

# **LIFE CYCLE COSTING EKSTRAKSI MINYAK GAHARU DENGAN METODE MASERASI BERBANTU MICROWAVE DAN ULTRASONIK**

## **Life Cycle Costing of Agarwood Oil Extraction Using Microwave and Ultrasonic Assisted Maceration Methods**

**Hendra Saputra<sup>12\*</sup>, Benni Satria<sup>3</sup>, Novizar Nazir<sup>4</sup>, Tuty Anggraini<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Program Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

<sup>2</sup>Departmen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologiultrasonic-assisted Pertanian, Universitas Andalas

<sup>3</sup>Departmen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

<sup>4</sup>Departmen Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

\*Email: hendra.saputra@ae.unand.ac.id

### **ABSTRAK**

Ekstraksi minyak gaharu merupakan proses penting dalam industri gaharu. ekstraksi minyak gaharu sangat jarang dilakukan oleh masyarakat karena tidak menguntungkan dan proses yang sangat lama. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi teknik inovatif seperti maserasi dengan bantuan ultrasonik dan microwave untuk meningkatkan rendemen hasil ekstraksi minyak gaharu. selanjutnya serta menghitung efisiensi waktu dan biaya dengan menghitung biaya siklus hidup (*life cycle costing*) ekstaksi minyak gaharu. metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu melakukan ekstraksi dengan metode maserasi berbantu ultrasonik, maserasi berbantu microwave dan maserasi berbantu ultrasonik dan microwave (kombinasi). Hasil penelitian menunjukkan ekstraksi yang memperoleh rendemen tertinggi yaitu dengan menggunakan metode kombinasi maserasi berbantu microwave selama 3 menit dan maserasi berbantu ultrasonik selama 60 menit dengan hasil rendemen sebesar 0,148%, kemudian di konversi dalam waktu 24 jam dapat menghasilkan ekstrak minyak gaharu sebanyak 18 gram dengan tambahan biaya sebanyak Rp13.037. kemudian dari segi biaya pengolahan maserasi pelarut menggunakan microwave menghasilkan rendemen minyak gaharu sebanyak 0,096% dengan jumlah biaya yang lebih murah yaitu sebanyak Rp3.190, dalam waktu ekstraksi 24 jam menghasilkan ekstrak sebanyak 12 gram.

Kata Kunci: Gaharu; *Life Cycle Costing*; Microwave; Ultrasonik

### **ABSTRACT**

Agarwood oil extraction is an important process in the agarwood industry. Agarwood oil extraction is rarely done by the community because it is not profitable and the process is very long. This study aims to explore innovative techniques such as ultrasonic and microwave-assisted maceration to increase the yield of agarwood oil extraction. Furthermore, calculating the efficiency of time and cost by calculating the life cycle cost of agarwood oil extraction. The method used in this study was to carry out extraction using ultrasonic-assisted maceration, microwave-assisted maceration, and ultrasonic and microwave-assisted maceration (combination). The results showed that the extraction that obtained the highest yield was by using a combination of microwave-assisted maceration for 3 minutes and ultrasonic-assisted maceration for 60 minutes with a yield of 0.148%, then converted within 24 hours to produce 18 grams of agarwood oil extract with an additional cost of Rp13,037. then in terms of the cost of solvent maceration processing using microwaves produces a yield of agarwood oil of 0.096% with a cheaper cost of Rp3,190, in a 24-hour extraction time it produces 12 grams of extract.

**Keywords:** Agarwood; Life Cycle Costing; Microwave; Ultrasonic

### **PENDAHULUAN**

Gaharu, yang dikenal dengan nilai ekonominya yang tinggi, memiliki bagian yang disebut gubal gaharu yang dapat diolah menjadi minyak gaharu (Pratopo & Thoriq, 2020). Proses pengolahan minyak gaharu melibatkan biaya penyulingan, di mana keuntungan usaha dapat bervariasi tergantung pada penjualan ampas serbuk dan hidrosol gaharu (Wahyuni & Yuliana, 2021). Minyak gaharu sendiri diperoleh melalui berbagai metode ekstraksi seperti pengempaan, hidrodestilasi, dan ekstraksi dengan

pelarut, termasuk ekstraksi dengan pelarut etanol secara maserasi (Luthfi & Jerry, 2021). Dalam konteks pengembangan bisnis gaharu, pemahaman tentang strategi pengembangan model bisnis dan analisis biaya produksi sangat penting untuk memahami potensi ekonomi dari minyak gaharu (Liunokas & Karwur, 2020).

Penelitian telah menunjukkan bahwa metode ekstraksi berbantu microwave dan ultrasonik memiliki keunggulan dalam efisiensi dan kecepatan ekstraksi senyawa aktif dari bahan baku tertentu (E. Susanti et al., 2022). Metode ekstraksi berbantu ultrasonik, khususnya, telah terbukti efektif dalam ekstraksi senyawa aktif dengan optimal dan efisien (S. Susanti et al., 2022). Selain itu, metode ekstraksi berbantu microwave juga telah digunakan dalam ekstraksi minyak atsiri dari bahan tumbuhan lain, menunjukkan potensi dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi (Erliyanti et al., 2020).

Penerapan teknologi ekstraksi modern seperti *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) dan *Ultrasonic-Assisted Extraction* (UAE) telah menjadi fokus penelitian dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa aktif dari berbagai bahan baku (Rinawati et al., 2020). Metode ekstraksi ini mengacu pada konsep *Green Analytical Chemistry* (GAC) dengan meminimalkan penggunaan energi, pelarut, serta waktu dan biaya, sehingga bersifat ramah lingkungan. Dalam konteks ekstraksi minyak gaharu, penggunaan metode maserasi berbantu microwave dan ultrasonik dapat menjadi pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi minyak gaharu. Dengan memanfaatkan teknologi ekstraksi modern ini, diharapkan dapat memperoleh hasil ekstraksi minyak gaharu yang lebih efisien dan berkualitas tinggi.

Penetapan biaya siklus hidup atau *Life cycle costing* (LCC) sangat penting dalam mengevaluasi total biaya yang terkait dengan ekstraksi minyak, termasuk minyak gaharu. beberapa penelitian mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan selama proses ekstraksi, mulai dari desain hingga pengoperasian dan pemeliharaan, sehingga memberikan evaluasi ekonomi yang komprehensif (Sadliwala & Gogate, 2022). Mengintegrasikan LCC dengan penilaian siklus hidup (LCA) menawarkan pendekatan holistik untuk menilai dampak lingkungan dan ekonomi dari proses ekstraksi minyak (Omran et al., 2021). Pendekatan gabungan ini memungkinkan adanya pemahaman komprehensif tentang keberlanjutan proses produksi minyak. Selain itu, analisis biaya siklus hidup (LCCA) telah diterapkan di berbagai industri, seperti produksi biodiesel, untuk memperkirakan biaya produksi dan menilai kelayakan ekonomi (Das, 2023). LCCA juga telah digunakan untuk mengevaluasi dampak siklus hidup produksi listrik dari pembangkit listrik biomassa, dengan menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor ekonomi di samping masalah lingkungan (Siregar et al., 2020). Pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan ekstraksi minyak gaharu dengan menggunakan beberapa metode maserasi pelarut berbantu microwave dan ultrasonik dan melakukan analisis life cycle costing sehingga dapat di rekomendasikan metode yang efektif dan efisien terhadap rendemen dan biaya pengolahan minyak gaharu.

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan yaitu gubal kayu gaharu (*Aquilaria malaccensis*) yang tumbuh di daerah Lokasi bekas tambang di Kota Sawahlunto, kemudian bahan kimia yang digunakan yaitu methanol p.a. Alat yang digunakan yaitu Digital Analytic, Watt meter Tipe B, Ultrasonic Type Bath 60-70 Hz, Microwave Oven 450 W, Rotary Evaporator type BUCHI R215.

### B. Prosedur Penelitian

#### 1. Ekstraksi minyak gaharu berbantu *Ultrasonic*

Sampel serbuk gaharu ditimbang 5 gram dilarutkan dalam metanol p.a 100 ml dalam wadah enlemeyer selanjutnya dilakukan proses maserasi suhu ruang selama 24 jam dan selanjutnya di pisahkan minyak dengan pelarut menggunakan *rotary evaporator* selanjutnya dilakukan pengukuran rendemen minyak gaharu dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$\% \text{ rendemen} = \frac{BM}{BBA} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan: BM: Bobot Minyak

BBA: Bobot Bahan Awal

## 2. Ekstraksi minyak gaharu berbantu *Ultrasonic*

Sampel serbuk gaharu ditimbang 5 gram dilarutkan dalam metanol p.a 100 ml dalam wadah enlemeyer selanjutnya dilakukan proses maserasi dalam peralatan *ultrasonic bath* selama 60 menit dan selanjutnya di pisahkan minyak dengan pelarut menggunakan *rotary evaporator* selanjutnya dilakukan pengukuran rendemen minyak gaharu dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

## 3. Ekstraksi minyak gaharu berbantu *Microwave*

Sampel gaharu ditimbang 5 gram dilarutkan dalam metanol p.a 100 ml dalam wadah enlemeyer selanjutnya dilakukan proses maserasi dalam *microwave* selamat 3 menit hingga mencapai titik didih pelarut metanol selanjutnya di amkan selama 60 menit dan selanjutnya di pisahkan pelarut dengan minyak menggunakan *rotary evaporator* selanjutnya dilakukan pengukuran rendemen minyak gaharu dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

## 4. Ekstraksi minyak gaharu kombinasi *Microwave* dan *Ultrasonic*

Sampel gaharu ditimbang 5 gram dilarutkan dalam metanol p.a 100 ml dalam wadah enlemeyer selanjutnya dilakukan proses maserasi dalam *microwave* selamat 3 menit hingga mencapai titik didih metanol selanjutnya maserasi dalam peralatan ultrasonic selama 60 menit selanjutnya di pisahkan pelarut dengan minyak menggunakan *rotary evaporator* selanjutnya dilakukan pengukuran rendemen minyak gaharu dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

## C. Perhitungan *Life Cycle Costing* (LCC) Proses Ekstraksi

Perhitungan biaya siklus hidup proses ekstraksi bertujuan untuk melihat biaya yang dikeluarkan dalam melakukan proses ekstraksi minyak gaharu dalam skala laboratorium, perhitungan dilakukan dengan menghitung penggunaan energi Listrik dengan menghitung nilai KWh (*Kilowatt hour*) yang di peroleh setiap tahapan proses ekstraksi minyak gaharu, nilai KWh yang diperoleh dikonversikan dengan biaya Listrik per 1 KWh dalam bentuk rupiah (Rp. 1.444,70) sesuai dengan Persamaan (2). Hasil perhitungan *Life Cycle Costing* (LCC) ini dapat menjadi acuan dalam sistem pengambilan keputusan dalam produksi skala besar serta dapat melihat efisiensi produksi serta biaya yang dikeluarkan dalam produksi minyak gaharu. Selain menghitung biaya dari energi yang di keluarkan dalam proses ekstraksi, limbah yang dihasilkan dalam proses ekstraksi juga dilakukan perhitungan dalam optimasi proses ekstraksi.

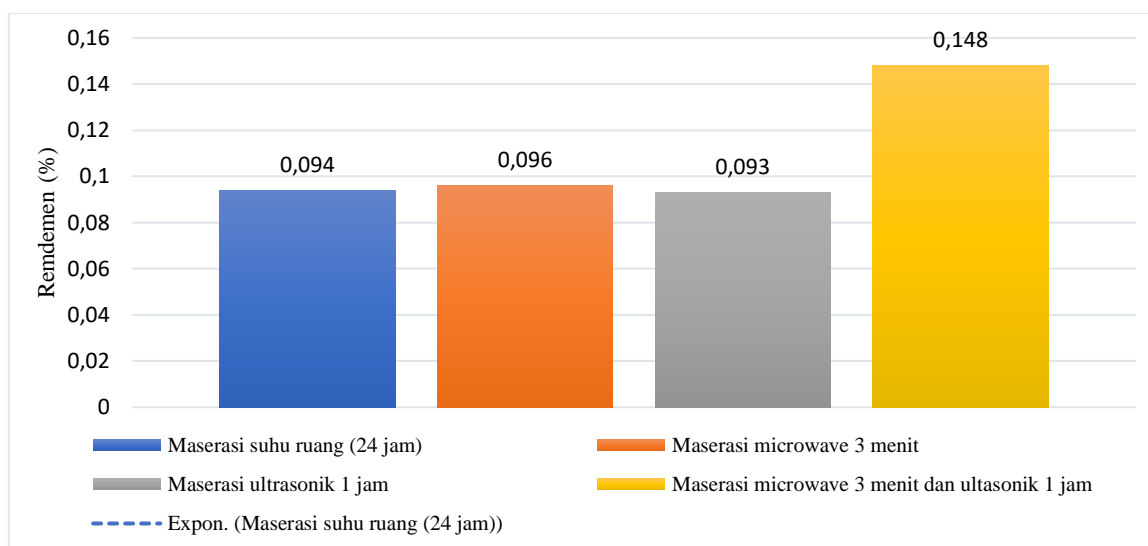
$$TBDH = \text{Niai KWh} \times \text{Rp } 1.444,70 \quad (2)$$

Keterangan: TBDH: Total Biaya Daur Hidup

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Ekstraksi Minyak Gaharu

Ekstraksi minyak gaharu dilakukan dengan beberapa teknik maserasi dengan pelarut, maserasi dilakukan dengan empat metode yaitu 1). maserasi dengan suhu ruang 24 jam, 2). maserasi dengan berbantu *microwave* 3 menit, 3). maserasi berbantu *ultrasonic* 60 menit dan 4). maserasi gabungan berbantu *microwave* dan *ultrasonic*. Rendemen hasil ekstraksi yang paling tinggi yaitu dengan menggunakan metode ekstraksi gabungan berbantu *microwave* dan *ultrasonic* dengan jumlah rendemen sebesar 0,148 %, kemudian diikuti oleh maserasi dengan *microwave* sebesar 0,096 % selanjutnya maserasi suhu ruang 0,094 % dan terakhir yaitu maserasi berbantu *ultrasonic* dengan rendemen 0,093 %. Perbandingan rendemen minyak gaharu dengan beberapa metode ekstraksi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rendemen Minyak Gaharu Hasil Ekstraksi

Tingginya nilai rendemen ekstraksi minyak gaharu sebesar 0,148% disebabkan proses paparan dari kombinasi menggunakan microwave dan ultrasonik yang menyebabkan minyak gaharu larut dan keluar secara maksimal sesuai data yang dilihat pada Gambar 1. Penerapan teknik ekstraksi modern seperti *microwave* dan *ultrasonic* dalam proses maserasi telah terbukti efektif dalam meningkatkan hasil ekstraksi senyawa aktif dari berbagai bahan baku (Dhotre, 2024; Liu et al., 2022) seperti yang terjadi dalam ekstraksi minyak gaharu penggunaan metode ekstraksi gabungan *microwave* dan *ultrasonic* dapat memberikan hasil yang optimal dan efisien, serta dapat menjadi pendekatan yang menjanjikan dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi minyak gaharu. Beberapa penelitian menyoroti penerapan gelombang mikro untuk mempercepat proses maserasi, sehingga mengurangi waktu maserasi secara signifikan. Hal ini mendukung gagasan bahwa ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi, yang sangat relevan mengingat tingginya hasil yang dicapai dari ekstraksi minyak gaharu menggunakan gelombang mikro dan maserasi dengan bantuan ultrasonik (Chanivet et al., 2020).

## B. Perhitungan Biaya Siklus Hidup

Biaya siklus hidup sangat penting diketahui untuk melihat efisiensi waktu dan biaya dalam proses ekstraksi minyak gaharu, jika di lihat dari rendemen proses ekstraksi gabungan maserasi berbantu *microwave* dan *ultrasonic* yang menghasilkan rendemen tertinggi, akan tetapi jika kita lihat dari efisiensi waktu dan biaya menunjukkan maserasi berbantu *microwave* yang paling efektif yaitu dengan waktu yang lebih singkat dan biaya yang lebih murah. Biaya yang dikeluarkan untuk proses ekstraksi minyak gaharu selama 24 jam yaitu sebanyak Rp3.190 dengan total ekstrak 12 gram. Akan tetapi jika kita bandingkan dengan maserasi berbantu *ultrasonic* mengeluarkan biaya yang cukup tinggi jika proses ekstraksi selama 24 jam yaitu sebanyak Rp12.760 dengan hasil ekstraksi lebih rendah daripada *microwave* yaitu 11 gram.

Kecilnya biaya yang dikeluarkan untuk maserasi suhu ruang tidak menunjukkan rendemen yang tinggi. Hal ini disebabkan tidak ada proses tambahan untuk mempercepat proses ekstraksi minyak gaharu sehingga proses ekstraksi dilakukan terlalu lama untuk menghasilkan rendemen yang maksimal. Selanjutnya rendahnya biaya ekstraksi menggunakan maserasi berbantu *microwave* berdampak baik terhadap rendemen dan biaya dimana jumlah biaya yang dikeluarkan tidak terlalu besar karena hanya digunakan energi selama 3 menit sehingga hasil yang diperoleh dapat efektif dalam biaya ekstraksi. Perbandingan biaya siklus ekstraksi minyak gaharu dapat dilihat pada Tabel 1.

Dalam perhitungan *life cycle costing* ekstraksi minyak gaharu, metode ekstraksi yang paling efisien adalah maserasi menggunakan *microwave*. Hal ini disebabkan oleh biaya yang lebih murah dibandingkan dengan metode maserasi menggunakan ultrasonik (Cai et al., 2022). Penggunaan *microwave* dalam proses ekstraksi minyak gaharu dapat memberikan keunggulan dalam efisiensi biaya, yang penting dalam evaluasi total biaya yang terkait dengan proses ekstraksi minyak gaharu. Penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan *microwave* dalam proses ekstraksi dapat memberikan efisiensi

yang tinggi dalam pengeluaran biaya, sehingga menjadi pilihan yang lebih ekonomis dalam perhitungan *life cycle costing* (Dong et al., 2021).

**Tabel 1.** Hasil perhitungan biaya siklus hidup (*life cycle costing*) minyak gaharu

No	Metode Ekstraksi	Peralatan	Energi (KWh)	Total Energi (KWh)	1 KWh (Rp)	Total Biaya (Rp)	Ekstrak (gr)	Total Biaya 24 Jam (Rp)	Total Ekstrak 24 jam (gr)
1	Maserasi suhu ruang (24 jam)	Rotary							
		Evaporator (Rincian)	0,084						
		1. Rotary		0,084	Rp.1.444,70	121,35	0,4712	Rp121	0,5
		Pompa Vacuum	0,009						
2	Maserasi microwave 3 menit	2. Rotary Rpm	0,003						
		3. Rotary							
		Waterbath	0,072						
		Microwave	0,008	0,092	Rp.1.444,70	132,91	0,4862	Rp3.190	12
3	Maserasi ultrasonik 1 jam	Rotary	0,084	0,368	Rp.1.444,70	531,65	0,4678	Rp12.760	11
		Evaporator	0,084						
		Microwave	0,008						
		Ultrasonik	0,284						
4	3 menit dan ultasonik 1 jam	Rotary	0,084	0,376	Rp.1.444,70	543,21	0,7435	Rp13.037	18
		Evaporator	0,084						

### C. Inventori Tahapan Proses Ekstraksi

Data inventori diperlukan untuk melihat jumlah limbah yang dihasilkan dari proses ekstraksi minyak gaharu yaitu limbah padat dan limbah cair, hasil perhitungan limbah padat yang paling banyak di hasilkan yaitu pada maserasi berbantu *microwave* dengan jumlah 15,5013 gram dan yang paling sedikit yaitu dengan maserasi berbantu *ultrasonic* yaitu 12,6613 gram, selanjutnya proses maserasi yang menghasilkan jumlah limbah cair yang paling tinggi yaitu maserasi berbantu *microwave* yaitu sebesar 81 ml dan paling rendah yaitu maserasi gabungan berbantu *microwave* dan *ultrasonic* dengan jumlah limbah cair sebanyak 74 ml, kategori limbah cair ini dapat digunakan lagi untuk proses ekstraksi, oleh sebab itu proses ekstraksi yang lebih efektif yaitu proses maserasi berbantu *microwave* karena jumlah pelarut yang hilang lebih sedikit dibandingkan dengan metode maserasi lainnya. Kecilnya jumlah pelarut yang hilang dengan maserasi menggunakan *microwave* karena proses ekstraksi yang tidak lama hanya membutuhkan waktu selama 3 menit sehingga penguapan pelarut tidak terlalu besar. Jika dibandingkan dengan metode kombinasi *microwave* dan *ultrasonic* menyebabkan tingginya jumlah pelarut yang hilang karena proses ekstraksi yang lama sehingga menyebabkan pelarut menguap dalam proses tersebut. Perbandingan inventori tahapan proses ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data inventori pada tahapan proses ekstraksi minyak gaharu

No	Metode Ekstraksi	Input		Output				Pelarut yang hilang (ml)
		Sampel (gr)	Pelarut (ml)	Ekstraksi		Evaporasi		
				Limbah Padat (gr)	Filtrat (ml)	Limbah Cair (ml)	Ekstrak (gr)	
1	Maserasi suhu ruang (24 jam)	5,0092	100	14,0903	60,5673	76	0,4712	24
2	Maserasi microwave 3 menit	5,0136	100	15,5013	58,4070	81	0,4862	19
3	Maserasi ultrasonik 1 jam	5,0067	100	12,6613	57,6935	76	0,4678	24
4	Maserasi microwave 3 menit dan ultasonik 1 jam	5,0112	100	13,025	60,5126	74	0,7435	26

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa maserasi berbantu *microwave* dapat lebih efektif dalam menghasilkan rendemen minyak atsiri yang tinggi dengan limbah yang lebih sedikit dibandingkan dengan maserasi ultrasonik. Sebagai contoh, penelitian oleh menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk ekstraksi minyak berkisar antara 1,77 hingga 2,00 menit untuk perlakuan *microwave* dan 1,79 hingga 2,21 menit untuk perlakuan ultrasonik (Khater et al., 2023). Selain itu, penelitian oleh menunjukkan bahwa ekstraksi minyak dari buah *Gordonia axillaris* menggunakan metode *microwave assisted extraction* (MAE) menghasilkan kekuatan antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode maserasi suhu ruang dan ekstraksi Soxhlet (Shintawati et al., 2022). Meskipun demikian, terdapat juga penelitian yang menyoroti keunggulan maserasi ultrasonik dalam hal efisiensi waktu dan konsumsi energi yang lebih rendah. Sebagai contoh, penelitian oleh menyebutkan bahwa perlakuan ultrasonik dianggap menguntungkan karena waktu proses yang lebih singkat, konsumsi energi yang lebih rendah, dan ramah lingkungan (Ahmad & Shehta, 2020).

## KESIMPULAN

Ekstraksi menggunakan metode maserasi gabungan berbantu *microwave* 3 menit dan *ultrasonic* 60 menit mampu meningkatkan rendemen minyak gaharu sebesar 0,418%, dari perhitungan *life cycle costing* menunjukkan metode ekstraksi yang paling efektif dan biaya yang paling murah yaitu maserasi berbantu *microwave* yaitu dengan biaya Rp3.190 dan hasil ekstrak sebanyak 12 gram selama proses ekstraksi 24 jam. kemudian dari data inventori proses ekstraksi menunjukkan ekstraksi dengan *microwave* juga paling optimal dalam penggunaan pelarut sehingga pelarut yang hilang dalam sekali proses ekstraksi hanya sedikit yaitu 19 ml.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan dana penelitian skema Penelitian Disertasi Doktor (PDD) pada tahun 2024, dengan nomor kontrak 041/E5/PG.02.00.PL/2024

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. F., & Shehta, H. A. (2020). Assessment Of The Effects Of Different Extraction Methods On The Phytochemicals, Antimicrobial And Anticancer Activities Of *Eruca Sativa* Extracts. *Novel Research In Microbiology Journal*, 4(3), 825–844. <https://doi.org/10.21608/Nrmj.2020.95325>
- Cai, X., Zhao, X., Miao, W.-B., Wu, Z., Liu, H., & Wang, X. (2022). Optimization And Kinetics Modeling Of Microwave-Assisted Subcritical &Ntilde;&Ntilde;-Butane Extraction Of Tigernut Oil. *Journal Of Oleo Science*. <https://doi.org/10.5650/Jos.Ess22258>
- Chanivet, M., Durán-Guerrero, E., Rodríguez-Dodero, M. C., Barroso, C. G., & Castro, R. (2020). Application Of Accelerating Energies To The Maceration Of Sherry Vinegar With Citrus Fruits. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*. <https://doi.org/10.1002/Jsfa.10843>
- Das, S. (2023). Process Optimization Of Biodiesel Production Using Waste Snail Shell As A Highly Active Nanocatalyst. *International Journal Of Energy Research*, 2023, 1–26. <https://doi.org/10.1155/2023/6676844>
- Dhotre, I. (2024). A Simulation-Guided Tri-Spiral Condenser Design For Enhancing Lemongrass Essential Oil Recovery. *Journal Of Food Process Engineering*. <https://doi.org/10.1111/Jfpe.14609>
- Dong, L. M., Nam, D. T., Phuong, T. T. M., & Thuy, D. K. (2021). Effect Of Stevia Rebaudiana On The Bioactive Compounds From Agarwood Leaf (*Aquilaria* Spp.) By Lactic Fermentation And Spray Drying. *Microbiology And Biotechnology Letters*. <https://doi.org/10.48022/Mbl.2101.01003>
- Erliyanti, N. K., Saputro, E. A., Yogaswara, R. R., & Rosyidah, E. (2020). Aplikasi Metode Microwave Hydrodistillation Pada Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Bunga Kamboja (*Plumeria Alba*). *Jurnal Iptek*, 24(1), 37–44. <https://doi.org/10.31284/J.Iptek.2020.V24i1.865>
- Khater, E.-S., Allah, S. A. A., Bahnasawy, A. H., & Hashish, H. M. A. (2023). Enhancing Bio-Oil Yield Extracted From Egyptian Castor Seeds By Using Microwave And Ultrasonic. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-023-31794-3>

- Liu, D., Wang, D., Xiao, H.-M., Lv, X., Chang, Z., Liu, C., Chen, H., & Wei, F. (2022). Simultaneous Analysis Of Free/Combined Phytosterols In Rapeseed And Their Dynamic Changes During Microwave Pretreatment And Oil Processing. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/Foods11203219>
- Liunokas, A. B., & Karwur, F. F. (2020). Isolasi Dan Identifikasi Komponen Kimia Minyak Asiri Daging Buah Dan Fuli Berdasarkan Umur Buah Pala (*Myristica Fragrans* Houtt). *Jurnal Biologi Tropis*, 20(1), 69–77. <https://doi.org/10.29303/Jbt.V20i1.1651>
- Luthfi, M. Z., & Jerry, J. (2021). Ekstraksi Minyak Gaharu Dengan Pelarut Etanol Secara Maserasi. *Reactor Journal Of Research On Chemistry And Engineering*. <https://doi.org/10.52759/Reactor.V2i2.39>
- Omran, N., Sharaai, A. H., & Hashim, A. H. (2021). Visualization Of The Sustainability Level Of Crude Palm Oil Production: A Life Cycle Approach. *Sustainability*, 13(4), 1607. <https://doi.org/10.3390/Su13041607>
- Pratopo, L. H., & Thoriq, A. (2020). Strategi Pengembangan Model Bisnis Teh Gaharu Cv.Barokah Access, Sambas, Kalimantan Barat. *Agrimor*, 5(3), 48–52. <https://doi.org/10.32938/Ag.V5i3.1063>
- Rinawati, R., Pangesti, G. G., & Juliasih, N. L. G. R. (2020). Review: Green Analytical Chemistry: Pemanfaatan Supercritical Fluid Extraction (Sfe) Dan Microwave-Assisted Extraction (Mae) Sebagai Metode Ekstraksi Senyawa Diterpena Pada Minyak Biji Kopi Shangrai. *Analit Analytical And Environmental Chemistry*, 5(1), 24–33. <https://doi.org/10.23960/Aec.V5.I1.2020.P24-33>
- Sadliwala, M. S., & Gogate, N. G. (2022). Life Cycle Costing Methodology For Sustainable Construction. *Iop Conference Series Earth And Environmental Science*, 1084(1), 12023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1084/1/012023>
- Shintawati, Widodo, Y. R., & Ermaya, D. (2022). Yield And Quality Improvement Of Candlenut Oil By Microwave Assisted Extraction (Mae) Methods. *Iop Conference Series Earth And Environmental Science*, 1012(1), 12024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1012/1/012024>
- Siregar, K., Machsun, A. L., Sholihati, S., Alamsyah, R., Ichwana, I., Siregar, N. C., Syafriandi, S., Sofiah, I., Miharza, T., Nur, S. M., Anne, O., & Setyobudi, R. H. (2020). Life Cycle Impact Assessment On Electricity Production From Biomass Power Plant System Through Life Cycle Assessment (Lca) Method Using Biomass From Palm Oil Mill In Indonesia. *E3s Web Of Conferences*, 188, 18. <https://doi.org/10.1051/E3sconf/202018800018>
- Susanti, E., Rohman, A., & Setyaningsih, W. (2022). Dual Response Optimization Of Ultrasound-Assisted Oil Extraction From Red Fruit (*Pandanus Conoideus*): Recovery And Total Phenolic Compounds. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/Agronomy12020523>
- Susanti, S., Fadilah, N. N., & Rizkuloh, L. R. (2022). Ekstraksi Berbantu Ultrasonik Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Umbi Gadung (*Dioscorea Hispida* Dennst) Secara In Vitro. *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 13(1), 39. <https://doi.org/10.52434/Jfb.V13i1.1240>
- Wahyuni, T., & Yuliana, H. (2021). Analisis Biaya Penyulingan Minyak Gaharu Budidaya Di Tenggaraong, Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 39(2), 88–98. <https://doi.org/10.20886/Jphh.2021.39.2.88-98>