/ABTS dengan kandungan fenolik total metode Folin-Ciocalteu, meskipun metode DPPH tetap menjadi metode yang paling banyak dipilih karena kesederhanaan prosedurnya. Namun demikian, metode FIC memberikan informasi mekanistik tambahan yang tidak tercakup oleh DPPH, ABTS, maupun FRAP, karena berbagai penelitian pada tumbuhan lain (seperti Artemisia aucheri, Artemisia biennis, Pandanus pygmaeus, dan teh hijau Camellia sinensis) menunjukkan bahwa fraksi atau ekstrak dengan aktivitas DPPH tertinggi tidak selalu menunjukkan aktivitas kelasi FIC tertinggi, menandakan bahwa golongan senyawa penyumbang aktivitas radikal-scavenging dan aktivitas kelasi logam dapat berbeda. Oleh karena itu, penggunaan kombinasi keempat metode (DPPH, ABTS, FRAP, FIC) pada Bajakah dan Kebiol—yang hingga saat ini masih didominasi oleh uji tunggal DPPH pada sebagian besar publikasi—akan memberikan karakterisasi mekanisme antioksidan yang lebih menyeluruh, mencakup kapasitas donasi hidrogen/elektron sekaligus kapasitas kelasi logam prooksidan.

3.4 Pendekatan Metabolomik Untargeted dalam Studi Antioksidan Tumbuhan

Metabolomik untargeted berbasis LC-MS, GC-MS, dan/atau NMR memungkinkan profiling menyeluruh terhadap ratusan hingga ribuan metabolit dalam suatu ekstrak tanpa penetapan target senyawa di awal analisis, kemudian data dianalisis secara multivariat (Principal Component Analysis/PCA, Partial Least Squares-Discriminant Analysis/PLS-DA) untuk mengidentifikasi metabolit pembeda (discriminant metabolites) yang berkorelasi dengan hasil uji bioaktivitas—pendekatan yang dikenal sebagai bioassay-guided metabolomics. Pada famili Ulmaceae, pendekatan LC-MS untargeted berhasil mengidentifikasi glikosida kuersetin, kaempferol, dan isorhamnetin sebagai metabolit pembeda yang berkorelasi dengan aktivitas antioksidan tertinggi pada dua spesies yang diteliti, menunjukkan bahwa metabolomik dapat mempercepat penemuan biomarker aktif dibandingkan isolasi bioassay-guided konvensional yang memakan waktu lama.

Pendekatan serupa pada famili Betulaceae mengidentifikasi 19 kandidat metabolit yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan ABTS dan efek sitoprotektif terhadap kerusakan sel akibat H2O2, dengan etil galat teridentifikasi sebagai kontributor utama pada ekstrak Alnus firma. Pada Ephedra foeminea, kombinasi GC-MS, LC-MS, dan NMR disertai analisis Venn diagram dan Metabolite Enrichment Set Analysis (MESA) digunakan untuk memetakan profil kimia lima ekstrak pelarut berbeda serta mengaitkannya dengan aktivitas ABTS. Studi pada

kecambah lobak (Raphanus sativus) menggunakan kombinasi LC-MS dan 1H-NMR berhasil mengidentifikasi 19 senyawa termasuk glukosinolat dan turunan asam hidroksisinamat yang berkorelasi dengan aktivitas DPPH dan TEAC tertinggi pada ekstrak etanol 70%, sementara studi pada daun Gmelina philippensis menggunakan LC-MS/MS untargeted dan molecular networking berhasil mengannotasi 27 senyawa (didominasi flavonoid dan iridoid glikosida) yang berasosiasi dengan aktivitas DPPH (IC50 7,49 µg/mL) dan FRAP yang kuat.

Berdasarkan penelusuran pustaka, hingga saat ini belum ditemukan publikasi yang secara eksplisit menerapkan pendekatan metabolomik untargeted pada Bajakah maupun Kebiol yang dikorelasikan langsung dengan hasil uji multi-metode DPPH/ABTS/FRAP/FIC. Sebagian besar penelitian pada kedua tumbuhan tersebut masih bersifat konvensional, yaitu penetapan kandungan fenolik-flavonoid total secara kolorimetri disertai satu atau dua metode uji antioksidan, tanpa profiling metabolit menyeluruh. Kesenjangan (research gap) ini membuka peluang besar bagi penelitian mendatang untuk mengintegrasikan metabolomik untargeted berbasis LC-MS/GC-MS pada Bajakah dan Kebiol guna mengidentifikasi biomarker senyawa aktif secara lebih komprehensif dan efisien, sekaligus memvalidasi mekanisme antioksidannya melalui kombinasi keempat metode uji in vitro yang telah diulas.

3.5 Implikasi dan Arah Penelitian Selanjutnya

Rangkuman bukti di atas menunjukkan bahwa baik Bajakah maupun Kebiol berpotensi sebagai sumber antioksidan alami, namun variasi metodologi antar-penelitian (perbedaan pelarut, bagian tumbuhan, dan metode uji yang digunakan) menyulitkan perbandingan hasil secara langsung. Standardisasi protokol ekstraksi dan uji multi-metode (DPPH, ABTS, FRAP, FIC) disertai profiling metabolomik untargeted diperlukan agar data yang dihasilkan lebih komparabel dan dapat ditelusuri hingga senyawa aktif spesifiknya. Penelitian ke depan juga disarankan mengaitkan hasil metabolomik dengan uji in silico (molecular docking) maupun uji in vivo untuk memvalidasi potensi farmakologis Bajakah dan Kebiol secara lebih menyeluruh.

KESIMPULAN

Bajakah (Spatholobus littoralis Hassk.) dan Kebiol (Caesalpinia bonduc) merupakan tumbuhan obat tradisional Indonesia dengan aktivitas antioksidan yang telah dibuktikan melalui berbagai metode in vitro, terutama DPPH, dengan sebagian kecil studi menambahkan ABTS dan FRAP, sementara metode FIC masih sangat jarang diterapkan pada kedua tumbuhan tersebut. Aktivitas antioksidan sangat dipengaruhi oleh bagian tumbuhan, pelarut ekstraksi, dan metode fraksinasi, dengan kandungan fenolik-flavonoid total umumnya berkorelasi positif terhadap aktivitas antiradikal meskipun tidak selalu konsisten. Pendekatan metabolomik untargeted

terbukti efektif dalam mengidentifikasi biomarker senyawa antioksidan pada berbagai famili tumbuhan lain, namun penerapannya pada Bajakah dan Kebiol masih menjadi celah penelitian yang perlu ditindaklanjuti. Integrasi uji multi-metode (DPPH, ABTS, FRAP, FIC) dengan metabolomik untargeted berbasis LC-MS/GC-MS/NMR direkomendasikan sebagai arah penelitian selanjutnya untuk mengungkap secara komprehensif senyawa dan mekanisme antioksidan Bajakah dan Kebiol.

KONTRIBUSI PENULIS

Yulia Yesti dan Dyah Sari: konseptualisasi, penulisan draf awal, dan analisis data pustaka. Esmeralda dan Latifah: penelusuran literatur dan sintesis data. Elena Miawi dan Fina Fazilla: penulisan bagian metode dan pembahasan. Bella Imelda: penyuntingan akhir dan validasi daftar pustaka. Seluruh penulis membaca dan menyetujui naskah akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Nemi, R., Makki, A. A., Sawalha, K., Hajjar, D., & Jaremko, M. (2022). Untargeted metabolomic profiling and antioxidant capacities of different solvent crude extracts of *Ephedra foeminea*. *Metabolites, 12*(5), 451. https://doi.org/10.3390/metabo12050451

Aly, S. H., Sung Lee, G., Jang, Y. S., Fayez, S., Kim, K. H., Kim, C. S., & El-Shazly, M. (2025). Chemical profiling of *Gmelina philippensis* Cham. leaf extract and its antioxidant and anti-cholinesterase properties. *Plants, 14*(22), 3494. https://doi.org/10.3390/plants14223494

Amanda, N. G., Sari, G. N. F., Novita, M., & Marlina, D. (2025). Antioxidant activity profiling of red bajakah tampala (*Spatholobus littoralis* Hassk.) fractions using the DPPH radical scavenging method. *Berita Biologi, 24*(3), 459–467. https://doi.org/10.55981/berita_biologi.2025.11322

Arsul, M. I., Syamsi, N., Putri, N., Nur, N. A. A., Mukhriani, & Hamzah, N. (2022). Total phenolic, flavonoid, and antioxidant capacity of bajakah (*Spatholobus littoralis* Hassk). *Current Research on Biosciences and Biotechnology, 4*(1), 242–245. https://doi.org/10.5614/crbb.2022.4.1/VRJ3X4LF

Ashraf, M. F., Abd Aziz, M., Stanslas, J., Ismail, I., & Abdul Kadir, M. (2013). Assessment of antioxidant and cytotoxicity activities of saponin and crude extracts of *Chlorophytum borivilianum*. *TheScientificWorldJournal, 2013*, 216894. https://doi.org/10.1155/2013/216894

Cannavacciuolo, C., Cerulli, A., Dirsch, V. M., Heiss, E. H., Masullo, M., & Piacente, S. (2023). LC-MS- and ^1H NMR-based metabolomics to highlight the impact of extraction solvents on chemical profile and antioxidant activity of daikon sprouts (*Raphanus sativus* L.). *Antioxidants, 12*(8), 1542. https://doi.org/10.3390/antiox12081542

Dudonné, S., Vitrac, X., Coutière, P., Woillez, M., & Mérillon, J.-M. (2009). Comparative

study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57*(5), 1768–1774. https://doi.org/10.1021/jf803011r

Fawole, O. A., Makunga, N. P., & Opara, U. L. (2012). Antibacterial, antioxidant and tyrosinase-inhibition activities of pomegranate fruit peel methanolic extract. *BMC Complementary and Alternative Medicine, 12*, 200. https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-200

Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S.-J., Koo, S. I., & Chun, O. K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis, 24*(7), 1043–1048. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.008

Hartanti, L., Rafdinal, R., Ashari, A. M., Apindiati, R. K., Tavita, G. E., Nur, A. D. F., & Warsidah. (2022). Determination of physical chemical properties and antioxidant potential of bajakah tampala herbal tea (*Spatholobus littoralis* Hassk). *Health Sciences and Pharmacy Journal, 6*(3), 97–102. https://doi.org/10.32504/hspj.v6i3.764

Hatami, T., Emami, S. A., Miraghaee, S. S., & Mojarrab, M. (2014). Total phenolic contents and antioxidant activities of different extracts and fractions from the aerial parts of *Artemisia biennis* Willd. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 13*(2), 551–559. https://doi.org/10.22037/ijpr.2014.1518

Jahanbani, P., Nasseri, S., & Mojarrab, M. (2021). Antioxidant activity-guided phytochemical investigation of *Artemisia aucheri* Boiss.: Isolation of ethyl caffeate and a spinacetin glycoside. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 20*(1), 82–90. https://doi.org/10.22037/ijpr.2019.15496.13140

Kim, J. K., et al. (2019). Untargeted metabolomics toward systematic characterization of antioxidant compounds in Betulaceae family plant extracts. *Metabolites, 9*(9), 186. https://doi.org/10.3390/metabo9090186

Liang, C.-H., Chan, L.-P., Chou, T.-H., Chiang, F.-Y., Yen, C.-M., Chen, P.-J., Ding, H.-Y., & Lin, R.-J. (2013). Brazilein from *Caesalpinia sappan* L. antioxidant inhibits adipocyte differentiation and induces apoptosis through caspase-3 activity and anthelmintic activities against *Hymenolepis nana* and *Anisakis simplex*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2013*, 864892. https://doi.org/10.1155/2013/864892

Mahfudh, N., Murdi, H. B., Utami, D., Ahda, M., Nashihah, S., & Andika, A. (2024). Antioxidant activity, total phenolics, and total flavonoids content of bajakah tampala (*Spatholobus littoralis*): The indigenous herbal medicine from Kalimantan. *Borneo Journal of Pharmacy, 7*(3), 247–253. https://doi.org/10.33084/bjop.v7i3.6609

Medical University of South Carolina Libraries. (2026). *Inclusion/exclusion criteria—Scoping reviews*. LibGuides. https://musc.libguides.com/

Mihiranie, M. K. S., Jayasinghe, J. M. J. K., Wanasundara, J. P. D., & Jayasinghe, C. V. L. (2019). Comparison of ABTS, DPPH, and FRAP assays for estimating antioxidant potential of selected Sri Lankan traditional sweetmeats. *Proceedings of the International Research Conference, Uva Wellassa University*, 255.

Nuruljannah Bt Md Yusof, N., Hasan, M. H., Armayni, U. A., Ahmad, M. S. B., Mohsin, H. F., & Wahab, I. A. (2013). The ferrous ion chelating assay of extracts. *The Open Conference Proceedings Journal, 4*, 155. https://doi.org/10.2174/22102892013040100155

Paiva, L. S., Lima, E. M. C., Motta, M., & Marcone, M. F. (2021). Influence of seasonal and yearly variation on phenolic profiles, caffeine, and antioxidant activities of green tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) from Azores. *Applied Sciences, 11*(16), 7439. https://doi.org/10.3390/app11167439

Patel, R. M. (2013). Ferrous ion chelating activity (FICA)—A comparative antioxidant activity evaluation of extracts of eleven naturally growing plants of Gujarat, India. *International Journal of Scientific Research, 2*(8).

Pawar, C. R., & Surana, S. J. (2010). Antioxidant properties of the methanol extract of the wood and pericarp of *Caesalpinia decapetala*. *Journal of Young Pharmacists, 2*(1), 45–49. https://doi.org/10.4103/0975-1483.62212

Rupanar, S. V., Satpute, R., & Kakde, N. (2024). Comparative study of in vitro antioxidant potential of biosynthesized silver nanoparticles and leaf extract of *Caesalpinia bonducella*. *Advances in Bioresearch, 15*(4), 418–427. https://doi.org/10.15515/abr.0976-4585.15.4.418427

Rustandi, T., Yumassik, A. M., Nugraha, E. J. E. P., Nugroho, M. R., Yasir, M., & Kamalia. (2025). Antioxidant and anticancer activities of *Spatholobus littoralis* stem extract: An in vitro and in silico computational investigation. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences, 13*(1), 10–24. https://doi.org/10.22146/jfps.16727

Salam, M. A., Yuda, I. P., & Juniarti. (2026). Isolation of antioxidant compounds from kebiul (*Caesalpinia bonduc* L.) seed shells. *Jurnal Katalisator, 11*(1), 40–50. https://doi.org/10.62769/yyx6jb26

Sembiring, E. N., Elya, B., & Sauriasari, R. (2018). Phytochemical screening, total flavonoid and total phenolic content and antioxidant activity of different parts of *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb. *Pharmacognosy Journal, 10*(1), 123–127. https://doi.org/10.5530/pj.2018.1.22

Shukla, S., Mehta, A., Bajpai, V. K., & Shukla, S. (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic extract of *Caesalpinia bonducella* seeds. *Food and Chemical Toxicology, 47*(8), 1848–1851. https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.040

Sudan, R., Bhagat, M., Gupta, S., Singh, J., & Koul, A. (2014). Iron (FeII) chelation, ferric reducing antioxidant power, and immune modulating potential of *Arisaema jacquemontii* (Himalayan cobra lily). *BioMed Research International, 2014*, 179865. https://doi.org/10.1155/2014/179865

Wulan, S., Roanisca, O., & Nurhadini, N. (2022). Total phenolic test and antioxidant activity of bajakah stem extract (*Spatholobus littoralis* Hassk.). *Stannum: Jurnal Sains dan Terapan Kimia, 4*(2), 47–51. https://doi.org/10.33019/jstk.v4i2.3265