Profil Senyawa Terpenoid Daun Bangkal (*Nauclea subdita*) Berdasarkan Analisis *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS)

Terpenoid Compound Profile of Bangkal Leaves (Nauclea subdita) Based on Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Analysis

Rahmatul Jannah[1], Gunawan[1*]

[1]Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam,
Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia
[*]Corresponding author email: gunawan@ulm.ac.id

Abstract. *Tropical medicinal plants represent an important source of natural bioactive compounds, yet many Indonesian local species remain insufficiently characterized chemically. This study aimed to identify the secondary metabolite profile of bangkal leaves (N. subdita), with particular emphasis on terpenoid compounds and their potential biological relevance. Chemical analysis was performed using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) with a headspace system, employing an HP-5MS UI column and compound identification based on the NIST20 library. The results revealed that the bangkal leaf extract was predominantly composed of terpenoids, with neophytadiene and squalene detected as major constituents, alongside the presence of phytol and vitamin E. Additional compounds, including fatty acids, organosulfur compounds, and phytosterols, were identified in lower proportions. The predominance of terpenoids suggests that bangkal leaves may serve as a promising source of bioactive compounds, particularly in relation to antioxidant activity and protection against oxidative stress. In conclusion, the chemical profile of bangkal leaves supports their prospective pharmacological relevance. Further investigations are recommended, including compound isolation, quantitative bioactivity evaluation, and safety assessment to support future applications in pharmaceutical, cosmetic, and functional food fields.*

Keywords: *bangkal; GC-MS; leaves; phytochemistry; terpenoids.*

Abstrak. Tumbuhan obat tropis merupakan sumber penting senyawa bioaktif alami, namun banyak spesies lokal Indonesia yang belum memiliki data fitokimia komprehensif. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi profil senyawa metabolit sekunder daun bangkal (*N. subdita*) dengan fokus pada keberadaan terpenoid serta potensi biologisnya. Analisis dilakukan menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) dengan sistem headspace pada kolom HP-5MS UI dan identifikasi senyawa berbasis pustaka NIST20. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun bangkal didominasi oleh senyawa terpenoid, terutama neophytadiene dan squalene sebagai komponen utama, disertai keberadaan phytol dan vitamin E. Selain itu, terdeteksi pula asam lemak, senyawa organosulfur, serta fitosterol dalam proporsi lebih rendah. Dominasi terpenoid mengindikasikan bahwa daun bangkal berpotensi sebagai sumber senyawa bioaktif yang relevan, khususnya terkait aktivitas antioksidan dan proteksi terhadap stres oksidatif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daun bangkal memiliki komposisi kimia yang mendukung pemanfaatan farmakologis, sehingga direkomendasikan penelitian lanjutan berupa isolasi dan karakterisasi senyawa aktif, pengujian bioaktivitas kuantitatif, serta evaluasi aspek

keamanan untuk mendukung pengembangan aplikasi pada bidang farmasi, kosmetik, dan pangan fungsional.

Kata kunci: *bangkal; daun; fitokimia; GC-MS; terpenoid.*

PENDAHULUAN

Tanaman obat tropis merupakan sumber penting senyawa bioaktif yang dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan alami, terutama dalam menghadapi stres oksidatif yang berhubungan dengan berbagai penyakit degeneratif dan penuaan sel. Tumbuhan menghasilkan beragam metabolit sekunder yang berperan dalam mekanisme pertahanan diri terhadap tekanan lingkungan, herbivora, maupun patogen. Salah satu kelompok senyawa metabolit sekunder yang berpotensi memberikan aktivitas antioksidan adalah terpenoid, golongan senyawa alami yang berasal dari isoprena dan dikenal memiliki kemampuan dalam menangkap radikal bebas serta melindungi struktur seluler dari kerusakan oksidatif (Happy *et al*, 2025). Senyawa ini juga dikenal sebagai kelompok terbesar dalam metabolit alami tumbuhan, dengan variasi struktur kimia dan aktivitas biologis yang sangat luas. Terpenoid dilaporkan memiliki berbagai fungsi fisiologis dan ekologis, termasuk aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan protektif terhadap kerusakan oksidatif, serta modulasi pertahanan tanaman terhadap stres lingkungan (Zalizar & Relawati, 2026).

Eksplorasi senyawa bioaktif dari flora tropis menjadi bidang penelitian yang terus berkembang, terutama di wilayah dengan keanekaragaman hayati tinggi seperti Kalimantan. Banyak spesies tumbuhan lokal yang telah dimanfaatkan secara etnomedisinal, namun belum seluruhnya didukung oleh kajian fitokimia dan farmakologi yang komprehensif. Salah satu tumbuhan yang menarik perhatian adalah bangkal (*N. subdita*), salah satu tanaman family Rubiaceae dan genus *Nauclea*, yang umumnya terdapat di habitat lahan basah, seperti di rawa air tawar atau tepi sungai (Fadlilaturrahmah *et al*., 2024). Tanaman bangkal telah lama dimanfaatkan secara tradisional turun temurun oleh masyarakat lokal Kalimantan Selatan sebagai pengobatan alami untuk berbagai penyakit seperti demam, luka, dan gangguan pencernaan karena memiliki sifat antiinflamasi, antibakteri, dan antimikroba yang dapat membantu dalam mengatasi infeksi dan peradangan (Mayasari *et al*., 2024). Pemanfaatan empiris ini mengindikasikan adanya kandungan senyawa bioaktif yang berpotensi memberikan efek biologis tertentu, sehingga penting untuk dilakukan validasi ilmiah melalui pendekatan kimia dan bioaktivitas (Hidayatullah *et al.,* 2023).

Bangkal (*N. subdita*) dilaporkan mengandung berbagai kelompok metabolit sekunder, seperti flavonoid, alkaloid, tanin, serta terpenoid yang berpotensi sebagai antioksidan alami karena dapat menghambat kerja radikal bebas (Shadrina *et al.,* 2022). Bagian tanaman bangkal yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat, yaitu bagian kulit batang dan daun. Hal ini ditunjukkan melalui hasil skrining fitokimia yang menemukan keberadaan senyawa terpenoid dan flavonoid dalam ekstrak daun *N. subdita* (Hidayatullah *et al.,* 2023). Senyawa-senyawa tersebut menunjukkan bahwa tanaman ini memiliki potensi farmakologis yang relevan untuk dikaji lebih lanjut. Meskipun beberapa penelitian telah menyoroti aktivitas antioksidan ekstrak daun bangkal, informasi spesifik mengenai kontribusi masing-masing kelas senyawa, khususnya terpenoid, masih relatif terbatas. Padahal, identifikasi kelompok senyawa

dominan sangat penting dalam memahami mekanisme aktivitas biologis serta peluang pengembangan aplikasi fitofarmaka (Anggai *et al.,* 2025).

Terpenoid merupakan kelompok senyawa yang banyak ditemukan dalam jaringan tumbuhan dan sering berperan sebagai komponen aktif dalam berbagai aktivitas biologis. Selain berfungsi sebagai antioksidan, terpenoid juga diketahui memiliki peran sebagai antimikroba, antiinflamasi, dan sitoprotektif (Noli *et al*., 2026). Keanekaragaman struktur kimia terpenoid memungkinkan adanya variasi mekanisme kerja dalam sistem biologis. Oleh karena itu, keberadaan terpenoid dalam suatu ekstrak tumbuhan tidak hanya relevan secara kimia, tetapi juga penting secara farmakologis. Penentuan ada tidaknya senyawa terpenoid menjadi langkah awal yang esensial dalam kajian fitokimia modern. Penelitian ini penting dilakukan bukan hanya untuk memberikan informasi mengenai profil metabolit sekunder tumbuhan lokal dan memberikan gambaran komprehensif dan menganalisis potensi senyawa terpenoid berbasis *Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry* (GCMS), tetapi juga berkontribusi terhadap pengembangan sumber antioksidan alami berbasis keanekaragaman hayati Indonesia. Evaluasi keberadaan terpenoid diharapkan dapat memperkuat dasar ilmiah pemanfaatan bangkal dalam bidang kesehatan, sekaligus membuka peluang penelitian lanjutan terkait pengujian bioaktivitas senyawa aktifnya.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) tipe 5977B-Agilent, kamera, gunting, pisau, timbangan, botol vial, *handvial crimper*. Bahan yang digunakan adalah sampel daun Bangkal (*N. subdita*), plastik klip, akuades, kertas label, dan tisu.

Prosedur Penelitian

Pengambilan dan Ekstraksi Sampel Daun

Pengambilan sampel daun bangkal (*N. subdita*) dilakukan secara langsung di Jalan Desa Banua Hanyar, Kecamatan Gambut, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan pada lokasi pertumbuhan alami tanaman, yaitu di area rawa dan tepian sungai. Daun Bangkal (*N. subdita*) yang diambil adalah daun dewasa yang berwarna hijau tua, sehat, dan tidak mengalami kerusakan fisik seperti pada Gambar 1(b). Kemudian, sampel daun yang telah diambil segera dibawa untuk dilakukan proses preparasi dan di analisis di Laboratorium Terpadu, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan.

Sampel daun Bangkal (*N. subdita)* dicuci bersih menggunakan air mengalir atau akuades, kemudian dikeringkan menggunakan tisu steril, lalu dipotong-potong menggunakan gunting menjadi bagian kecil. Sampel ditimbang sebanyak 1gram dan dimasukkan ke dalam botol vial, lalu dilakukan analisis kimia menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectrophotometry* (GC-MS) di UPA Laboratorium Terpadu Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan.

Gambar 1. *N. subdita*. (a) Pohon (Murdiyanti *et al*., 2022), (b) Daun (Dokumentasi pribadi, 2026)

Analisis Menggunakan GC-MS

Sampel yang sudah dimasukkan ke botol vial di analisis menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectrometry Detector* (GCMSD) tipe 5977B-Agilent yang dilengkapi *Headspace Sampler* (7697A) dengan Kolom yang digunakan adalah HP-5MS UI (30 m x 250 µm x 0.25 µm). Temperatur heater 250°C, temperatur MSD transfer line 280°C, split ratio 50:1, Flow 1.0 mL/min, control mode pada constant flow, solvent delay 3 menit dan rentang massa m/z 50 – 550. Pengaturan temperatur kolom pada kondisi awal adalah 50°C selama 2 menit, kemudian dinaikkan lagi hingga 200°C dengan laju 10°C/menit dipertahankan selama 5 menit. Total waktu analisis adalah 22 menit. Setiap puncak yang muncul pada kromatogram yang dihasilkan kemudian diidentifikasi menggunakan library NIST20 (*National Institute of Standards and Technologies,* edisi 20), sehingga diperoleh informasi mengenai profil senyawa fitokimia yang terkandung dalam daun bangkal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

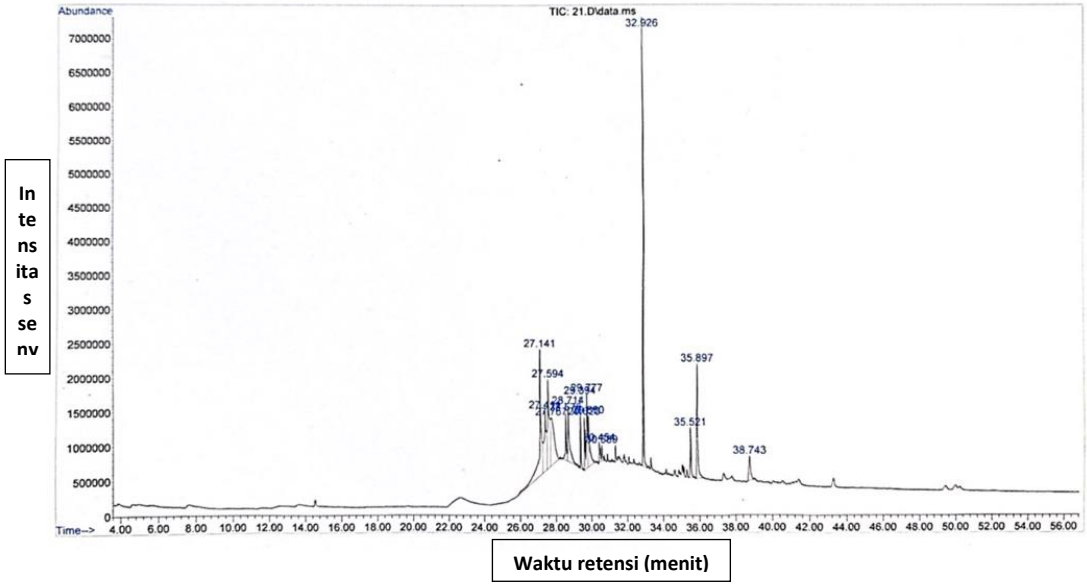
Analisis fitokimia menggunakan metode *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) dilakukan untuk mengkarakterisasi komposisi senyawa kimia dalam ekstrak daun bangkal (*N. subdita*). Teknik ini memberikan pemisahan senyawa berdasarkan volatilitas dan interaksi dengan fase diam kolom, sekaligus memungkinkan identifikasi molekul melalui pola fragmentasi spektrum massa. GC-MS menjadi pendekatan yang efektif dalam studi metabolit sekunder tumbuhan, khususnya untuk mendeteksi senyawa semi-volatil dan non-polar yang sering berasosiasi dengan aktivitas biologis. Interpretasi hasil analisis tidak hanya didasarkan pada identifikasi senyawa, tetapi juga pada pola distribusi puncak kromatogram yang mencerminkan kelimpahan relatif komponen kimia dalam ekstrak (Gaol, 2025).

Gambaran umum karakteristik senyawa dalam ekstrak dapat diamati melalui kromatogram GC-MS yang disajikan pada **Gambar 2**. Kromatogram tersebut menggambarkan pola pemisahan senyawa selama proses analisis, di mana setiap

puncak menunjukkan komponen kimia yang muncul pada waktu retensi tertentu. Variasi tinggi dan intensitas puncak memberikan indikasi awal mengenai kompleksitas ekstrak serta dominasi relatif senyawa yang terkandung di dalamnya (Ranjan *et al.,* 2023).

Hasil analisis GC-MS daun bangkal diketahui memiliki 12 puncak dengan jenis senyawa yang berbeda. Beberapa puncak yang menonjol tampak pada sekitar waktu retensi 27-35 menit, menunjukkan adanya senyawa utama dalam ekstrak. Rentang waktu retensi ini sering dikaitkan dengan keberadaan monoterpenoid, seskuiterpenoid, maupun diterpenoid, tergantung pada kondisi instrumen dan parameter analisis. Intensitas puncak yang relatif tinggi mengindikasikan kelimpahan relatif senyawa tersebut dalam ekstrak (Gaol, 2025).

Kromatogram pada **gambar 2**. Menunjukkan puncak dengan intensitas sangat tinggi yang muncul pada waktu retensi sekitar 32,926 menit. Tinggi puncak tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi senyawa tersebut terbesar dibandingkan senyawa-senyawa yang lain. Puncak dominan umumnya diasosiasikan dengan metabolit sekunder utama yang berpotensi memberikan kontribusi signifikan terhadap aktivitas biologis ekstrak, termasuk aktivitas antioksidan. Terpenoid yang terdeteksi pada rentang retensi menengah sering dilaporkan memiliki stabilitas termal yang baik serta bioaktivitas yang relevan (Câmara *et al.,* 2024).



Gambar 2. Kromatogram hasil analisis *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) pada daun bangkal (*N. subdita*).

Puncak mayor pada waktu retensi yang lebih panjang sering dikaitkan dengan senyawa triterpenoid atau turunan rantai panjang, seperti squalene dan senyawa sejenis. Senyawa-senyawa ini dikenal memiliki volatilitas rendah namun stabil selama proses analisis, sehingga menghasilkan puncak yang tajam dan intens. Keberadaan komponen mayor semacam ini penting secara farmakologis karena senyawa triterpenoid dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan dan protektif terhadap oksidasi lipid (Happy *et al*, 2025).

Selain puncak mayor, kromatogram juga menunjukkan beberapa puncak minor yang tersebar pada waktu retensi lebih awal maupun lebih akhir. Puncak-puncak

minor mencerminkan keberadaan senyawa dalam jumlah relatif kecil, namun tidak dapat diabaikan karena metabolit minor juga dapat berperan dalam efek biologis sinergis. Kompleksitas pola puncak merupakan ciri khas ekstrak tumbuhan alami, di mana berbagai kelas senyawa hadir secara simultan. Variasi tinggi dan lebar puncak juga dapat dipengaruhi oleh faktor instrumental, kondisi kolom, serta sifat kimia senyawa, termasuk polaritas dan stabilitas termal (Kirchkeszner *et al.,* 2024). Selanjutnya, untuk memperoleh informasi yang lebih spesifik mengenai identitas senyawa, hasil analisis dirangkum dalam **Tabel 1.** yang memuat waktu retensi, nama senyawa, rumus molekul, persentase area, dan kelas senyawa.

Tabel 1. Daftar Senyawa Terpenoid Hasil Analisis *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) Pada Daun Bangkal (*N. subdita*)

No.	RT	Nama Jenis Senyawa	Formula	Area %	Kelas Senyawa
1	27.141	Neophytadiene	$C_{10}H_{16}$	15.52	Terpenoid
2	27.141	(2E)-3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	$C_{20}H_{40}O$	17.46	Terpenoid
3	27.596	2-Isopropyl-5-methylcyclohexanol	$C_{10}H_{20}O$	12.50	Terpenoid
4	27.769	1-(Butylsulfanyl)ethylene	$C_6H_{12}S$	11.52	Organosulfur
5	28.713	n-Hexadecanoic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	5.78	Asam lemak
6	29.396	Phytol	$C_{20}H_{40}O$	2.43	Terpenoid
7	29.775	Linoleic acid	$C_{18}H_{32}O_2$	4.84	Asam lemak
9	30.451	11-Dodecen-1-ol difluoroacetate	$C_{14}H_{24}F_2O_2$	1.00	Ester
9	32.926	Squalene	$C_{30}H_{50}$	15.52	Terpenoid
10	35.519	Stigmastan-3,5-diene	$C_{14}H_{24}F_2O_2$	2.84	Steroid
11	35.898	Vitamin E	$C_{29}H_{50}O_2$	7.82	Terpenoid
12	38.746	.gamma.-Sitosterol	$C_{29}H_{50}O$	2.77	Fitosterol

Pembahasan

Hasil analisis GC-MS pada ekstrak daun bangkal (*N. subdita*) di **Tabel 1.** menunjukkan keberadaan beragam senyawa kimia yang dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kelas utama, yaitu terpenoid, asam lemak, ester, organosulfur, serta steroid dan fitosterol. Keberagaman senyawa yang teridentifikasi melalui GC-MS mencerminkan kompleksitas metabolit sekunder tumbuhan, yang umumnya berperan dalam mekanisme pertahanan, adaptasi lingkungan, dan aktivitas biologis. Profil senyawa semacam ini biasa ditemukan pada ekstrak tumbuhan tropis, di mana metabolit sekunder non-polar cenderung mendominasi hasil analisis GC-MS karena karakteristik volatilitas dan stabilitas termalnya (Bilova *et al*., 2026).

Kelompok senyawa yang paling dominan dalam tabel adalah terpenoid, baik dari segi jumlah jenis senyawa maupun persentase area. Senyawa seperti neophytadiene, (2E)-3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, 2-isopropyl-5-methylcyclohexanol, phytol, squalene, dan vitamin E menunjukkan kontribusi signifikan terhadap total komposisi ekstrak. Dominasi terpenoid memiliki relevansi fitokimia yang penting karena kelompok senyawa ini dikenal luas sebagai metabolit

sekunder utama tumbuhan dengan aktivitas biologis yang beragam, termasuk sebagai antioksidan alami. Secara umum, aktivitas antioksidan terpenoid berkaitan dengan kemampuannya meredam spesies oksigen reaktif melalui mekanisme transfer elektron atau atom hidrogen (Zalizar & Relawati, 2026).

Senyawa neophytadiene terdeteksi dengan persentase area yang relatif tinggi dengan waktu retensi 27.141 menit dan luas area 15,52%, menunjukkan bahwa senyawa ini merupakan salah satu komponen utama ekstrak. Neophytadiene termasuk golongan diterpenoid yang sering dilaporkan dalam ekstrak tumbuhan dan dikaitkan dengan berbagai bioaktivitas, seperti antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba (Rajeswaran & Rajan, 2025). Struktur hidrokarbon tak jenuh pada neophytadiene memungkinkan interaksi dengan radikal bebas, sehingga berpotensi berperan dalam mekanisme proteksi terhadap stres oksidatif. Keberadaan senyawa ini dalam ekstrak daun bangkal mengindikasikan potensi kontribusi terhadap aktivitas biologis ekstrak secara keseluruhan (Pham *et al*., 2023).

Senyawa (2E)-3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecen-1-ol dengan waktu retensi 27.141 menit (17.67%) dan phytol dengan waktu retensi 29.396 menit (2.43%), juga termasuk golongan diterpenoid alkohol yang umum ditemukan dalam jaringan fotosintetik tumbuhan. Phytol, sebagai komponen turunan klorofil, telah banyak dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan dan bioaktivitas farmakologis lainnya. Aktivitas antioksidan phytol berkaitan dengan kemampuannya dalam meredam radikal bebas serta berkontribusi pada stabilisasi membran sel. Keberadaan phytol dalam ekstrak tumbuhan sering dianggap sebagai indikator potensi bioaktivitas yang baik. Kehadiran senyawa-senyawa ini menunjukkan karakteristik khas ekstrak daun, di mana metabolit terkait klorofil sering muncul sebagai komponen penting (Marpaung & Edi, 2026).

Senyawa terpenoid lain yang teridentifikasi dalam jumlah relatif tinggi adalah squalene waktu retensi 32.926 (15,52%) dan vitamin E waktu retensi 35.898 (7,82%). Squalene merupakan triterpenoid alami yang berperan sebagai prekursor biosintesis sterol pada tumbuhan dan hewan (Haryanto *et al*., 2024). Senyawa ini dikenal memiliki kemampuan sebagai *singlet oxygen quencher* dan pelindung lipid terhadap peroksidasi (Nasution *et al*., 2024). Sementara itu, keberadaan vitamin E dalam ekstrak memiliki signifikansi biologis yang kuat. Vitamin E merupakan antioksidan lipofilik yang berperan penting dalam melindungi membran sel dari kerusakan akibat oksidasi lipid. Identifikasi senyawa ini melalui GC-MS memperkuat indikasi bahwa ekstrak daun bangkal mengandung komponen dengan potensi antioksidan alami. Kehadiran tokoferol dalam ekstrak tumbuhan sering dikaitkan dengan kemampuan protektif terhadap stres oksidatif dan stabilitas sistem biologis berbasis lipid (Zahra *et al.,* 2025).

Selain terpenoid, tabel juga menunjukkan keberadaan asam lemak, seperti n-hexadecanoic acid dan linoleic acid. Senyawa-senyawa ini umum ditemukan dalam ekstrak tumbuhan dan berkontribusi terhadap berbagai aktivitas biologis. Meskipun asam lemak tidak selalu diklasifikasikan sebagai antioksidan utama, beberapa asam lemak tak jenuh dilaporkan memiliki peran dalam modulasi aktivitas biologis dan stabilitas membran. Keberadaannya dalam ekstrak dapat mencerminkan komposisi lipid alami jaringan daun. Senyawa lain yang teridentifikasi adalah organosulfur (1-(Butylsulfanyl)ethylene) dan fitosterol seperti stigmastan-3,5-diene dan gamma-

sitosterol. Fitosterol dikenal memiliki berbagai aktivitas biologis, termasuk efek antiinflamasi dan protektif terhadap stres oksidatif. Kehadiran sterol dalam ekstrak tumbuhan juga lazim dilaporkan dalam studi GC-MS dan sering dikaitkan dengan stabilitas membran sel serta potensi farmakologis tambahan (Afriliany *et al*., 2024).

Secara keseluruhan, profil GC-MS ekstrak daun bangkal menunjukkan bahwa kelompok terpenoid merupakan komponen dominan, baik dari sisi jumlah jenis maupun persentase area. Temuan ini konsisten dengan karakteristik metabolit sekunder tumbuhan tropis yang kaya senyawa bioaktif. Dominasi terpenoid, terutama neophytadiene, phytol, squalene, dan vitamin E, mengindikasikan bahwa daun bangkal berpotensi sebagai sumber antioksidan alami. Hasil ini memberikan dasar ilmiah untuk penelitian lanjutan, seperti isolasi senyawa aktif, uji aktivitas antioksidan spesifik, dan kajian farmakologi yang lebih mendalam.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil analisis GC-MS, ekstrak daun bangkal (*N. subdita*) terbukti mengandung senyawa terpenoid, sehingga tujuan penelitian untuk menguji keberadaan golongan senyawa tersebut telah tercapai dan sekaligus menunjukkan bahwa daun bangkal berpotensi sebagai sumber senyawa bioaktif alami yang relevan untuk kajian antioksidan. Temuan ini memberikan dasar ilmiah bagi penelitian lanjutan, khususnya dalam isolasi, pemurnian, dan karakterisasi senyawa terpenoid spesifik serta pengujian aktivitas antioksidan secara kuantitatif dan komprehensif, termasuk evaluasi toksisitas dan uji bioaktivitas untuk memastikan aspek keamanan dan efektivitasnya. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan aplikasi praktis, misalnya sebagai bahan baku pada produk farmasi, kosmetik, maupun pangan fungsional, sehingga direkomendasikan adanya penguatan dukungan riset berbasis keanekaragaman hayati lokal serta kebijakan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya hayati yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi pada penelitian ini, sehingga penelitian dan penulisan karya ilmiah ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Afriliany, S. P., Sathi'ah, F. A., & Hidayah, H. V. (2024). Review Artikel: Fitosterol Dalam Bekatul dan Manfaat Bagi Kesehatan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *10*(15), 672-687. doi.org/10.5281/zenodo.13833780

Anggai, R. A., Farm, S., Farm, M., Yusuf, R., Uno, A. W. Z., Farm, S., & Cahyaningrum, P. L. (2025). *Farmakognosi Dan Fitokimia: Dasar-Dasar Bahan Alam Dalam Farmasi*. Azzia Karya Bersama.

Bilova, T., Frolova, N., Orlova, A., Silinskaia, S., Mailov, A., Popova, V., & Frolov, A. (2026). Analyzing Plant Low-Molecular-Weight Polar Metabolites: A GC-MS Approach. *Plants*, *15*(3), 445. 10.3390/plants15030445

Câmara, J. S., Perestrelo, R., Ferreira, R., Berenguer, C. V., Pereira, J. A., & Castilho, P. C. (2024). Plant-derived terpenoids: A plethora of bioactive compounds with several health functions and industrial applications—A

comprehensive overview. *Molecules*, *29*(16), 3861. 10.3390/molecules29163861

Fadlilaturrahmah, Rahmat, R., Normaidah, & Audya, R. (2024). Profil Kromatografi Lapis Tipis Kandungan Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Bangkal (*Nauclea subdita* (Korth.). In *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*. *9*(3), 542-550.

Gaol, A. D. L. (2025). Phytochemical Profiling of Tampoi (*Baccaurea macrocarpa* (Miq.) Mull. Arg.) Leaves Using Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Jurnal Biologi Tropis*, *25*(3), 2577-2583. 10.29303/jbt.v25i3.8964

Happy, T. A., Septiani, L., Graharti, R., & Andrifianie, F. (2025). Pemanfaatan Potensi Alami Sebagai Antioksidan. *Medical Profession Journal of Lampung*, *15*(3), 619-623. doi.org/10.53089/medula.v15i3.1825

Haryanto, S., Husain, F., Salman, S. S., Farm, M., Ayu Puspitasari, S. T., & Subehan, M. (2024). *Fitokimia dan Farmakognosi*. CV Eureka Media Aksara.

Hidayatullah, M., Chandra, M. A., & Azzahro, S. (2023). Skrining Fitokimia dan Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol 96% Daun Bangkal (*Nauclea subdita* (Korth.) Steud). *Jurnal Kesehatan Islam: Islamic Health Journal*, *12*(2), 63-69. doi.org/10.33474/jki.v12i2.21140

Kirchkeszner, C., Petrovics, N., Széles, A., Koshman, Y., Szabó, B. S., Nyiri, Z., & Eke, Z. (2024). Comprehensive study of retention influencing gas chromatographic parameters affecting linear retention indices. *Journal of Chromatography A*, *1729*, 465052. doi.org/10.1016/j.chroma.2024.465052

Marpaung, R. A., & Edi, S. (2026). Analisis Kandungan Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Daun Ciplukan (*Physalis angulata* L.) Berdasarkan Ketinggian Tempat Tumbuh. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*, *6*(1), 616-635. doi.org/10.36312/biocaster.v6i1.1040

Mayasari, V., Mahdiyah, D., Melviani, M., & Nastiti, K. (2023). Aktivitas Antibakteri Akar Kayu Bangkal (*Nauclea subdita*) Terhadap *Staphylococcuc aureus*. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, *3*(6), 8074-8085. https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/7396

Murdiyanti, R., Soendjoto, M. A., & Zaini, M. (2022). Kajian Etnobotani Famili Rubiaceae di Kebun Raya Banua Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia. *Agro Bali: Agricultural Journal*, *5*(2), 274-288. doi.org/10.37637/ab.v5i2.944

Nasution, R., Marianne, M. B., & Rinaldi Idroes, R. (2024). *Tumbuhan Sebagai Agen Moisturizer, Sunscreen, dan Antiacne Dalam Cosmetic*. Syiah Kuala University Press.

Noli, Z. A., Sari, M. Y., Khairunnisa, K., & Yanti, I. (2026). Literature Review: Potential of Lamiaceae Terpenoid Compounds as Anti-Inflammatory. *Jurnal Biologi Tropis*, *26*(1), 462-471. 10.29303/jbt.v26i1.11241

Pham, T. V., Ho, D. V., Le, A. T., Ngo, Y. D., Dang, N. T. T., Le, T. Q., & Nguyen, B. C. (2023). Volatile organic compounds and antioxidant, cytotoxic activities of extracts from the leaves of Grewia bulot. *Indonesian Journal of Chemistry*, *23*(5). doi.org/10.22146/ijc.84619.

Rajeswaran, S., & Rajan, D. K. (2025). Neophytadiene: Biological activities and drug development prospects. *Phytomedicine*, *143*, 156872. 10.1016/j.phymed.2025.156872

Ranjan, S., Chaitali, R. O. Y., & Sinha, S. K. (2023). Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS): a comprehensive review of synergistic combinations and their applications in the past two decades. *Journal of Analytical Sciences and Applied Biotechnology*, *5*(2), 72-85. doi.org/10.48402/IMIST.PRSM/jasab-v5i2.40209

Zahra, P. F. A., Mutmainnah, N., Asrawati, N., & Murniati, T. (2025). Vitamin E dan Fungsi Antioksidannya dalam Sistem Reproduksi Ayam Petelur. *Al-Hayawan: Journal of Animal Science*, *1*(1), 33-46. https://journal.pusjilal.com/pusjour/index.php/alhayawan/article/view/4

Zalizar, L., & Relawati, R. (2026). *Potensi Daun dan Buah Kitolod (Isotoma longiflora (L) PRESL) Sebagai Sumber Terpenoid Flavonoid Untuk Antioksidan, Antidiabetes*. UMMPress.