Empiricism Journal
https://journal-center.litpam.com/index.php/empiricism
email: empiric.journal@gmail.com

Vol. 6, No 4, Dec. 2025
e-ISSN: 2745-7613
pp. 2784-2798

Senyawa Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Biji Chia (*Salvia hispanica L.)* Sebagai Pangan Fungsional

Sri Sukma Wati[1], Denih Agus Setia Permana[1]*, Yuniariana Pertiwi[2]
Program Studi S1 Farmasi[1], Pendidikan Profesi Apoteker[2], Fakultas, Farmasi, Sains dan Teknologi, Universitas Al-Irsyad Cilacap, Jalan Tentara Pelajar No. 35, Cilacap, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia 53231.
Email Korespondensi: denihagus01@gmail.com

Abstrak

Biji chia (*Salvia hispanica* L.) adalah sumber pangan dengan aktivitas antioksidan tinggi. Senyawa bioaktif biji chia yaitu senyawa fenolik, flavonoid, peptida bioaktif, asam omega-3 (ALA). Senyawa bioaktif ini mampu menangkap radikal bebas, meningkatkan daya reduksi, dan perlindungan terhadap peroksidasi lipid. Peningkatan prevalensi penyakit tidak menular seperti diabetes, hipertensi, dan gangguan kardiovaskular akibat pola makan modern menuntut inovasi dalam pengembangan pangan fungsional alami tinggi antioksidan. Data perdagangan internasional menunjukan Indonesia mengimpor sekitar 2,8 juta kg biji chia pada tahun 2023, menunjukan permintaan domestik yang tinggi dan peluang pengembangan komoditas lokal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen bioaktif utama dalam biji chia dan mengevaluasi mekanisme aktivitas antioksidan berdasarkan hasil uji pra klinis sebagai pangan fungsional untuk meningkatkan antioksidan dalam tubuh. Metode yang digunakan adalah *systematic literature review* dengan pedoman PRISMA menggunakan basis data *Scopus* pada periode 2017–2025. Sebanyak 10 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis secara deskriptif. Hasil menunjukkan bahwa biji chia mengandung senyawa fenolik total sekitar 1201.94 mg GAE/kg, flavonoid sekitar 233.98 mg CE/kg, ALA sekitar 60-70% dari total asam lemak, dan peptida bioaktif. Data kuantitatif menunjukan inhibisi radikal mencapai 70%-90% pada uji pra klinis, menunjukan aktivitas antioksidan yang tinggi. Kesimpulan, senyawa fenolik total sekitar 1201.94 mg GAE/kg, flavonoid sekitar 233.98 mg CE/kg menjadi kandidat utama antioksidan pada biji chia dengan senyawa bioaktif lainnya yang memiliki potensi kuat dalam pengembangan pangan fungsional.

Kata kunci: *Salvia hispanica L.*; Senyawa Bioaktif; Aktivitas Antioksidan; Pangan Fungsional.

Bioactif Compounds and Antioxidant Activity Chia Seeds (Salvia hispanicaL.) as Functional Food

Abstract

Chia seeds (Salvia hispanica L.) are a food source with high antioxidant activity. The bioactive compounds in chia seeds include phenolic compounds, flavonoids, bioactive peptides, and omega-3 fatty acid (ALA). These bioactive compounds are capable of scavenging free radicals, enhancing reducing power, and providing protection against lipid peroxidation. The increasing prevalence of non-communicable diseases such as diabetes, hypertension, and cardiovascular disorders due to modern dietary patterns demands innovation in the development of natural functional foods with high antioxidant content. International trade data shows that Indonesia imported approximately 2.8 million kg of chia seeds in 2023, indicating high domestic demand and opportunities for developing local commodities. This study aims to identify the main bioactive components in chia seeds and evaluate the mechanism of antioxidant activity based on preclinical test results as functional foods to increase antioxidants in the body. The method used is a systematic literature review following PRISMA guidelines using the Scopus database for the period 2017–2025. A total of 10 articles meeting the inclusion criteria were analyzed descriptively. The results show that chia seeds contain approximately 1201.94 mg GAE/kg of total phenolic compounds, 233.98 mg CE/kg of flavonoids, 60-70% ALA of total fatty acids, and bioactive peptides. Quantitative data shows radical inhibition reaching 70%-90% in preclinical tests, indicating high antioxidant activity. In conclusion, total phenolic compounds at approximately 1201.94 mg GAE/kg and flavonoids at approximately 233.98 mg CE/kg are the primary antioxidant candidates in chia seeds, along with other bioactive compounds that have strong potential in the development of functional foods.

Keywords: *Salvia hispanica L.; Bioactive Compounds; Antioxidant Activity; Functional Food.*

How to Cite: Wati, S. S., Permana, D. A. S., & Pertiwi, Y. (2025). Senyawa Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Biji Chia (*Salvia hispanica L.*) Sebagai Pangan Fungsional. *Empiricism Journal*, *6*(4), 2784-2798. https://doi.org/10.36312/v7zdrt36

https://doi.org/10.36312/v7zdrt36

Copyright© 2025, Wati et al.
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.

PENDAHULUAN

Peningkatan prevalensi penyakit tidak menular (PTM) seperti diabetes, hipertensi, dan gangguan kardiovaskular kini dipahami sebagai tantangan kesehatan global yang tidak bisa dilepaskan dari perubahan pola makan masyarakat modern. Pola konsumsi yang makin bergeser ke makanan ultra-proses, tinggi kalori, tinggi lemak jenuh, serta kaya gula sederhana, berkontribusi pada ketidakseimbangan energi dan penurunan kualitas gizi harian. Salah satu konsekuensi yang sering luput dibahas secara rinci adalah turunnya asupan serat pangan dan antioksidan alami dari bahan segar, sehingga tubuh lebih rentan mengalami gangguan metabolik dan peningkatan stres oksidatif (Afshin, 2019; Mozaffarian, 2016; Srour et al., 2019; WHO, 2021). Jika argumennya hanya "makanan ultra-proses pasti buruk", itu terlalu menyederhanakan. Problem utamanya bukan sekadar "proses", melainkan komposisi gizi dominan (energi padat, serat rendah, gula/lemak tinggi) dan efek kumulatifnya pada metabolisme ketika dikonsumsi secara rutin dalam jangka panjang, ditambah gaya hidup sedentari yang sering menyertainya.

Stres oksidatif merupakan kondisi ketika produksi radikal bebas atau spesies oksigen reaktif melampaui kapasitas sistem pertahanan antioksidan tubuh. Dalam keadaan ini, radikal bebas dapat merusak membran sel (lipid), protein fungsional, hingga DNA, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap penuaan dini dan berbagai penyakit degeneratif (Abdel-Aty et al., 2024; Aref et al., 2024). Namun penting juga ditegaskan bahwa radikal bebas tidak selalu "musuh". Dalam kadar fisiologis, mereka berperan dalam sinyal seluler dan respons imun. Yang menjadi masalah adalah kondisi kronis ketika keseimbangan redoks terganggu, misalnya akibat diet berkualitas rendah, inflamasi kronis, atau paparan polutan. Di titik inilah intervensi pangan fungsional relevan, bukan sebagai "obat tunggal", tetapi sebagai salah satu komponen strategi pencegahan berbasis pola makan.

Dalam konteks tersebut, biji chia (*Salvia hispanica L.*) muncul sebagai sumber pangan fungsional yang makin diminati karena profil gizinya relatif lengkap. Biji ini kaya asam lemak omega-3, terutama alpha-linolenic acid (ALA), tinggi serat, mengandung protein nabati, serta menyediakan senyawa bioaktif seperti fenolat, flavonoid, dan tokoferol yang berkaitan dengan aktivitas antioksidan (Pellegrini et al., 2018; Rodríguez-Lara et al., 2021). Perlu dicermati: menyebut chia "kaya omega-3" sering membuat pembaca mengira efeknya otomatis setara dengan omega-3 rantai panjang (EPA/DHA) dari ikan. Padahal ALA adalah prekursor, dan konversinya menjadi EPA/DHA pada manusia terbatas. Meski begitu, ALA tetap bernilai karena berkontribusi pada profil lemak yang lebih sehat, dan dalam beberapa kajian dikaitkan dengan penurunan risiko kardiometabolik, penghambatan peroksidasi lipid, serta efek antiinflamasi (Pellegrini et al., 2018; Rodríguez-Lara et al., 2021). Artinya, chia patut dilihat sebagai komponen diet yang memperbaiki kualitas asupan, bukan sebagai klaim terapi tunggal.

Relevansi chia untuk Indonesia menjadi menarik karena konsumsi omega-3 masyarakat masih dinilai rendah sementara tren PTM meningkat. Dalam kerangka pencegahan, pengembangan pangan fungsional berbasis bahan alam seperti chia dapat menjadi pendekatan yang realistis, terutama jika diarahkan pada produk yang mudah diterima konsumen dan sesuai kebiasaan makan lokal. Sejauh ini, biji chia telah mulai diaplikasikan pada beberapa produk pangan di Indonesia. Pada susu pasteurisasi dan tempe, pemanfaatan chia dilaporkan mampu meningkatkan nilai gizi sekaligus aktivitas antioksidan produk (Dwianto et al., 2024; Irmayanti, 2021). Ini poin penting, tetapi juga perlu diuji secara kritis: peningkatan "aktivitas antioksidan" pada produk jadi sering bergantung pada metode pengukuran, stabilitas senyawa selama proses, serta interaksi dengan matriks pangan. Aktivitas yang tinggi pada uji laboratorium tidak selalu berarti efek biologis yang setara dalam tubuh manusia.

Di sisi lain, penelitian aplikasi chia pada jus menunjukkan peningkatan kandungan zat gizi, terutama kalsium, yang berperan dalam regulasi tekanan darah dan fungsi kardiovaskular (Erlinda et al., 2024). Temuan ini potensial, tetapi sekali lagi, efek kesehatan tidak hanya ditentukan oleh kadar mineral, melainkan juga bioavailabilitas, komposisi keseluruhan diet, dan kondisi fisiologis individu. Penelitian pada yoghurt melaporkan penambahan chia dapat meningkatkan bakteri asam laktat (Rahmawati et al., 2024), yang bisa relevan untuk kualitas fermentasi dan nilai fungsional, meskipun mekanisme peningkatan bakteri masih perlu dijelaskan lebih tajam (misalnya kontribusi serat sebagai

prebiotik atau perubahan viskositas yang memengaruhi lingkungan mikroba). Pada susu kambing pasteurisasi, penambahan chia dilaporkan memperbaiki karakteristik fisikokimia seperti viskositas dan stabilitas (Kholifah & Nuraeni, 2025). Rangkaian studi ini cukup meyakinkan bahwa chia fleksibel sebagai bahan fortifikasi dan dapat meningkatkan mutu produk, sehingga wajar jika disimpulkan bahwa chia memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia.

Meski demikian, arah penelitian chia yang meningkat belum sepenuhnya menjawab kebutuhan ilmiah yang lebih mendasar. Di Indonesia, banyak studi masih fokus pada perbaikan sifat fisikokimia, sementara pengembangan aplikasi pangan yang lebih luas dan kajian mekanistik masih terbatas. Secara global pun, banyak riset menekankan karakteristik fisikokimia, bioaktivitas, serta aplikasi kesehatan, tetapi sering belum menghubungkan secara rapi antara kandungan bioaktif, mekanisme kerja antioksidan, dan implikasi aplikatifnya dalam konteks produk dan konsumsi nyata. Akibatnya, data kuantitatif kadar senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan pada chia masih bervariasi dan belum dianalisis secara terpadu. Variasi ini tidak bisa dianggap sekadar “perbedaan kecil”, karena bisa mengubah interpretasi kualitas bahan baku dan klaim fungsional. Sejumlah penelitian menunjukkan kadar fenolik, flavonoid, dan aktivitas antioksidan dapat dipengaruhi oleh kondisi tanah, sistem irigasi, serta metode ekstraksi (de Falco et al., 2021; Knez Hrnčič et al., 2019). Jadi, tanpa standar pelaporan dan pendekatan komparatif yang kuat, sulit menyimpulkan “berapa” kadar bioaktif chia yang representatif dan bagaimana konsistensinya lintas lokasi dan proses.

Keterbatasan berikutnya adalah dominannya bukti dari uji in vitro atau pra-klinis. Hasil in vitro memang penting sebagai langkah awal, tetapi tidak otomatis menjelaskan apa yang terjadi setelah konsumsi, misalnya pencernaan, transformasi metabolit, interaksi dengan mikrobiota, hingga respons jaringan target. Bahkan pada tataran biologis-molekuler, kajian yang menguraikan mekanisme seperti aktivasi jalur Nrf2-Keap1 atau modulasi enzim antioksidan endogen (SOD, CAT, GPx) masih relatif terbatas (Aref et al., 2024). Padahal mekanisme ini krusial untuk menjembatani klaim “antioksidan” dari sekadar angka uji laboratorium menuju pemahaman yang lebih biologis. Jika mekanisme tidak dijelaskan, produk pangan fungsional berisiko terjebak pada klaim generik yang sulit dipertanggungjawabkan.

Dari sisi hilirisasi dan strategi nasional, Indonesia juga belum banyak berkontribusi dalam pengembangan chia, meskipun secara agroklimat memiliki peluang budidaya. Kesenjangan ini menjadi makin relevan ketika permintaan impor chia dilaporkan tinggi, mencapai 2,8 juta kilogram pada tahun 2023 (Tridge, 2023). Angka ini bisa dibaca sebagai peluang ekonomi, tetapi juga sebagai sinyal bahwa pasokan domestik, riset budidaya, standardisasi mutu, dan pengembangan produk berbasis chia belum terkonsolidasi. Tentu, potensi agroklimat tidak otomatis berarti budidaya akan berhasil secara komersial. Diperlukan data agronomi, rantai pasok, preferensi pasar, hingga regulasi klaim pangan fungsional.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, kajian ilmiah yang lebih komprehensif perlu dilakukan untuk memperdalam pemahaman mengenai senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan biji chia (*Salvia hispanica L.)* sebagai pangan fungsional. Fokus kajian tidak cukup berhenti pada inventarisasi senyawa dan uji aktivitas, tetapi juga perlu menautkan variasi komposisi bioaktif (dipengaruhi lingkungan dan proses) dengan mekanisme antioksidan yang lebih spesifik, serta implikasinya pada desain produk pangan yang realistis untuk konsumsi masyarakat. Kajian ini penting sebagai dasar ilmiah untuk mengembangkan inovasi pangan sehat berbahan chia di Indonesia, karena tanaman chia memiliki kemampuan adaptasi lingkungan yang baik serta potensi ekonomi dan kesehatan yang besar.

METODE

Studi ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pedoman PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Pendekatan ini diterapkan untuk menyajikan tinjauan yang sistematis, transparan, dan terukur mengenai senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan biji chia (*Salvia hispanica* L.) sebagai pangan fungsional berdasarkan bukti ilmiah dari literatur terpercaya.

Sumber Data dan Strategi Pencarian

Pengumpulan data dilakukan secara sistematis melalui basis data Scopus, Pemilihan Scopus didasarkan pada pertimbangan bahwa platform ini memiliki cakupan jurnal internasional yang luas, terkurasi dengan baik, serta mencakup berbagai disiplin ilmu yang relevan dengan topik penelitian, seperti farmasi, biokimia, gizi, dan nutraseutikal. sekaligus menyediakan indikator kualitas publikasi melalui sistem kuartil (Q1–Q4). Pencarian literatur dilakukan pada 17 Oktober 2025 menggunakan kombinasi kata kunci *("chia seed" OR "Salvia hispanica") AND ("antioxidant activity" OR "bioactive compound" OR "polyphenol") AND ("functional food" OR "food application" OR "food formulation") AND ("human nutrition" OR "health benefit" OR "clinical trial")* untuk mengidentifikasi artikel yang mengkaji mengenai senyawa bioaktif, aktivitas antioksidan, dan penerapannya pada pangan fungsional. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan pendekatan analisis deskriptif dan komparatif dengan membandingkan kadar senyawa bioaktif dan antioksidan dari setiap peneliti.

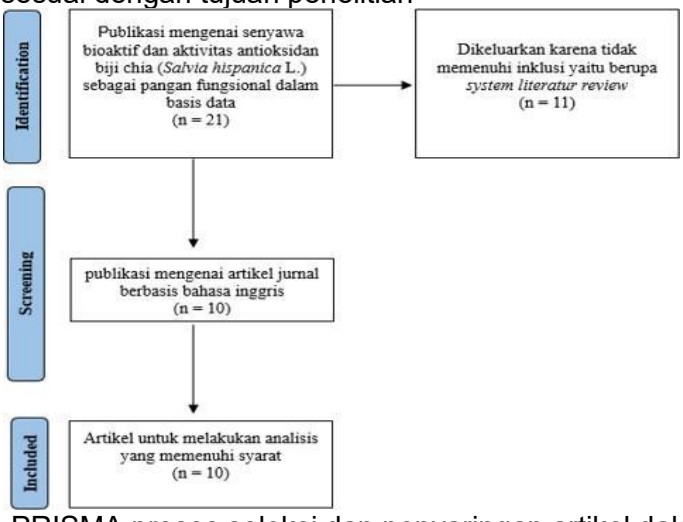
Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi mencakup artikel ilmiah penelitian murni yang dipublikasi pada rentang tahun 2017 – 2025, artikel ilmiah terindeks scopus pada kuartil Q1-Q4. Artikel yang dipilih secara khusus mengkaji biji chia (*Salvia hispanica* L.) sebagai topik utama dengan fokus penelitian meliputi uji pra klinis, karakteristik senyawa bioaktif, aktivitas antioksidan, dan aplikasinya dalam pangan fungsional. Pemilihan artikel terindeks scopus untuk menjamin kualitas artikel dan kredibilitas ilmiah yang diakui secara internasional.

Kriteria eksklusi meliputi publikasi non-penelitian asli seperti *review*, *meta-analysis*, systematic literature review karena penelitian ini bertujuan menganalisis data primer dan hasil penelitian murni dari studi eksperimental dan uji pra klinis, sehingga perbandingan antara peneliti dapat dilakukan lebih akurat, pengecualian ini dilakukan untuk menghindari duplikasi data dan interpretasi berlapis. Artikel yang tidak membahas senyawa bioaktif, aktivitas antioksidan, dan aplikasi pada pangan fungsional, artikel dipublikasikan sebelum tahun 2017 dan artikel tidak terindeks scopus Q1-Q4.

Proses Seleksi dan Teknik Ekstraksi Artikel

Proses seleksi artikel dilakukan menggunakan alur PRISMA yang meliputi tahapan identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi. Pencarian awal dilakukan pada tanggal 17 oktober 2025 Pencarian dilakukan pada bulan 17 Oktober 2025. Pencarian dilakukan dengan memasukan kata kunci yang sudah ditentukan dengan hasil temuan 21 artikel ilmiah yang membahas mengenai senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan biji chia sebagai pangan fungsional. 11 artikel kemudian disaring atau dikeluarkan karena masuk kriteria eksklusi yaitu berbentuk artikel *systematic literature review*. Hasil penyaringan didapatkan 10 artikel yang layak digunakan untuk *systematic literature review* karena memenuhi kriteria inklusi yang sudah ditentukan. Ekstraksi data dilakukan dengan mencatat informasi utama, meliputi nama penulis, tahun publikasi, metode penelitian, hasil utama penelitian, dan kesimpulan penelitian. Analisis dilakukan secara deskriptif untuk membahas secara detail artikel sesuai dengan tujuan penelitian



Gambar 1. Diagram PRISMA proses seleksi dan penyaringan artikel dalam tinjauan literatur

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif-kualitatif untuk mengidentifikasi pola kesamaan dan perbedaan antar peneliti mengenai komposisi senyawa bioaktif, mekanisme aktivitas antioksidan, dan potensi aplikasi biji sebagai pangan fungsional. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil kuantitatif dan kualitatif dari senyawa bioaktif, kadar senyawa yang dilaporkan, metode analisis dan hasil uji aktivitas antioksidan dan pra klinis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

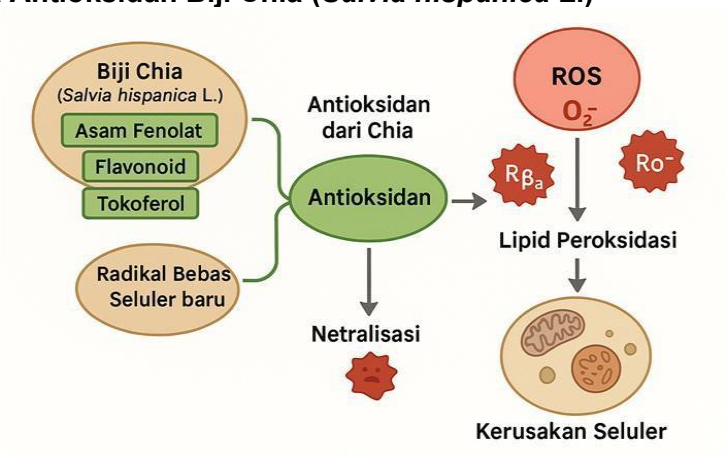
Kerangka pemikiran ini menunjukkan alur konseptual yang digunakan pada penelitian mengenai aktivitas senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan biji chia (*Salvia hispanica* L.) sebagai pangan fungsional dan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Kerangka Pemikiran Penelitian mengenai Senyawa Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Biji Chia (Salvia hispanica L.)

Kerangka pemikiran penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur konseptual dalam menganalisis senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan biji chia (*Salvia hispanica* L.). Analisis bibliometrik berbasis Scopus menunjukkan peningkatan signifikan dalam publikasi terkait chia, dengan dominasi kata kunci seperti *chia seed, antioxidant activity, bioactive compounds, dan functional food,* serta kontribusi penting dari negara dan institusi penelitian utama yang memperkuat arah riset global. Biji chia diketahui mengandung komponen bioaktif seperti asam lemak omega-3, polifenol, flavonoid, dan asam fenolat yang berperan dalam memberikan efek fisiologis melalui mekanisme antioksidan, baik secara langsung dengan menangkap radikal bebas maupun secara biologis melalui aktivasi jalur Nrf2–Keap1 yang meningkatkan ekspresi enzim antioksidan endogen. Mekanisme tersebut mendukung proteksi sel dari stres oksidatif dan peroksidasi lipid, sekaligus memberikan efek antiinflamasi dan hepatoprotektif. Implikasi penelitian ini menekankan potensi chia untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional.

Mekanisme Kerja Antioksidan Biji Chia (*Salvia hispanica* L.)



Gambar 3. Mekanisme kerja antioksidan biji chia (Salvia hispanica L.)

Biji chia (Salvia hispanica L.) memiliki mekanisme kerja antioksidan yang kuat melalui kandungan senyawa bioaktif seperti fenolik (asam fenolat), flavonoid, dan tokoferol, yang berperan dalam menetralisir ROS dengan mendonorkan elektron atau atom hidrogen untuk

menghambat reaksi oksidatif berantai (Dib *et al*., 2021; Motyka *et al*., 2023; Rahman *et al*., 2017; Marineli *et al.*, 2015). Tokoferol berfungsi memutus rantai peroksidasi lipid sehingga menjaga integritas membran sel (Gupta *et al.,* 2025; Haque *et al*., 2024*)*. Senyawa fenolik dan flavonoid mengalami mengalami pencernaan dan absorpsi di saluran gastrointestinal, kemudian dimetabolisme di hati melalui konjugasi glukuronidasi, metilasi, dan sulfatasi untuk meningkatkan kelarutan dan bioavailabilitasnya. Metabolit aktif yang dihasilkan kemudian terdistribusi melalui sistem sirkulasi ke jaringan target seperti hati, otak, dan sistem kardiovaskular, yang merupakan lokasi utama terjadinya stres oksidatif.

Senyawa polifenol dari chia tidak hanya berperan sebagai antioksidan eksogen yang menangkap radikal bebas, tetapi juga sebagai *modulator* sistem redoks internal yang memperkuat homeostasis oksidatif (Rahman *et al*., 2017; Sachi *et al*., 2024; Vega-Joubert *et al.,* 2022; Villanueva *at al*., 2024). Selain bertindak sebagai antioksidan langsung, polifenol chia juga mengaktifkan jalur Nrf2–Keap1 yang menstimulasi ekspresi enzim antioksidan endogen seperti SOD, CAT, dan GPx, yang berperan dalam detoksifikasi ROS dan pemeliharaan homeostasis redoks seluler (Haque *at al*., 2024; Motyka *et al*., 2023). Tiga enzim tersebut memiliki fungsi penting dalam mempertahankan keseimbangan redoks, SOD mengonversi anion superoksida menjadi H_2O_2, sementara CAT dan GPx menguraikan H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2, sehingga mencegah akumulasi spesies oksigen reaktif (Gupta *et al.*, 2025). Kombinasi mekanisme ini secara keseluruhan menurunkan stres oksidatif dan berpotensi mencegah penyakit degeneratif seperti aterosklerosis, diabetes, dan kanker (Rodriguez & Fernandez, 2024).

Hasil Analisis Sistematis Senyawa Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Biji Chia Sebagai Pangan Fungsional

Hasil kajian sistematis menunjukkan bahwa berbagai penelitian in vitro, in vivo, dan uji klinis telah mengevaluasi potensi senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan biji chia (*Salvia hispanica* L.) sebagai pangan fungsional. Ringkasan temuan dari seluruh penelitian yang dianalisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan biji chia (*Salvia hispanica L.*)

No	Penelitian (tahun)	Judul	Metode	Hasil	Kesimpulan
1	Marwa A. Kamel *et al*. (2025)	Pemanfaatan manfaat minyak biji-bijian: kajian komprehensif tentang perannya dalam pangan fungsional	Uji in vitro (DPPH, ABTS, antimikroba)	DPPH dan ABTS >90%, aktivitas fibrinolitik sekitar 65%, aktivitas antimikroba luas zona hambat 20-30 mm, MIC 20-30 µL,dan efek prebiotik moderat terhadap Lactobacillus spp 0,41-1,13	minyak biji chia menunjukkan potensi biologis yang tinggi melalui aktivitas antioksidan, antimikroba, dan efek fungsional yang saling mendukung.
2	Javadifard, H., Ghazanfari, H., Zand, B., Bahrami, F. (2024)	Optimasi budidaya chia (*Salvia hispanica* L.) di wilayah Iran: studi tentang pengaruh kerapatan tanam dan	Uji lapangan (ZPT GA_3/IAA), GC–FID	Total fenol 5.26-17.02 mg GAE/g DW, total flavonoid 0.39-1.09 mg RE/g DW, DPPH 78.40-86.74%, TAOC 19.26–37.74%, FRAP 49.75-	Kadar bervariasi dipengaruhi kombinasi ethephon, daminozide, dan jarak tanam.

No	Penelitian (tahun)	Judul	Metode	Hasil	Kesimpulan
		zat pengatur tumbuh		176.83 mg/g AFS, mukilago 3-7.43%	
3	Guedes de Melo *et al.* (2022)	Biji chia sebagai bahan fumhsional dalam pembuatan muffin sehat	Folin-Ciocalteu, DPPH, uji sensoris	Antioksidan naik 30%, DPPH 28.4 ± 2.3% inhibisi	Penambahan chia meningkatkan aktivitas antioksidan tanpa mengubah rasa
4	Bruna de Falco *et al.* (2021)	Analisis metabolik dan aktivitas antioksidan batang dan bunga chia (*Salvia hispanica* L.) tipe liar dan mutan yang ditanam pada berbagai tingkat irigasi	GC–MS, Folin–Ciocalteu, DPPH	Kadar total polifenol pada bunga chia 200-550 mg GAE/g ekstrak, batang chia 5-30 mg GAE/g ekstrak, dengan aktivitas antioksidan mencapai hingga 3.4 mmol TEAC/g pada bunga dan hingga 0.21 mmol TEAC/g pada batang	Bunga chia memiliki kadar polifenol dan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan batang.
5	Brenda Y. Espinaco *et al*. (2021*)*	Stabilitas penyimpanan minyak chia (*Salvia hispanica* L.) yang diperkaya dengan astaxantin	GC–MS, TBARS, DPPH, ABTS	TEAC meningkat dari 1,26 menjadi 2,29 µmol Trolox/g; ALA 54,19 g/100 g minyak	Minyak chia memiliki aktivitas antioksidan moderat yang meningkat signifikan melalui fortifikasi, dengan ALA berperan dalam perlindungan oksidatif lipid secara tidak langsung.
6	Avilene R. Lara *et al.* (2021)	Penilaian komposisi fitokimia dan kandungan nutrisi biji chia hitam (*Salvia hispanica* L.)	Folin Ciocalteu, $AlCl_3$, GC–MS, DPPH, ABTS	Karbohidrat & asam organik 5.60 mg/g, asam amino 84.8 µg/g, asam fenolat 607 µg/g, polifenol 5.18 mg/g, dan flavonoid 0.7 µg/g.	Chia hitam didominasi oleh polifenol sebagai kontributor utama aktivitas antioksidan

No	Penelitian (tahun)	Judul	Metode	Hasil	Kesimpulan
7	Valentina V. Nikolić *et al.* (2020)	Kedelai hitam dan biji chia hitam sebagai sumber nutrisi dan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan	AOAC, Folin–Ciocalteu, Van Soest	Total fenolik 1201,94 ± 16,29 mg GAE/kg, total flavonoid 233,98 ± 8,42 mg CE/kg, TAC 31,60 ± 1,57 mmol Trolox eq/kg, asam ferulat 39,17 ± 0,30 mg/kg, asam kafeat 21,23 ± 0,04 mg/kg.	Chia kaya senyawa bioaktif yang berpotensi antioksidan tinggi.
8	Ibrahim & Ghani (2020)	Pengaruh hidrolisis enzimatis terhadap aktivitas antioksidan dan profil asam amino tepung chia tanpa lemak	Analisis asam amino, DPPH, ABTS, FRAP	DPPH 35,46 µM AAE, ABTS 34,45 µM TE, FRAP 23,11 µM $FeSO_4$ eq	Hidrolisis protein menghasilkan peptida kecil yang meningkatkan aktivitas antioksidan
9	Edwin E. Martínez Leo & Maira R. Segura Campos (2020)	Efek neuroprotektif fraksi peptida *Salvia hispanica* terhadap modulasi pro inflamasi pada sel mikroglia HMC3	Kultur sel HMC3, uji ELISA, MTT assay	Fraksi peptida chia 1-3 kDa menunjukkan efek protektif sel sebesar 62.3-79.0% pada konsentrasi 25-100 µg/mL, penurunan ROS sebesar 51.3 ± 2.3%, penurunan produksi NO sebesar 33.1 ± 2.3%, penurunan mediator inflamasi TNF-α sebesar 26.4 ± 1.1% dan IL-6 sebesar 17.36 ± 1.6% pada konsentrasi 50 µg/mL	Peptida chia (1–3 kDa) bersifat antioksidan, antiinflamasi, dan neuroprotektif
10	Muhammad Nadeem *et al.* (2017)	Asam lemak omega-3, senyawa fenoli, dan karakteristik	GC-MS, Flin-Ciocalteu, DPPH dan HPLC-	Asam lemak omega-3 (α-linolenic acid) 2.92–12.29%, asam lemak	Minyak chia didominasi oleh asam lemak omega-3 dan senyawa fenolik

No	Penelitian (tahun)	Judul	Metode	Hasil	Kesimpulan
		antioksidan margarin yang diperkaya dengan minyak chia	DAD	omega-6 (linoleic acid) meningkat seiring penambahan minyak chia, dan senyawa fenolik total dengan kadar 2.22-11.42 mg GAE/mL, disertai peningkatan aktivitas antioksidan DPPH 17.82-62.80%.	sebagai kontributor utama aktivitas

Komponen bioaktif dan aktivitas antioksidan biji chia

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa biji chia (*Salvia hispanica* L.) memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa bioaktif dengan berbagai aktivitas fisiologi. Menurut Kamel *et al.* (2025) menunjukkan biji chia dalam bentuk minyak, mengandung komponen bioaktif utama yaitu fraksi lipid kaya asam lemak tak jenuh dan senyawa fenolik. Memiliki aktivitas antioksidan tinggi yang ditunjukan melalui uji DPPH dan ABTS, dengan nilai inhibisi lebih dari 90% menunjukan efektivitas antioksidan paling tinggi dibandingkan studi aplikatif pangan lainnya, serta memiliki aktivitas biologis seperti antimikroba, fibrinolik, dan efek prebiotik. Antioksidan biji chia tidak hanya berasal dari satu golongan senyawa saja melainkan dari interaksi komponen lipofilik dan hidrofilik yang menghasilkan efek multifungsi. Javadifard *et al*. (2024) mengungkapkan biji chia mengandung senyawa bioaktif yaitu fenolik, flavonoid, dan komponen antioksidan endogen dengan hasil kadar dipengaruhi oleh faktor agronomi. Aktivitas antioksidan yang tinggi mencapai 80% dari kandungan fenolik dan flavonoid karena pengaruh kerapatan tanam dan zat pengatur tumbuh. Potensi antioksidan biji chia dapat dioptimalkan sejak tahap penanaman dan pengelolaan pascapanen. pentingnya pengelolaan agronomis untuk menjaga kualitas bioaktif biji chia. Kondisi budidaya berperan penting dalam menentukan profil fitokimia dan stabilitas metabolit sekunder biji chia, khususnya dalam pengembangan di wilayah tropis seperti Indonesia.

Segi aplikasi, penelitian Guedes de Melo *et al*. (2022) menunjukkan biji chia yang diaplikasikan dalam produk muffin mampu mempertahankan senyawa fenolik dan komponen antioksidan alami yang setelah proses pemanggangan. Aktivitas antioksidan yang diukur melalui uji DPPH menunjukkan senyawa bioaktif relatif stabil dalam pangan dan mendukung penggunaan sebagai bahan produk pangan sehat, sehingga memiliki keunggunalan dibandingkan dengan sumber antioksidan alami lain yang sensitif terhadap suhu tinggi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Nadeem *et al*. (2017) menunjukkan minyak chia mengandung asam lemak omega-3 dan fenolik yang tetap aktif. Fortifikasi margarin dengan minyak chia mampu meningkatkan kandungan omega-3 dan memperpanjang umur simpan produk hingga 90 hari tanpa mengubah mutu dan rasa. Dua penelitian ini memperkuat potensi biji chia sebagai bahan fungsional stabil dan bernilai tinggi dalam industri pangan.

Espinaco *et al*. (2021) melaporkan minyak chia mengandung ALA sebagai bioaktif dominan, serta ada tokoferol, fenolik lipofilik yang memiliki jumlah kecil. Aktivitas antioksidan minyak chia terutama ALA berperan sebagai antioksidan tidak langsung dalam mencegah terjadinya peroksidasi lipid. Penelitian Rodríguez-Lara *et al.* (2021) menunjukkan bahwa biji chia hitam memiliki senyawa bioaktif polifenol, flavonoid, asam lemak. Polifenol menjadi fraksi bioaktif utama dan aktivitas antioksidan yang diukur dengan uji DPPH dan ABTS mendukung untuk penangkapan radikal bebas.

Penelitian de Falco *et al*. (2021) menunjukkan bahwa senyawa bioaktif tidak hanya terdapat pada bijinya saja tetapi ada pada batang dan bunga tanaman chia. Penelitian ini

menunjukkan bahwa terdapat senyawa bioaktif seperti senyawa fenolik total, asam fenolat, dan metabolik antioksidan yang terakumulasi lebih tinggi pada bunga dibandingkan pada batang chia. Hasil uji DPPH dan Folin-Ciocalteu menunjukkan aktivitas antioksidan yang tinggi.

Nikolić *et al*. (2020) menunjukkan biji chia hitam memiliki sumber senyawa bioaktif yaitu total fenolik, flavonoid, asam fenolat (asam ferulat dan asam kafeat). Senyawa bioaktif ini berperan dalam penangkapan radikal bebas yang mampu menetralkan ROS dan mencegah stres oksidatif. Aktivitas antioksidan yang tinggi ditunjukan hubungan kuat antara kadar senyawa fenolik dan kapasitas antioksidan total. Secara kuantitatif kadar total fenolik paling tinggi yaitu 1201,94 mg GAE/kg dibandingkan studi lain.

Penelitian Ibrahim & Ghani (2020) menunjukkan bahwa protein biji chia dapat dihidrolisis menjadi peptida bioaktif yang memiliki aktivitas antioksidan. Peptida chia berperan sebagai donor elektron dan agen pereduksi yang diukur melalui uji DPPH, ABTS, DAN FRAP. Temuan ini diperkuat oleh Martínez-Leo & Campos (2020) melaporkan bahwa fraksi peptida chia yang berukuran kecil mampu menurunkan stres oksidatif dan mediator inflamasi seluler. Penelitian ini menunjukkan aktivitas antioksidan chia tidak hanya secara kimia tetapi relevan secara fisiologis.

Berdasarkan analisi 10 jurnal, senyawa fenolik dan flavonoid menjadi kandidat utama antioksidan pada chia. Kadar fenolik tertinggi yaitu sekitar 1201,94 ± 16,29 mg GAE/kg dan kadar flavonoid sebesar 233,98 ± 8,42 mg CE/kg. Metode yang paling efektif digunakan untuk menentukan senyawa bioaktif yaitu Folin-Ciocalteu dan AICI3 untuk mengidentifikasi fenolik dan flavonoid, GC-MS/LC-MS untuk senyawa individual. Uji DPPH, ABTS, dan FRAP sangat efektif untuk mengidentifikasi aktivitas antioksidan. Perbanding antara peneliti menunjukan bahwa senyawa bioaktif sangat berperan terhadap nilai aktivitas antioksidan pada chia.

Manfaat fisiologis biji chia (*Salvia hispanica* L.)

Biji chia (*Salvia hispanica* L.) memiliki manfaat fisiologis yang beragam dan saling berkaitan, melalui mekanisme antioksidan, antiinflamasi, dan modulasi metabolik. Penelitian Rodríguez-Lara *et al.* (2021), Nikolić *et al*. (2020) dan Javadifard *et al*. (2024) yang menunjukkan bahwa biji chia memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat berperan dalam menekan stres oksidatif yang merupakan faktor utama penyebab penyakit degeneratif seperti kardiovaskular, diabetes dan gangguan inflamasi kronis. Senyawa yang berperan untuk menangkap radikal bebas dan donor elektron yaitu senyawa fenolik dan flavonoid yang mampu melindungi sel dari kerusakan oksidatif. Aktivitas antioksidan yang tinggi didukung kadar total fenolik dan flavonoid yang berkontribusi secara langsung dalam menurunkan akumulasi radikal bebas dan kerusakan biomolekul dari kerusakan oksidatif

Espinaco *et al*. (2021) dan Nadeem *et al*. (2017) menunjukkan bahwa kandungan asam lemak omega-3 dalam chia cukup tinggi. ALA memberikan berperan mencegah terjadinya peroksidasi lipid, perbaikan profil lipid, dan meningkatkan kesehatan kardiovaskular. ALA juga secara tidak langsung mampu menurunkan inflamasi dengan menjaga stabilitas membran sel dan keseimbangan oksidatif. Kandungan ALA pada biji chia bukan sebagai antioksidan primer, tetapi perannya sebagai antioksidan tidak langsung yang mampu memperkuat efek perlindungan sel terhadap stres oksidatif yang berkaitan dengan gangguan metabolik.

Ibrahim & Ghani (2020) dan Martínez-Leo & Campos (2020) menyatakan peptida bioaktif hasil hidrolisis protein biji chia mampu memberikan efek antioksidan dan antiinflamasi. Peptida mampu menurunkan stres oksidatif seluler dan mediator inflamasi, sehingga dapat berpotensi mendukung kesehatan saraf dan sistem imun. Hasil temuan ini dapat menunjukan bahwa biji chia memiliki manfaat fisiologis tidak hanya sebagai antioksidan, tetapi juga memiliki relevansi biologis melalui mekanisme proteksi dan modulasi inflamasi.

Kamel *et al.* (2025) dan Javadifard *et al*. (2024) juga menjelaskan dari aspek pencernaan dan metabolisme bahwa komponen bioaktif biji chia yaitu mukilago dan fraksi bioaktif berkontribusi terhadap efek prebiotik dan regulasi fungsi usus. Penelitian Guedes de Melo *et al*. (2022) dan Nadeem *et al*. (2017) menunjukkan manfaat fisiologis biji chia tetap terjaga ketika diaplikasikan pada produk pangan dan menandakan bahwa biji chia bersifat

aplikatif sebagai pangan fungsional. Efek prebiotik pada biji chia ini dapat mendukung untuk keseimbangan mikrobiota usus dalam metabolisme dan sistem imun pada manusia.

Potensi biji chia sebagai pangan fungsional

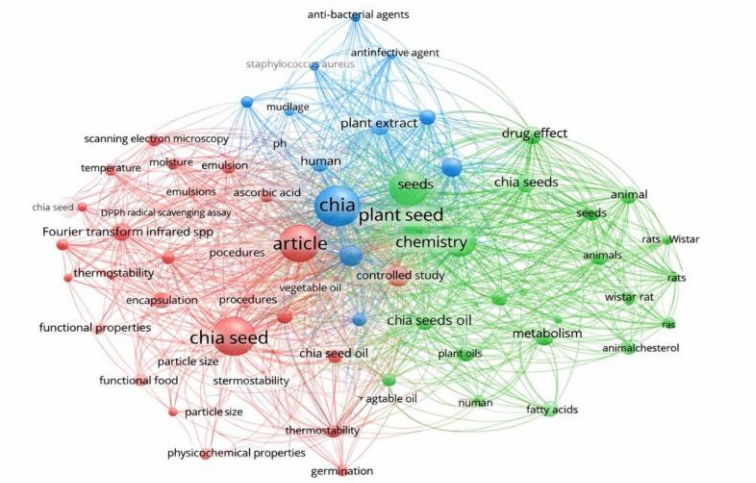
Hasil uji pra klinis dan karakteristik biokimia yang sudah dilakukan menunjukkan aktivitas antioksidan biji chia yang konsisten. Pengujian in vitro menunjukkan biji chia mengandung senyawa bioaktif berupa senyawa fenolik, flavonoid, peptida bioaktif, dan fraksi lipid yang kaya asam lemak tak jenuh berkontribusi untuk menangkap radikal bebas, daya reduksi, dan melindungi terhadap oksidasi lipid. Hasil uji menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan biji chia tidak hanya pada satu mekanisme tunggal tetapi hasil sinergis komponen bioaktif dengan sifat hidrofilik dan lipofilik yang memperkuat potensi pangan fungsional secara biokimia.

Uji pra klinis juga menunjukkan komponen bioaktif biji chia memberikan efek biologis, meliputi penurunan stres oksidatif, modulasi respon inflamasi, dan meningkatkan kesehatan metabolik dan pencernaan. Studi aplikatif biji chia pada pangan juga menunjukkan bahwa senyawa bioaktif biji chia tetap aktif dan stabil dalam berbagai produk pangan tanpa menurunkan mutu sensori dan stabilitas produk. Kombinasi hasil uji, biokimia, fisiologis, dan aplikasi pada pangan menunjukkan biji chia memiliki potensi yang kuat untuk pengembangan pangan fungsional dengan manfaat yang komprehensif.

Perspektif industri, biji chia dapat diintegrasikan dalam produk makanan lokal, seperti kue tradisional, minuman herbal, dan sereal fungsional untuk meningkatkan nilai gizi serta daya saing produk domestik. Pengembangan biji chia juga bisa dilakukan dengan melakukan kolaborasi antara peneliti, industri pangan, dan tenaga kesehatan untuk mendorong inovasi dalam pengembangan suplemen nutrasetikal berbasis chia yang memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia. Beberapa aplikasi potensial yang dapat dikembangkan dari biji chia meliputi minuman kesehatan berbasis minyak chia, suplemen antioksidan alami, serta produk makanan tinggi omega-3 dan serat untuk mendukung gaya hidup sehat masyarakat Indonesia. Biji chia bisa diakui sebagai *superfood* dengan permintaan pasar yang terus meningkat dan pengembangan produk pangan fungsional berbasis biji chia berpotensi meningkatkan daya saing industri dan nilai ekonomi di tingkat internasional.

Analisis Bibliometrik

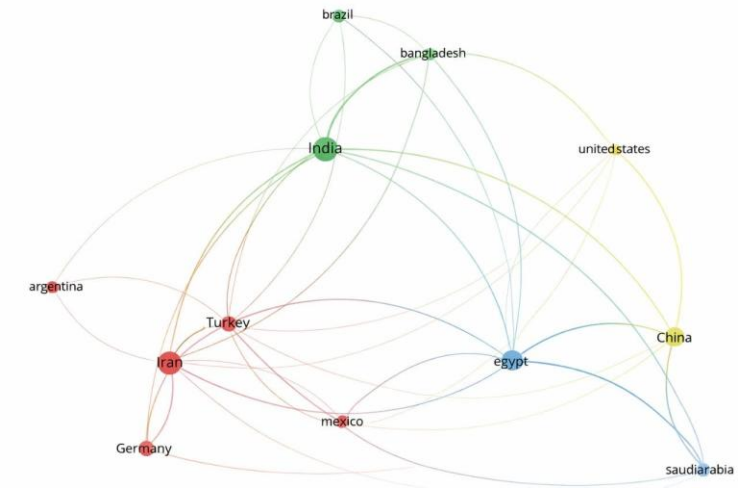
Analisis bibliometrik dilakukan menggunakan perangkat lunak VOSviewer dengan menggunakan 157 artikel menggunakan basis data scopus. Data diperoleh dengan menggunakan kata kunci "*chia seed" OR "Salvia hispanica"* untuk memetakan hubungan antar kata kunci dalam artikel ilmiah mengenai biji chia pada tahun 2025. Visualisasi yang dihasilkan menunjukkan tiga klaster dengan warna berbeda, yang menggambarkan fokus penelitian global pada topik ini. Setiap lingkaran mewakili kata kunci, dengan ukuran menunjukkan seberapa sering muncul. Garis yang menghubungkan antar lingkaran menunjukkan hubungan antara kata kunci dalam satu artikel.



Gambar 4. Peta analisis bibliometrik penelitian tentang chia (*Salvia hispanica* L.) berdasarkan analisis bibliometriks (2025)

Berdasarkan ukuran lingkaran pada visualisasi jaringan kata kunci *chia seed, antioxidant,* dan *chemistry* muncul sebagai lingkaran terbesar, menunjukkan bahwa topik ini merupakan inti dari penelitian biji chia global. Lingkaran yang lebih kecil, seperti *encapsulation, mucilage, dan thermostability,* memiliki topik yang lebih spesifik namun relevan. Hubungan yang kuat antara biji chia, antioksidan, dan pangan fungsional menunjukkan bahwa penelitian telah berfokus pada aktivitas antioksidan dan aplikasi biji chia dalam pangan fungsional yang sejalan dengan topik penelitian.

Visualisasi bibliometrik ini menunjukkan bahwa penelitian biji chia berkembang dalam tiga arahan utama, meliputi karakteristik senyawa bioaktif dan sifat fisikokimia, eksplorasi aktivitas antioksidan dan efek fisiologis, dan evaluasi bioaktivitas farmakologis. Tiga arahan ini mendukung relevansi penelitian ini, yang menekankan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan biji chia sebagai bahan pangan fungsional.



Gambar 5. Visualisasi jaringan kolaborasi antarnegara penelitian biji chia (*Salvia hispanica* L.) berdasarkan data Scopus 2025 menggunakan *VOSviewer*

Visualisasi peta kolaborasi penelitian biji chia menunjukkan empat klaster utama yang menggambarkan hubungan erat antarnegara. Klaster merah menyoroti agronomi dan teknologi pangan dengan dominasi Iran, Turki, Jerman, Meksiko, dan Argentina. Klaster hijau berfokus pada bioaktivitas dan nutraseutikal dengan kontribusi India, Brazil, dan Bangladesh. Klaster biru menekankan aplikasi pangan fungsional dan kesehatan melalui kolaborasi kuat Egypt dan Arab Saudi. Klaster kuning menggambarkan analisis biokimia dan kolaborasi global yang melibatkan China dan Amerika Serikat, dengan arah penelitian lebih eksperimental dan berbasis laboratorium.

KESIMPULAN

Biji chia (*Salvia hispanica* L.) memiliki senyawa bioaktif berupa senyawa fenolik, flavonoid, peptida bioaktif, dan fraksi lipid kaya akan asam lemak tak jenuh terutama ALA. Senyawa fenolik dengan kadar sekitar 1201,98 mg GAE/kg dan senyawa fenolik sekitar 233,98 mg CE/kg menunjukkan sebagai kandidat antioksidan utama pada biji chia. Senyawa fenolik dan flavonoid berperan sebagai penangkapan radikal bebas dan donasi elektron, peptida bioaktif sebagai agen pereduksi dan pelindung oksidatif seluler, ALA sebagai antioksidan tidak langsung melalui pencegahan peroksidasi lipid dan menjaga stabilitas membran sel. Hasil uji in vitro, pra klinis, dan biokimia biji chia mampu menekan stres oksidatif, memodulasi respons inflamasi, membantu kesehatan kardiovaskular, mencegah neurodegeneratif, dan masalah metabolik dan pencernaan. Studi aplikatif membuktikan stabilitas senyawa bioaktif tidak menurunkan mutu sensori dan stabilitas produk. Bukti tersebut menegaskan bahwa biji chia memiliki potensi kuat sebagai pangan fungsional dengan manfaat kesehatan komprehensi yang sudah dibuktikan secara ilmiah.

REKOMENDASI

Penelitian selanjutnya disarankan fokus terhadap uji klinis pada manusia untuk memastikan bioavailabilitas dan efek fisiologis senyawa bioaktif biji chia untuk membuktikan secara ilmiah terkait manfaat biji chia pada manusia. Pengembangan teknologi formulasi

dan stabilitas senyawa aktif biji chia untuk semua bentuk sediaan pangan untuk mendukung biji chia sebagai bahan pangan fungsional. Aplikatif biji chia pada tempe, susu pasteurisasi, yoghurt, dan produk lokal perlu diperluas untuk menilai stabilitas senyawa bioaktif, aktivitas antioksidan, dan penerapan pada konsumen. Pendekatan ini diharapkan bisa memperkuat biji chia sebagai pangan fungsional yang aplikatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Al-Irsyad Cilacap atas dukungan yang menunjang tersusunnya artikel ini. Apresiasi setinggi-tingginya disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, evaluasi, dan masukan ilmiah selama penulisan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyediaan sumber literatur dan dukungan ilmiah, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga kajian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Abdel-Aty, A. M., Barakat, A. Z., Bassuiny, R. I., & Mohamed, S. A. (2024). Chia gum-gelatin-based encapsulation of chia sprouts phenolic compounds enhanced storage stability, bioavailability, antioxidant, antidiabetic, and antibacterial properties. *Scientific Reports*, *14*. https://doi.org/10.1038/s41598-024-71913-2

Afshin, A. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, *393*. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30041-8

Aref, M., FaragAllah, E. M., Goda, N. I. A., Abu-Alghayth, M. H., Abomughaid, M. M., Mahboub, H. H., Alwutayd, K. M., & Elsherbini, H. A. (2024). Chia seeds ameliorate cardiac disease risk factors via alleviating oxidative stress and inflammation in rats fed high-fat diet. *Scientific Reports*, *14*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-41370-4

De Falco, B., Grauso, L., & Fiore, A. (2021). Metabolomic analysis and antioxidant activity of wild type and mutant chia (Salvia hispanica L.) stem and flower grown under different irrigation regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*. https://doi.org/10.1002/jsfa.11256

Dib M., Bencheikh, F., Faradji, M., Benammar, C., Belarbi, M., H. S. (2021). Phytochemical Screening and Antioxidant Activity of Salvia hispanica. *Journal of Pharmaceutical Research International*. https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i41a32314

Dwianto, S. A., Meitiniarti, V. I., Binar, A., Sukmana, A., & Dewi, L. (2024). *Penambahan Biji Chia (Salvia hispanica L .) pada Fermentasi Tempe Kedelai dalam Peningkatan Aktivitas Antioksidan dan Nilai Kesukaan Addition of Chia Seeds (Salvia hispanica L .) on Soybean Tempeh Fermentation in Increasing Antioxidant Activity and Preferred Value Pendahuluan Tempe merupakan salah satu pangan Metode Penelitian Alat dan Bahan*. *9*(2), 155–163. https://doi.org/10.24002/biota.v9i2.7828

Espinaco, B. Y., Niizawa, I., & Marino, F. (2021). Storage stability of chia (Salvia hispanica L.) oil incorporated with astaxanthin. *Journal of Food Processing and Preservation*, *45*. https://doi.org/10.1111/jfpp.15184

Guedes de Melo, B., Fernandes, S., Domínguez Razo, A., Us-Medina, U., & Segura Campos,

M. R. (2022). Chia seeds as functional ingredient of healthy muffins. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *16*(5), 4251–4261. https://doi.org/10.1007/s11694-022-01503-1

Gupta R., Gupta, A., Foysal, M., Krishnani, K., S. G. (2025). Chia (Salvia hispanica) Seed Oil Modulates the Haemato-Immunological Response, Antioxidative Status and Cytokine Gene Expression of Labeo rohita. *Biology*, *14*. https://doi.org/10.3390/biology14010095

Haque K.; Paul, S.; Chowdhury, F.; Bary, M.; Nayan, S.; Rafia, S.; Islam, M.; Hassan, S.; Chowdhury, A.; Sharmin, N.; Dina, S.; Raihan, S., R. . I. (2024). Supplementation of Salvia hispanica L. seed ameliorated liver function enzymes, hyperlipidemia, and oxidativestress in mice. *Phytomedicine Plus*. https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2024.100576

Ibrahim, E. S. K., & Ghani, M. A. (2020). The effect of enzymatic hydrolysis on the antioxidant activities and amino acid profiles of defatted chia (Salvia hispanica L.) flour. *Food Research*, *4*, 38–50. https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(S4).003

Irmayanti, R. &. (2021). Pemanfaatan Biji Chia (Salvia hispanica L.) untuk Meningkatkan Kualitas Susu Diversifikasi Utilization of Chia Seeds (Salvia hispanica L.) for Improve Diversified Milk Quality Rasbawati * dan Irmayani. *Jurnal Peternakan Indonesia*, *23*(2),159–167. https://doi.org/10.25077/jpi.23.2.159-167.2021

Javadifard, F., Hemmati, K., & Hemmati, N. (2024). Optimizing Chia (Salvia hispanica L.) Cultivation in Iran Regions: A Study on Planting Density and Growth Regulator Effects. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *14*(3), 5169–5179. https://doi.org/10.71551/ijpp.2024.1123402

Kamel, M. A., Gamal, A. A., Abdelhamid, S. A., El-Said, M. M., El-Messery, T. M., & Zahran, H. A. (2025). Harnessing the benefits of seed oils: a comprehensive study on their role in functional foods. *AMB Express*, *15*(1). https://doi.org/10.1186/s13568-025-01875-9

Knez Hrnčič, M., Ivanovski, M., Cör, D., & Knez, Ž. (2019). Chia seeds (Salvia hispanica L.): An overview—Phytochemical profile, isolation methods, and application. *Molecules*, *25*(1), 11. https://doi.org/10.3390/molecules25010011

Marineli S., Moraes, E., Marostica, M., R. L. (2015). Antioxidant potential of dietary chia seed and oil (Salvia hispanica L.) in diet-induced obese rats. *Food Research International*, *76*, 666–674. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.039

Martinez-Leo, E. E., & Segura Campos, M. R. (2020). Neuroprotective effect from Salvia hispanica peptide fractions on pro-inflammatory modulation of HMC3 microglial cells. *Journal of Food Biochemistry*, *44*(6). https://doi.org/10.1111/jfbc.13207

Motyka B., Ekiert, H., Korona-Głowniak, I., Szopa, A., S. K. (2023). Comparative Analysis of Metabolic Variations, Antioxidant Profiles and Antimicrobial Activity of Salvia hispanica (Chia). *Molecules*, *28*. https://doi.org/10.3390/molecules28062728

Mozaffarian, D. (2016). Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity: a comprehensive review. *Circulation*, *133*(2), 187–225–187–225. https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.018585

Nadeem, M., Imran, M., & Khan, I. (2017). Omega-3 fatty acids, phenolic compounds and antioxidant characteristics of chia oil supplemented margarine. *Lipids in Health and Disease*, *16*. https://doi.org/10.1186/s12944-017-0490-x

Nikolic, V. V, Zilic, S. M., & Simic, M. Z. (2020). Black Soya Bean and Black Chia Seeds As a Source of Nutrients and Bioactive Compounds With Health Benefits. *Food and Feed Research*, *47*. https://doi.org/10.5937/ffr47-29424

Pellegrini, M., Lucas-Gonzalez, R., & Sayas-Barbera, E. (2018). Bioaccessibility of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Chia (Salvia hispanica L.) Seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, *73*. https://doi.org/10.1007/s11130-017-0649-7

Rahman A.; Shahidi, F., M. . C. (2017). Phenolic and polyphenolic profiles of chia seeds and their in vitro biological activities. *Journal of Functional Foods*, *35*, 622–634. https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.06.044

Rodriguez-Lara, A. R., Mesa, M. D., Medina, K. A. D., Quirantes, R., Casuso, R. A., Segura Carretero, A., & Huertas, J. R. (2021). Assessment of the phytochemical and nutrimental composition of dark chia seed (Salvia hispánica l.). *Foods*, *10*(12). https://doi.org/10.3390/foods10123001

Rodriguez, L., & Fernandez, A. (2024). Scientific mapping of chia research: trends in bioactive compounds and antioxidant activity (2020-2024). *Foods*. https://doi.org/10.3390/foods13030402

Sachi, S., Lopez, M., & Garcia, P. (2024). Evaluation of hematoprotective, hepatoprotective, and antioxidant effects of chia seed extract in experimental models. *Journal of Ethnopharmacology*. https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.118000

Srour, B., Fezeu, L. K., & Kesse-Guyot, E. (2019). Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease: prospective cohort study (NutriNet-Santé). *BMJ*, *365*. https://doi.org/10.1136/bmj.l1451

Tridge. (2023). Chia seed import data for Indonesia (HS 120799). In *Tridge*. https://www.tridge.com/intelligences/chia-seed/ID

Vega-Joubert, M. B., Ingaramo, P. I., Oliva, M. E., & D'Alessandro, M. E. (2022). Salvia hispanica L. (chia) seed ameliorates liver injury and oxidative stress by modulating Nrf2 and NF-κB expression. *Food & Function*. https://doi.org/doi.org/10.1039/D2FO00642A

Villanueva, D., Piovesan, N., Paredes-Lopez, O., Martínez-Villaluenga, C. (2024). Identification of the bioavailable peptidome of chia (Salvia hispanica L.) protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *72(2)*, 251–263. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.

WHO. (2021). *Noncommunicable diseases: Key facts*. World Health Organization. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-disea