

TINJAUAN: EFEKTIVITAS METODE SONIKASI DALAM EKSTRAKSI SENYAWA BIOAKTIF DARI LIMBAH KULIT BUAH

Review: Effectiveness Of Sonication Method In Extraction Of Bioactive Compounds From Fruit Peel Waste

Mutiara Safitri^{1*}, Najwa Shaliha Arifa², Nabil Fikri³

^{1,2,3} Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan – Fakultas Pertanian – Universitas Tanjungpura
Jl. Prof. Dr. H.Hadari Nawawi Pontianak
Korespondensi, email : mutiarasafitri260@gmail.com

submit: 17 May 2025 | Revisi: 19 June 2025
diterima: 20 May 2025 | Available online: 30 June 2025

ABSTRAK

Limbah pangan nabati seperti kulit buah mengandung berbagai senyawa bioaktif bernilai tinggi yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan fungsional dalam industri pangan dan farmasi. Salah satu metode inovatif yang digunakan untuk mengekstraksi senyawa tersebut adalah *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE), yang dikenal efisien, ramah lingkungan, dan mampu mempertahankan kualitas senyawa aktif. Artikel ini bertujuan mengkaji secara sistematis efektivitas UAE dalam mengekstraksi senyawa bioaktif dari kulit buah seperti, manggis, pir, dan kiwi. Studi literatur dilakukan dengan menganalisis lima artikel utama dalam rentang tahun 2015-2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa UAE mampu meningkatkan rendemen, kandungan total fenolik dan flavonoid, serta aktivitas antioksidan secara signifikan dibandingkan metode konvensional. Efektivitas UAE sangat dipengaruhi oleh jenis pelarut, waktu sonikasi, suhu, daya ultrasonik, dan rasio sampel-pelarut. Oleh karena itu, UAE merupakan teknologi berkelanjutan yang menjanjikan pemanfaatan limbah pangan menjadi produk bernilai tinggi.

Kata kunci: ekstraksi dengan bantuan UAE , kulit buah, limbah pangan, senyawa bioaktif.

ABSTRACT

Plant-based food waste such as fruit peels contain various high-value bioactive compounds that have the potential to be used as functional ingredients in the food and pharmaceutical industries. One of the innovative methods used to extract these compounds is Ultrasound-Assisted Extraction (UAE), which is known to be efficient, environmentally friendly, and able to maintain the quality of active compounds. This article aims to systematically review the effectiveness of UEA in extracting bioactive compounds from fruit peels such as, mangosteen, pear, and kiwi. A literature study was conducted by analyzing five main articles in the period 2015-2025. The results of the study showed that UEA was able to increase the yield, total phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity significantly compared to conventional methods. The effectiveness of UEA is greatly influenced by the type of solvent, sonication time, temperature, ultrasonic power, and sample-solvent ratio. Therefore, UEA is a sustainable technology that promises to utilize food waste into high-value products.

Keywords : bioactive compounds, extraction with UEA assistance, fruit peels, food waste.

PENDAHULUAN

Limbah yang dihasilkan dari berbagai proses pengolahan makanan kini menjadi salah satu isu lingkungan yang signifikan. Jika limbah tidak dikelola dengan baik atau dibuang sembarangan, maka dapat menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan (Marjenah et al., 2018). Saat ini, limbah makanan tidak hanya dianggap sebagai sampah, tetapi juga sebagai produk sampingan yang memiliki potensi untuk didaur ulang, terutama jika mengandung senyawa dengan nilai nutrasetikal yang tinggi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan antioksidan pada kulit buah lebih tinggi dibandingkan bagian daging buahnya. Kulit buah mengandung senyawa fenolik seperti karotenoid, antosianin, flavonoid, dan asam fenolat dalam jumlah yang lebih besar daripada bagian daging buah (Jabbar et al., 2014; Safdar et al., 2017). Berbagai teknologi kini dikembangkan untuk mengekstrak komponen bernilai dari limbah pangan guna mendukung keberlanjutan dan menghasilkan produk bernilai tinggi, salah satunya yaitu sonikasi.

Metode ekstraksi berbantuan sonikasi atau UAE (*Ultrasonic-Assisted Extraction*) dikenal sangat efektif dalam meningkatkan efisiensi proses ekstraksi. Metode ini mampu mempercepat pergerakan massa dan mendorong fragmentasi selama proses berlangsung, menghasilkan partikel yang lebih kecil sehingga memungkinkan ekstraksi senyawa target dalam jumlah yang lebih besar (Irahmah et al., 2024). Sonikasi merupakan bentuk modifikasi dari metode maserasi yang memanfaatkan sinyal ultrasonik berfrekuensi tinggi, umumnya berkisar antara 20 hingga 50 kHz (Qodriah et al., 2021). Selain digunakan dalam ekstraksi, metode ini juga telah diterapkan pada proses lain seperti pengeringan, mikroenkapsulasi, dan analisis rasa rempah-rempah (Teng et al., 2019). Dibandingkan dengan teknik ekstraksi konvensional, UAE beroperasi dengan konsumsi energi yang lebih rendah dan lebih baik dalam menjaga komponen yang sensitif terhadap panas (Rao et al., 2021).

Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE) dikategorikan sebagai teknologi berkelanjutan karena mampu menekan

penggunaan energi dan pelarut secara signifikan (Rao et al., 2021). UAE terbukti mampu meningkatkan hasil ekstraksi, menjaga stabilitas senyawa peka terhadap suhu tinggi, serta mengurangi penggunaan pelarut organik. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan meninjau secara sistematis penerapan UAE dalam ekstraksi senyawa bioaktif dari limbah pangan nabati serta efektivitasnya dibandingkan metode ekstraksi konvensional.

METODE

Penelitian ini dilakukan melalui studi pustaka dengan menelaah lima jurnal utama yang membahas tentang ekstraksi senyawa bioaktif dari kulit buah menggunakan metode *Ultrasonic-Assisted Extraction* (UAE). Artikel diambil dari jurnal nasional dan internasional melalui database seperti *Google Scholar*, *ScienceDirect*, dan lain lain dengan rentang publikasi 2015-2025. Analisis difokuskan pada prinsip kerja sonikasi, efisiensi proses, serta perbandingannya dengan metode konvensional. Data disusun secara sistematis untuk menilai potensi UAE sebagai metode ramah lingkungan dalam pemanfaatan limbah pangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi pada bahan pangan adalah suatu proses pemisahan senyawa-senyawa terlarut seperti polifenol, karotenoid, minyak esensial, gula, atau protein dari matriks kompleks bahan baku pangan (misalnya buah, sayuran, biji, atau rempah) dengan memanfaatkan perbedaan kelarutan dan laju perpindahan massa antara fase padat dan pelarut. Pada dasarnya, ekstraksi memfokuskan pada pelarutan komponen target ke dalam pelarut yang sesuai (air, etanol, metanol, atau campurannya) di bawah kondisi suhu, waktu, dan rasio sampel-pelarut terkontrol, sehingga molekul bioaktif dapat terlepas dari struktur selulosa, hemiselulosa, atau pektin dan berpindah ke fase cair (Syamsul, et al., 2020). Efisiensi ekstraksi dipengaruhi oleh polaritas pelarut, ukuran partikel bahan baku, suhu, serta teknik yang digunakan (Anggista, et al.,

2019). Berbagai macam metode dapat dilakukan, mulai dari metode konvensional seperti maserasi dan soxhlet sampai teknologi intensifikasi seperti *ultrasound-assisted extraction* (UAE), *microwave-assisted extraction* (MAE), atau *pressurized liquid extraction* (PLE).

Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)

Metode ekstraksi menggunakan sonikasi atau *ultrasound-assisted extraction* (UAE), merupakan teknik ekstraksi bioaktif yang memanfaatkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi diatas 20 kHz untuk meningkatkan laju perpindahan massa dan merusak struktur jaringan tumbuhan secara mekanis (Fikriandini & Khair, 2023). UAE dikembangkan sebagai solusi atas keterbatasan metode konvensional seperti maserasi yang cenderung memakan waktu lama dan menghasilkan rendemen rendah. Ekstraksi UAE secara intensif sebagai metode potensial untuk mengefisiensi durasi pemrosesan, suhu, dan konsumsi pelarut. Selain itu, UAE juga terbukti mampu meningkatkan hasil ekstraksi yang lebih optimal (Lucas-González, et al., 2024).

Prinsip Kerja Sonikasi dalam Ekstraksi

Ekstraksi berbantuan ultrasonik (UAE) didasarkan pada kavitasi akustik, yakni fenomena yang dihasilkan oleh gelombang ultrasonik frekuensi tinggi dalam media cair. Gelombang ini menciptakan gelembung mikro yang pecah dengan hebat, menghasilkan suhu tinggi dan tekanan lokal yang memecah dinding sel bahan tanaman. Akibatnya, terjadi pelepasan senyawa bioaktif, seperti polifenol, flavonoid, dan karotenoid, sehingga meningkatkan efisiensi ekstraksi dibandingkan dengan metode tradisional. Selain itu, proses ini mengurangi waktu pemrosesan sambil mempertahankan kualitas tinggi dalam ekstrak yang diperoleh. Keunggulan ini membuat sonikasi sangat menarik untuk digunakan dalam ekstraksi senyawa bioaktif dari bahan pangan maupun limbah pertanian (Shen, et al., 2023).

Efektivitas *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE) terhadap Ekstrak Kulit Buah

Efektivitas UAE sangat bergantung pada parameter operasional termasuk frekuensi dan amplitudo ultrasonik, durasi sonikasi, suhu, jenis dan rasio pelarut, serta karakteristik sampel yang harus dioptimasi secara cermat untuk mencegah degradasi

senyawa sensitif akibat paparan energi berlebih. Secara praktis, sistem sonikasi terbagi menjadi dua, yakni probe (sonotrode) dan bath (rendaman). Probe (sonotrode) untuk kontak langsung dengan sampel yang memberikan intensitas tinggi namun memerlukan kontrol suhu lebih ketat. Bath (rendaman) lebih ekonomis dan distribusi energi lebih merata, meski kekuatannya lebih rendah (Sanjaya, et al., 2022).

Tabel 1. Perbandingan Efektivitas Metode *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE) dan Maserasi terhadap Ekstraksi Kulit Buah Berdasarkan Parameter Rendemen, Kandungan Senyawa Bioaktif, Aktivitas Antioksidan, dan Waktu Ekstraksi

Jenis Kulit Buah	Metode	Rendemen Ekstrak (% w/w)	Kandungan Bioaktif (mg/g)	Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀ , ppm)	Waktu Ekstraksi
Manggis	UAE	28,7	Flavonoid total: 3,8	10,3 (DPPH)	15 menit
	Maserasi	3,9	Flavonoid total: 1,9	46,5 (DPPH)	6 jam
Piri	UAE	17,2	Antosiyanin: 0,343	18,1 (ABTS)	11 menit
	Maserasi	14,5	Antosiyanin: 0,266	26,7 (ABTS)	≥3 jam
Kiwit	UAE	19,4	Flavonoid total: 1,51	12,4 (DPPH)	20 menit
	Maserasi	12,3	Flavonoid total: 1,10	25,8 (DPPH)	5 jam

a. Rendemen Ekstrak

UAE meningkatkan rendemen ekstraksi kulit buah secara signifikan dibandingkan maserasi konvensional. Efek kavitasi ultrasonik memicu fragmentasi dinding sel dan peningkatan laju difusi, sehingga lebih banyak senyawa terlarut diperoleh dalam waktu singkat. Ekstraksi kulit manggis pada penelitian Helisa *et al* (2024) yang menggunakan etanol 96% selama 90 menit menghasilkan rendemen 28,68% (w/w), jauh

melebihi 3,9% yang dicapai melalui maserasi selama 6 jam pada suhu ruang (Albuquerque, et al., 2025). Penelitian Albuquerque et al. (2025) pada *Sicana odorifera*, berupa optimalisasi UAE yang dilakukan dalam 23 menit, 500W, dan 40% etanol memberikan rendemen sebesar 26% (w/w), sedangkan *heat-assisted* (maserasi termal) selama 62 menit hanya 23% (w/w), walaupun konsentrasi antosianinnya sedikit lebih tinggi pada maserasi termal. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Adhiksana, (2017) bahwa rendemen yang dihasilkan menggunakan metode ultrasonik lebih banyak dibandingkan metode konvensional.

- b. Kandungan Senyawa Bioaktif
Menurut pernyataan Chalif & Alauhdin, (2024) waktu sonikasi yang semakin lama kurang efisien dalam meningkatkan nilai rendemen karena jumlah senyawa bioaktif yang terkandung pada bahan sudah dalam batas atau tidak ada. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan senyawa bioaktif berkaitan erat dengan lama waktu sonikasi yang dapat mempengaruhi nilai rendemen ekstraksi. UAE tidak hanya meningkatkan kuantitas ekstrak, tetapi juga mempertahankan atau memaksimalkan kandungan senyawa bioaktif terkandung. Penelitian oleh Belwal et al (2019) mengaplikasikan UAE pada kulit pir dengan perlakuan etanol 50 %, 40 kHz, dan waktu 11 menit menghasilkan 0,343 mg/g cyanidin-3-O-galaktosida, sedangkan maserasi di bawah kondisi yang sama hanya 0,266 mg/g. Selain itu, penelitian oleh Giordano et al (2021) pada kulit kiwi, UAE memberikan 1,51 mg/g total flavonoid, melampaui 1,10 mg/g dari maserasi. Mekanisme kavitasasi memfasilitasi penetrasi pelarut ke dalam vakuola sel sehingga ekstra polifenol lebih optimal.
- c. Aktivitas Antioksidan

Aktivitas radikal-penangkal (antiradikal) yang diukur melalui DPPH atau ABTS menunjukkan nilai IC₅₀ lebih rendah (lebih poten) pada ekstrak UAE dibanding maserasi. Seperti pada penelitian yang dilakukan Helisa et al (2024), ekstrak kulit manggis menggunakan UAE dengan etanol memiliki IC₅₀ DPPH sebesar 10,28 ppm.

- d. Waktu Ekstraksi
Menurut Candra, et al., (2021) waktu ekstraksi yang terlalu lama akan menyebabkan ekstrak terhidrolisis, sedangkan waktu ekstraksi yang terlalu singkat menyebabkan tidak semua senyawa aktif terekstrak dari bahan. UAE umumnya mempersingkat waktu ekstraksi hingga 5–20 menit, sementara maserasi pasif memerlukan 2–6 jam untuk kadar rendemen dan kandungan bioaktif yang relatif serupa. Pada ekstraksi antosianin kulit pir yang dilakukan oleh Belwal et al (2019), UAE optimal hanya 11 menit, sedangkan maserasi memerlukan ≥3 jam untuk mencapai ekstrak dengan karakteristik sama. Studi pada *black chokeberry* yang dilakukan oleh Linares & Rojas (2022) juga menunjukkan waktu optimal 10 menit untuk UAE, tetapi maserasi konvensional memerlukan ≥60 menit. Hal ini sejalan dengan pernyataannya Triyanti, et al., (2025) yang menyatakan bahwa salah satu kelebihan menggunakan metode sonikasi yaitu waktu yang digunakan relatif singkat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian, dapat disimpulkan bahwa *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE) merupakan metode yang sangat efektif untuk mengekstraksi senyawa bioaktif dari limbah kulit buah UEA mampu meningkatkan hasil ekstraksi, mempertahankan stabilitas senyawa yang sensitif terhadap panas, serta mengurangi kebutuhan pelarut organik. Dibandingkan dengan metode seperti maserasi

konvensional, UAE menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dalam waktu dan suhu yang lebih efisien. Efektifitas metode ini dipengaruhi oleh parameter proses seperti jenis pelarut, konsentrasi, waktu, suhu, daya sonikasi, serta rasio sampel terhadap pelarut. Dengan berbagai keunggulan tersebut, UAE berpotensi besar untuk diimplementasikan secara luas sebagai teknologi pengolahan limbah pangan yang mendukung prinsip keberlanjutan dan ekonomi sirkular.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiksana, A., 2017. Perbandingan Metode Konvensional Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang dengan Metode Ultrasonik. *Journal of Research and Technology*, 3(2), pp. 80-87.
- Albuquerque, B. R. et al., 2025. Optimization and comparison of heat- and ultrasound-assisted extraction methods for anthocyanin recovery from *Sicana odorifera* fruit epicarp. *Biomass Conversion and Biorefinery*, Volume 15, pp. 1027-1040.
- Anggista, G. et al., 2019. Penentuan Faktor Berpengaruh Pada Ekstraksi Rimpang Jahe Menggunakan Ekstraktor Berpengaduk. *GEMA TEKNOLOGI*, 20(3), pp. 80-84.
- Belwal, T. et al., 2019. Optimization model for ultrasonic-assisted and scale-up extraction of anthocyanins from *Pyrus communis* 'Starkrimson' fruit peel. *Food Chemistry*, Volume 297, pp. 1-12.
- Candra, L. M. M., Andayani, Y. & Wirasisya, D. G., 2021. Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Kandungan Fenolik Total dan Flavonoid Total pada Ekstrak Etanol Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Pijar MIPA*, 16(3), pp. 394-405.
- Chalif, C. & Alauhdin, M., 2024. Analisis Pengaruh Massa Sampel, Volume Pelarut, dan Waktu Sonikasi pada Ekstraksi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap Kandungan Quercetin. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 47(1), pp. 37-48.
- Fikriandini, N. & Khair, M., 2023. Penentuan Celah Pita Katalis ZnO/Zeolit Yang Disintesis Dengan Metoda Sonikasi. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7(1), pp. 40-44.
- Giordano, M. et al., 2021. Ultrasound-Assisted Extraction of Flavonoids from Kiwi Peel: Process Optimization and Bioactivity Assessment. *Appl. Sci.*, Volume 11, pp. 1-15.
- Helisa, E. L., Mulqie, L. & Putri, A. P., 2024. Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Kulit Buah Manggis dengan Metode Sonikasi. *Jurnal Riset Farmasi (JRF)*, 4(2), pp. 99-106.
- Irahmah, S. et al., 2024. Kajian Pustaka: Pengaruh Suhu dan Waktu terhadap Karakteristik Oleoresin dengan Metode Ekstraksi Ultrasonik. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 6(2), pp. 93-100.
- Linares, G. & Rojas, M. L., 2022. Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Pigments From Food Processing By-Products: A Review. *Front. Nutr*, Volume 9.
- Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Pérez-Álvarez, J. . Á. & Fernández-López, J., 2024. Screening Factors to Affect Ultrasound-Affected Extraction of (Poly)phenols from Date Palm Seeds. *Frontieres in Chemistry*, pp. 1-10.
- Marjenah, et al., 2017. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah-Buahan Sebagai Bahan Baku Pembuatan Pupuk Organik Cair. *J Hut Trop*, 1(2), pp. 120-127.
- Qodriah, R., Simanjuntak, P. & Putri, D. A. E., 2021. Uji Aktivitas Antioksidan dari Ekstrak Daun Tin (*Ficus carica* L.) varietas Iraqi Menggunakan Metode Ekstraksi Sonikasi. *Saintech Farma*, 14(2), pp. 114-120.
- Rao, M. V., Sengar, A. S., K, S. C. & Rawson, A., 2021. Ultrasonication - A green technology extraction technique for spices: A review. *Trends in Food*

Science & Technology, Volume 116, pp. 975-991.

Sanjaya, Y. A., Tola, P. S. & Rahmawati, R., 2022. Ultrasound-assisted Extraction as a Potential Method to Enhanced Extraction of Bioactive Compound. *3rd International Conference Eco-Innovation in Science, Engineering, and Technology*, Volume NST Proceedings, pp. 191-198.

Shen, L. et al., 2023. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies. *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 101.

Syamsul, E. S., Amanda, N. A. & Lestari, D., 2020. Perbandingan Ekstraksi Lamur *Aquilaria malaccensis* dengan Metode Maserasi dan Refluks. *Jurnal Riser Kefarmasian Indonesia*, 2(2), pp. 97-104\.

Teng, X., Zhang, M. & Devahastin, S., 2019. New developments on ultrasound-assisted processing and flavor detection of spices: A review. *Ultrasonics - Sonochemistry*, Volume 55, pp. 297-307.

Triyanti, S. B. et al., 2025. Pengaruh Metode Ekstraksi Maserasi, Sonikasi, dan Sokletasi Terhadap Nilai Rendemen Sampel Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 8(1), pp. 71-78.