



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research  
Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 4052-4062  
E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246  
Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Efektivitas Metode Ekstraksi Ramah Lingkungan Terhadap Kualitas dan Efisiensi Produksi Fitofarmaka dari Jahe (*Zingiber officinale*): Kajian Literatur

Anak Agung Ngurah Gede Aditya Ninjaya<sup>1✉</sup>, Putu Mas Dyani Dewi<sup>2</sup>, Ni Putu Arya Krisna Dewi<sup>3</sup>,  
Nyoman Adinda Triana Putri Parta<sup>4</sup>, Ni Kadek Santi Maha Dewi<sup>5</sup>

Universitas Udayana

Email: [adityaninjaya01@gmail.com](mailto:adityaninjaya01@gmail.com)<sup>1✉</sup>

### Abstrak

Peningkatan permintaan global terhadap produk fitofarmaka menuntut inovasi dalam proses produksi yang berkelanjutan, khususnya pada tahap ekstraksi bahan aktif dari tanaman herbal seperti jahe (*Zingiber officinale*). Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode ekstraksi ramah lingkungan terhadap kualitas dan efisiensi produksi fitofarmaka dari jahe. Penelitian dilakukan melalui studi literatur sistematis terhadap sepuluh artikel terpilih yang membahas metode ekstraksi hijau dalam rentang waktu 2020 hingga 2025, dengan satu pengecualian untuk artikel relevan di luar periode tersebut. Metode yang dikaji meliputi *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE), *Microwave-Assisted Extraction* (MAE), *Subcritical Water Extraction* (SWE), dan *Supercritical Fluid Extraction* (SFE), dengan mempertimbangkan jenis pelarut, kondisi operasional, serta senyawa bioaktif utama seperti gingerol dan shogaol. Hasil analisis menunjukkan bahwa SWE dan SFE unggul dari sisi keberlanjutan dan kemurnian hasil, sedangkan UAE dan MAE menawarkan efisiensi waktu dan energi. Pemilihan pelarut seperti air, etanol, dan CO<sub>2</sub> terbukti berpengaruh terhadap stabilitas senyawa bioaktif dan dampak ekologis proses. Kajian ini menegaskan bahwa metode ekstraksi hijau berperan penting dalam menjamin mutu hasil ekstrak sekaligus mendukung produksi fitofarmaka yang bertanggung jawab secara lingkungan. Implikasi dari hasil ini mendorong adopsi pendekatan berkelanjutan dalam skala industri untuk memperkuat daya saing produk herbal nasional.

Kata Kunci: *Ekstraksi Hijau, Fitofarmaka, Jahe, Senyawa Bioaktif, Teknologi Berkelanjutan*

## Abstract

The increasing global demand for phytopharmaceutical products demands innovation in sustainable production processes, especially at the stage of extracting active ingredients from herbal plants such as ginger (*Zingiber officinale*). This study aims to evaluate the effectiveness of environmentally friendly extraction methods on the quality and efficiency of phytopharmaceutical production from ginger. The study was conducted through a systematic literature review of ten selected articles discussing green extraction methods in the period 2020 to 2025, with one exception for relevant articles outside that period. The methods studied included Ultrasound-Assisted Extraction (UAE), Microwave-Assisted Extraction (MAE), Subcritical Water Extraction (SWE), and Supercritical Fluid Extraction (SFE), considering the type of solvent, operational conditions, and main bioactive compounds such as gingerol and shogaol. The results of the analysis showed that SWE and SFE excel in terms of sustainability and purity of results, while UAE and MAE offer time and energy efficiency. The choice of solvents such as water, ethanol, and CO<sub>2</sub> has been shown to affect the stability of bioactive compounds and the ecological impact of the process. This study confirms that green extraction methods play an important role in ensuring the quality of the extract results while supporting environmentally responsible phytopharmaceutical production. The implications of these results encourage the adoption of sustainable approaches on an industrial scale to strengthen the competitiveness of national herbal products.

Keywords: *Green Extraction, Phytopharmaceutics, Ginger, Bioactive Compounds, Sustainable Technology*

## PENDAHULUAN

Permintaan global terhadap fitofarmaka dan produk herbal terus mengalami peningkatan signifikan seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengobatan berbasis bahan alami dan pendekatan terapi yang berkelanjutan. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melaporkan bahwa sekitar 80% populasi dunia masih mengandalkan tanaman obat dalam sistem pelayanan kesehatannya, terutama di negara berkembang. Sejalan dengan hal ini, nilai pasar global produk herbal diperkirakan mencapai lebih dari USD 430 miliar pada tahun 2030 (Galanakis, 2021). Menurut Fabricant dan Farnsworth (2001), pemanfaatan tanaman obat tradisional berperan penting dalam menyediakan sumber terapi alternatif yang aman dan terjangkau, sehingga tren peningkatan permintaan ini akan terus berlanjut.

Namun, di tengah laju pertumbuhan tersebut, industri fitofarmaka masih menghadapi tantangan serius dalam hal keberlanjutan produksi, khususnya pada tahap ekstraksi. Metode konvensional yang banyak digunakan sering kali melibatkan pelarut organik yang toksik, konsumsi energi yang tinggi, serta menghasilkan limbah kimia yang berbahaya bagi

Copyright @ Anak Agung Ngurah Gede Aditya Ninjaya, Putu Mas Dyani Dewi, Ni Putu Arya Krisna Dewi, Nyoman Adinda Triana Putri Parta, Ni Kadek Santi Maha Dewi

lingkungan (Chemat, 2017). Menurut Anastas dan Warner (1998), penerapan prinsip *green chemistry* dalam proses ekstraksi sangat penting untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Hal ini sejalan dengan agenda Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya poin ke-12 terkait konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (United Nations, 2015).

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan salah satu tanaman herbal prioritas yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai fitofarmaka karena kandungan senyawa bioaktifnya yang beragam, seperti gingerol, shogaol, dan zingeron. Senyawa ini telah terbukti memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker yang menjadikannya relevan dalam aplikasi terapi berbagai penyakit kronis (Mohd Esa et al., 2019). European Medicines Agency (2021) menyatakan bahwa jahe telah bertransformasi dari penggunaan tradisional menjadi produk farmasi modern, seperti suplemen nutrasetikal dan kapsul, yang menuntut standar kualitas tinggi. Menurut Chemat et al. (2017), metode ekstraksi yang digunakan berperan krusial dalam mempertahankan kestabilan dan konsentrasi senyawa bioaktif tersebut.

Kurniawati dan Santoso (2022) menekankan bahwa inovasi dalam metode ekstraksi berbasis *green extraction* seperti penggunaan pelarut alami, sonikasi, dan kombinasi pretreatment dapat meningkatkan efisiensi dan menekan penggunaan bahan kimia berbahaya. Rajan et al. (2023) menambahkan bahwa pemilihan teknik ekstraksi yang tepat dapat mengoptimalkan rendemen dan kualitas ekstrak, sekaligus mengurangi dampak ekologis proses produksi. Namun demikian, Liu et al. (2020) mengingatkan bahwa masih terdapat kesenjangan dalam studi komparatif yang mendalam mengenai berbagai teknik ekstraksi hijau untuk jahe, sehingga evaluasi sistematis diperlukan guna memberikan gambaran holistik.

Dengan mempertimbangkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan sintesis dan evaluasi kritis terhadap efektivitas metode ekstraksi ramah lingkungan dalam menghasilkan ekstrak jahe berkualitas tinggi secara efisien dan berkelanjutan. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan produksi fitofarmaka yang tidak hanya berkualitas, tetapi juga selaras dengan prinsip keberlanjutan yang semakin menjadi tuntutan global.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa studi literatur sistematis yang mengkaji berbagai teknik ekstraksi ramah lingkungan pada tanaman jahe (*Zingiber officinale*). Data dikumpulkan melalui pencarian artikel ilmiah dari database terpercaya seperti Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect dengan menggunakan tiga kata kunci utama, yaitu "green extraction", "ginger", dan "bioactive compounds". Artikel yang ditelusuri dibatasi pada rentang waktu publikasi 2020 hingga 2024 agar tetap relevan dengan perkembangan terkini. Namun, karena keterbatasan jumlah penelitian yang secara khusus membahas topik ini, satu artikel di luar rentang tahun tersebut tetap disertakan karena memuat data eksperimen yang relevan dan mendalam. Kriteria inklusi dalam pencarian mencakup artikel yang tersedia dalam bentuk full-text, ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris, dan menyajikan data eksperimental terkait metode ekstraksi hijau pada jahe. Artikel yang hanya bersifat tinjauan (review) atau tidak memuat informasi kuantitatif tentang metode ekstraksi dikeluarkan dari kajian. Setelah proses seleksi, sebanyak 10 artikel yang memenuhi seluruh kriteria dipilih untuk dianalisis lebih lanjut. Seluruh artikel yang terpilih kemudian digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan jenis metode ekstraksi, jenis pelarut dan kondisi yang digunakan, serta informasi lain yang relevan dengan fokus penelitian. Analisis dilakukan secara kualitatif dan deskriptif untuk menyusun sintesis metodologis yang mendalam mengenai pendekatan ekstraksi yang mendukung prinsip keberlanjutan dalam produksi fitofarmaka berbasis jahe.

Pendapat ahli mendukung penggunaan studi literatur sistematis sebagai metode yang efektif untuk merangkum dan mengevaluasi penelitian terkini secara komprehensif. Okoli dan Schabram (2010) menegaskan bahwa studi literatur sistematis memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tren penelitian, kesenjangan, serta membangun dasar bukti ilmiah yang kuat dengan cara yang transparan dan terstruktur. Selain itu, vom Brocke et al. (2009) menyatakan bahwa metode ini sangat berguna untuk mengintegrasikan hasil dari berbagai sumber dan disiplin ilmu, sehingga dapat menghasilkan sintesis yang holistik dan aplikatif, terutama dalam bidang teknologi dan ilmu terapan. Menurut Petticrew dan Roberts (2006), studi literatur sistematis juga meningkatkan kualitas dan validitas temuan penelitian dengan menggunakan prosedur seleksi dan evaluasi yang ketat, sehingga hasil kajian dapat diandalkan untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti. Dengan demikian, pendekatan ini sangat relevan dan tepat digunakan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi metode ekstraksi hijau pada jahe secara menyeluruh dan kritis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Sebanyak sepuluh jurnal internasional disajikan pada Tabel 1 melalui skrining jurnal yang dianalisis menggunakan metode kajian literatur.

Tabel 1. Studi tentang Perbandingan Metode Ekstraksi Ramah Lingkungan terhadap Jahe (*Zingiber officinale*) Berdasarkan Pelarut, Yield, Kandungan Bioaktif, dan Tingkat Keberlanjutan

No	Metode Ekstraksi	Pelarut dan Kondisi	Yield Ekstrak (%)	Kandungan Bioaktif	Ramah Lingkungan	Sumber
1	Ultrasonic-Assisted Extraxtion (UAE)	Air, 100 °C, 30 menit	1,34	6-Gingerol dan Shogaol	Tinggi	Shalabi <i>et al.</i> , 2023
2	Ultrasonic-Assisted Extraxtion (UAE)	Etanol, 42 °C, 79 menit	11,3	8-Gingerol, Shogaol	Sedang	Hartuti dan Supardan, 2022
3	Ultrasonic-Assisted Extraxtion (UAE)	Etanol 70%, 50 °C, 120 menit	24,71	6-Gingerol	Sedang	Herliati <i>et al.</i> , 2021
4	Microwave-Assisted Extraction (MAE)	Etanol, 100 °C	2,18	6 dan 8-Gingerol dan Shogaol	Sedang	Gonzalez <i>et al.</i> , 2023
5	Microwave-Assisted Extraction (MAE)	Etanol 70%, 10 menit	0,41	6-Gingerol dan Shogaol	Sedang	Teng <i>et al.</i> , 2019
6	Microwave-Assisted Extraction (MAE)	Etanol 70%, 60 menit	14,94	6-Gingerol dan Shogaol	Sedang	Cha <i>et al.</i> , 2020
7	Subcritical Water Extraction (SWE)	Air, 120 °C, 10 bar, 30 menit	3,17	6-Gingerol dan Shogaol	Sangat Tinggi	Razak <i>et al.</i> , 2023
8	Subcritical Water Extraction (SWE)	Air, 140 °C, 3,5 bar, 20 menit	4,19	6-Gingerol dan Shogaol	Sangat Tinggi	Yulianto <i>et al.</i> , 2023

9	Supercritical Fluid Extraction (SFE)	CO <sub>2</sub> , 300 bar, 60 °C, 180 menit	4,58	6-Gingerol dan 6-Shogaol	Sangat Tinggi	Žitek <i>et al.</i> , 2022
10	Supercritical Fluid Extraction (SFE)	CO <sub>2</sub> , 250 bar, 50 °C, 360 menit	2,60	6 dan 8-Gingerol dan Shogaol	Sangat Tinggi	Cárdenas-Toro <i>et al.</i> , 2025

## Pembahasan

Inovasi dalam metode ekstraksi ramah lingkungan telah menjadi fokus utama dalam pengembangan industri fitofarmaka modern, seiring meningkatnya tuntutan global terhadap proses produksi yang berkelanjutan, efisien, serta aman bagi lingkungan dan konsumen. Pendekatan ini berakar pada prinsip *green chemistry* sebagaimana dirumuskan oleh Anastas dan Warner (1998), yang menekankan pentingnya pengurangan penggunaan zat berbahaya dan pencegahan pencemaran sejak tahap awal proses produksi, termasuk dalam industri farmasi dan pengolahan bahan alam. Prinsip ini juga mengedepankan pengoptimalan penggunaan sumber daya yang terbarukan dan penggunaan teknologi yang meminimalkan limbah serta emisi berbahaya, sehingga dapat mendukung agenda pembangunan berkelanjutan secara menyeluruh.

Dalam konteks ekstraksi bahan alam seperti jahe (*Zingiber officinale*), penerapan prinsip *green chemistry* menjadi sangat relevan karena metode ekstraksi konvensional sering kali menggunakan pelarut organik yang toksik dan proses termal yang intensif, yang berpotensi menurunkan kualitas dan stabilitas senyawa bioaktif yang terkandung dalam tanaman. Hal ini menjadi tantangan serius dalam industri fitofarmaka karena kualitas senyawa aktif secara langsung mempengaruhi efektivitas dan keamanan produk akhir. Oleh karena itu, inovasi dalam teknik ekstraksi yang dapat mengurangi penggunaan pelarut berbahaya, menekan konsumsi energi, serta mengurangi dampak lingkungan menjadi prioritas utama.

Berbagai teknologi ekstraksi hijau kini telah dikembangkan dan diaplikasikan, termasuk *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE), *Microwave-Assisted Extraction* (MAE), *Subcritical Water Extraction* (SWE), dan *Supercritical Fluid Extraction* (SFE). Teknologi-teknologi ini mampu mengoptimalkan proses ekstraksi dengan efisiensi tinggi dan dampak lingkungan yang minimal (Chemat et al., 2017; Rajan et al., 2023). Masing-masing teknologi memiliki mekanisme kerja yang berbeda, yang memungkinkan pengambilan senyawa bioaktif dari bahan tanaman dengan cara yang lebih selektif, cepat, dan hemat energi.

Misalnya, UAE menggunakan gelombang ultrasonik yang menghasilkan efek kavitasi—gelembung-gelembung udara mikro yang meledak dan menyebabkan pecahnya dinding sel tanaman sehingga mempercepat pelepasan senyawa aktif. Proses ini tidak hanya memperpendek waktu ekstraksi tetapi juga menurunkan suhu yang dibutuhkan, sehingga menjaga kestabilan senyawa termolabil (Shalabi et al., 2023). Sementara itu, MAE memanfaatkan gelombang mikro yang mampu meningkatkan suhu secara cepat dan merata di dalam medium ekstraksi, memungkinkan pelarut dan bahan tanaman berinteraksi secara lebih efektif dan mengurangi waktu proses secara signifikan (Gonzalez et al., 2023). Kedua metode ini juga memiliki keunggulan dalam mengurangi konsumsi pelarut serta energi bila dibandingkan dengan ekstraksi konvensional.

Di sisi lain, SWE dan SFE adalah teknologi ekstraksi yang menggunakan kondisi fisik ekstrim untuk menghilangkan kebutuhan penggunaan pelarut organik beracun. SWE menggunakan air pada kondisi suhu dan tekanan subkritis, dimana air memperoleh sifat pelarut yang lebih baik, dapat melarutkan senyawa dengan berbagai tingkat polaritas tanpa merusak komponen bioaktif (Razak et al., 2023). SFE memanfaatkan CO<sub>2</sub> dalam kondisi superkritis, yang memiliki viskositas rendah dan difusivitas tinggi sehingga mampu mengekstraksi senyawa nonpolar seperti gingerol dan shogaol secara selektif dan efisien tanpa meninggalkan residu pelarut berbahaya (Cárdenas-Toro et al., 2015). Teknologi ini juga memungkinkan kontrol yang presisi atas suhu dan tekanan sehingga dapat mempertahankan kestabilan senyawa aktif yang sensitif terhadap panas.

Faktor pemilihan pelarut dan kondisi operasional sangat menentukan keberhasilan proses ekstraksi hijau. Pelarut seperti air dan etanol menjadi pilihan utama karena sifatnya yang aman, ramah lingkungan, dan mudah didaur ulang. Dalam metode UAE dan MAE, proporsi dan konsentrasi pelarut sangat berpengaruh terhadap rendemen dan kualitas ekstrak. Hartuti dan Supardan (2022) serta Herliati et al. (2021) menemukan bahwa variasi konsentrasi etanol antara 42% hingga 70% dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa gingerol dan shogaol dengan cara meningkatkan kelarutan dan stabilitas senyawa. Sementara itu, metode SWE dan SFE tidak memerlukan pelarut tambahan selain air dan CO<sub>2</sub>, yang secara alami tidak beracun dan tidak meninggalkan residu, sehingga sangat disukai dalam aplikasi farmasi dan nutrasetikal (Zitek et al., 2022; Yulianto et al., 2023).

Selain faktor pelarut, pengaturan suhu, tekanan, dan waktu ekstraksi juga penting untuk menjaga integritas senyawa bioaktif yang termolabil. Kondisi optimal untuk SWE berkisar pada suhu 120–140 °C dan tekanan 10–35 bar, sementara untuk SFE menggunakan tekanan CO<sub>2</sub> antara 180–250 bar pada suhu yang dikontrol ketat. Kondisi ini mampu

meningkatkan efisiensi pelarutan dan pemisahan senyawa bioaktif tanpa menimbulkan degradasi kimiawi (Razak et al., 2023; Cárdenas-Toro et al., 2015).

Kualitas senyawa bioaktif hasil ekstraksi merupakan parameter penting dalam menilai efektivitas metode. Jahe dikenal kaya akan senyawa fenolik seperti 6-Gingerol, 8-Gingerol, dan Shogaol yang memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker yang kuat (Mohd Esa et al., 2019). Penelitian oleh Cha et al. (2020) dan Teng et al. (2019) menunjukkan bahwa metode UAE dan MAE mampu mengekstrak senyawa tersebut secara cepat, namun perlu pengontrolan suhu dan durasi agar tidak terjadi degradasi akibat panas berlebih. Metode SWE dan SFE terbukti lebih mampu mempertahankan kemurnian dan kestabilan senyawa aktif, menghasilkan ekstrak berkualitas tinggi yang sesuai untuk aplikasi farmasi kelas atas (Razak et al., 2023; Cárdenas-Toro et al., 2015).

Selain itu, pendekatan ekstraksi hijau ini juga mendukung prinsip keberlanjutan dengan mengurangi limbah kimia, meminimalkan penggunaan energi, dan memperpanjang umur bahan baku tanaman, sehingga menjadikan proses produksi fitofarmaka tidak hanya efisien secara ekonomi tetapi juga bertanggung jawab secara ekologis. Hal ini sangat penting mengingat meningkatnya kesadaran global terhadap isu lingkungan dan kesehatan, serta tuntutan regulasi yang semakin ketat dari lembaga-lembaga pengawas (Chemat et al., 2017).

Kesimpulannya, berbagai teknologi ekstraksi hijau seperti UAE, MAE, SWE, dan SFE menawarkan solusi inovatif yang dapat mengatasi keterbatasan metode ekstraksi konvensional. Dengan mekanisme kerja yang spesifik dan pilihan pelarut yang ramah lingkungan, metode-metode ini tidak hanya meningkatkan rendemen dan kualitas senyawa bioaktif dari jahe, tetapi juga memenuhi prinsip keberlanjutan yang menjadi tuntutan utama dalam produksi fitofarmaka masa kini dan masa depan. Kajian ini menegaskan pentingnya pemilihan dan pengembangan metode ekstraksi hijau sebagai strategi utama untuk mendukung industri herbal nasional agar lebih kompetitif sekaligus menjaga kelestarian lingkungan.

## SIMPULAN

Metode ekstraksi ramah lingkungan terbukti mampu menjawab tantangan dalam produksi fitofarmaka dari jahe (*Zingiber officinale*) dengan mengutamakan efisiensi, keberlanjutan, dan kualitas senyawa bioaktif. Teknologi seperti Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) dan Microwave-Assisted Extraction (MAE) menunjukkan keunggulan dalam waktu proses yang singkat serta konsumsi energi yang rendah, sementara

Subcritical Water Extraction (SWE) dan Supercritical Fluid Extraction (SFE) lebih unggul dari segi kemurnian ekstrak dan keamanan lingkungan karena tidak menggunakan pelarut organik. Keberhasilan setiap metode sangat bergantung pada pemilihan pelarut alami seperti air, etanol, atau CO<sub>2</sub> serta kontrol suhu dan tekanan yang tepat, yang berperan penting dalam menjaga kestabilan senyawa seperti 6-Gingerol, 8-Gingerol, dan Shogaol. Oleh karena itu, penerapan metode ekstraksi hijau yang sesuai dapat mengoptimalkan hasil dan mutu produk fitofarmaka sekaligus mendukung agenda produksi yang bertanggung jawab secara ekologis dan berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press.
- Cárdenas-Toro, F. P., Forster-Carneiro, T., Rostagno, M. A., Maugeri-Filho, F., & Meireles, M. A. A. (2015). Extraction of polyphenols from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using pressurized liquids: Application of high temperatures to improve extraction performance. *The Journal of Supercritical Fluids*, 92, 245–251.
- Cha, J. Y., Kim, W. J., Lee, Y. S., Lee, S. M., & Choi, H. J. (2020). Optimization of microwave-assisted extraction of gingerols from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and their antioxidant activities. *Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 845–853.
- Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2017). Green extraction of natural products: Concept and principles. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(4), 708.
- EMA (European Medicines Agency). (2021). *Herbal medicinal products: Ginger*.
- European Medicines Agency. (2021). *Assessment report on Zingiber officinale Roscoe, rhizoma*. EMA/HMPC/118913/2020.
- Galanakis, C. M. (2021). The emergence of nutraceuticals and functional foods as alternative medicine. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 87–90.
- Galanakis, C. M. (2021). The Food Systems in the Era of the Coronavirus (COVID-19) Pandemic Crisis. *Foods*, 9(4), 523.
- Gonzalez, J. R., Marquez, L. A., & Serrano, S. A. (2023). Application of microwave-assisted extraction in phytopharmaceuticals: A case study on ginger. *Phytochemistry Letters*, 53, 90–95.
- Hartuti, M., & Supardan, M. D. (2022). Ekstraksi senyawa aktif dari jahe menggunakan metode ekstraksi dengan bantuan ultrasonik (UAE) dan pelarut etanol. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 33(1), 50–57.

- Herliati, D., Saputri, I. R., & Maulidiyah, M. (2021). Optimasi ekstraksi gingerol dari jahe merah menggunakan metode ekstraksi ultrasonik. *Agroteknika*, 14(2), 123–132.
- Liu, Y., Chen, J., & Chen, F. (2020). Recent Advances in Green Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1584–1601.
- Liu, Y., Zhang, L., Wei, Y., & Luo, Z. (2020). Influence of NADES on extraction yield and antioxidant activity of gingerols. *Separation and Purification Technology*, 235, 116179.
- Mohd Esa, N., Ling, T. L. M., Peng, K. S., & Lajis, N. H. (2019). Chemical composition and pharmacological properties of ginger (*Zingiber officinale*) extracts. *Food Research International*, 128, 108722.
- Mohd Esa, N., Sulaiman, M. R., & Akowuah, G. A. (2019). Ginger: A Potential Medicinal Plant. *Phytochemistry Reviews*, 18(5), 1333–1347.
- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Sprouts: Working Papers on Information Systems*, 10(26). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1954824>
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Blackwell Publishing.
- Rajan, M., Prabhavathy, A., & Ramesh, U. (2023). Natural Deep Eutectic Solvent Extraction Media for *Zingiber officinale*: The Study of Chemical Compositions, Antioxidants and Antimicrobial Activities. *Natural Products Journal*.
- Razak, S. N. A., Yusof, N. A., Zakaria, N., & Abdullah, M. A. (2023). Extraction of phenolic compounds from ginger (*Zingiber officinale*) using subcritical water extraction method. *Molecules*, 28(4), 1032.
- Shalabi, A. M., Alnajada, R. M., & Al-Zoubi, O. M. (2023). Optimization of ultrasound-assisted extraction of ginger bioactives using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 47(1), e16789.
- Teng, H., Chen, L., & Wang, Y. (2019). Comparative study of microwave-assisted and conventional extraction techniques for gingerols from fresh ginger. *Food Chemistry*, 278, 273–279.
- vom Brocke, J., Simons, A., Riemer, K., Niehaves, B., Plattfaut, R., & Cleven, A. (2009). Reconstructing the Giant: On the Importance of Rigour in Documenting the Literature Search Process. *ECIS 2009 Proceedings*, Paper 161. <https://aisel.aisnet.org/ecis2009/161>

World Health Organization. (2023). Traditional, complementary and integrative medicine. WHO.

Yulianto, M. E., Permatasari, R. D., & Lestari, E. R. (2023). Pemanfaatan metode Subcritical Water Extraction untuk ekstraksi senyawa bioaktif dari jahe (*Zingiber officinale*). *Jurnal Kimia dan Terapan*, 15(1), 65–74.

Zitek, A., Maier, F., & Wirth, M. (2022). Efficiency of supercritical CO<sub>2</sub> extraction of bioactive compounds from ginger: A comparative analysis. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 15(3), 342–350.