



**Ekstraksi Minyak Nabati dari Biji Kemiri (*Aleurites Moluccana L. Willd.*) dengan Metode  
Microwave Hydrodiffusion and Gravity (MHG)**

**Extraction of Vegetable Oil from Candlenut Seeds (*Aleurites Moluccana L. Willd.*) Using the  
Microwave Hydrodiffusion and Gravity (MHG) Method**

**Yeni Variyana<sup>1\*</sup>, Amelia Sri Rezki<sup>1</sup>, Dewi Ermaya<sup>1</sup>, Mahfud Mahfud<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri Politeknik Negeri Lampung, Jl. Soekarno Hatta no.10, Bandar Lampung 35141, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jl. Teknik Kimia, Surabaya 60111, Indonesia

**Inti Sari**

Studi ini mempelajari penerapan metode *microwave hydro diffusion gravity* (MHG) yang relatif baru untuk ekstraksi minyak dari biji kemiri (*Aleurites Moluccana L.*). Proses ekstraksi dengan MHG ini tidak menggunakan pelarut, sehingga minyak yang diperoleh aman untuk dikonsumsi. Penelitian ini mengeksplorasi beberapa variabel seperti daya gelombang mikro (300-600 W), waktu ekstraksi (0-75 menit), ukuran bahan (1-3 cm), dengan kondisi operasi pada tekanan atmosfer untuk mengoptimalkan proses ekstraksi. Tiga jenis pra-perlakuan yang digunakan yaitu bahan disangrai, bahan yang dioven, dan bahan yang tidak diberi perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan biji yang disangrai menghasilkan rendemen minyak tertinggi (5,55% b/b) dengan parameter ukuran 1 cm, daya gelombang 600 W, dan waktu ekstraksi 30 menit. Analisis GC-MS dari ekstrak minyak mengidentifikasi pirazine sebagai senyawa terbesar (36,814%). Selanjutnya, pemodelan matematis melibatkan tiga model yakni model orde pertama, model orde kedua, dan model Weibull. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa model kinetika empiris berbasis Weibull merepresentasikan data eksperimen terbaik dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,999378 dan RSMD terkecil sebesar 0,022052. Penelitian ini melaporkan bahwa metode MHG merupakan teknik yang efektif untuk menghasilkan minyak kemiri berkualitas tinggi. Temuan penelitian ini memberikan wawasan strategis dalam mengoptimalkan proses ekstraksi untuk produksi minyak kemiri yang memiliki aplikasi potensial dalam industri makanan dan kosmetik.

**Kata Kunci:** *Microwave Hydrodiffusion and Gravity; Aleurites moluccana L; Minyak kemiri; Ekstraksi*

**Key Words :** *Microwave Hydrodiffusion and Gravity; Aleurites moluccana L; Candle nut oil; Extraction*

**Published by**

Department of Chemical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

**Address**

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)  
Makassar- Sulawesi Selatan

**Email :**

[jcpe@umi.ac.id](mailto:jcpe@umi.ac.id)

**\*Corresponding Author**

[yenivariyana@polinela.ac.id](mailto:yenivariyana@polinela.ac.id)



**Journal History**

Paper received : 11 Januari 2023  
Received in revised : 08 Mei 2023  
Accepted : 13 Mei 2023

**Abstract**

*This study investigates the application of the relatively microwave hydro diffusion gravity (MHG) method for extracting oil from candlenut seeds (Aleurites Moluccana L.). The extraction process using MHG does not involve solvents, making the obtained oil safe for consumption. This research explores several variables, such as microwave power (300-600 W), extraction time (0-75 minutes), material size (1-3 cm), with operating conditions at atmospheric pressure to optimize the extraction process. Three pre-treatment types were used, namely roasted material, oven-dried material, and untreated material. The research results show that roasted seeds produce the highest oil yield (5.55% w/w) when using material size parameter of 1 cm, microwave power of 600 W, and extraction time at 30 minutes. GC-MS analysis of the oil extract identified pyrazine as the major compound (36.814%). Further, mathematical modelling involved three models, namely first-order model, second-order model, and Weibull model. The modelling results show that the empirical kinetic model based on Weibull represents the experimental data best with an  $R^2$  value of 0.999378 and the smallest RSMD value of 0.022052. This study reports that the MHG method is an effective technique for producing high quality hazelnut oil. The findings of this research provide strategic insights into optimizing the extraction process for candlenut oil production, which has potential applications in the food and cosmetic industries.*

**PENDAHULUAN**

Kemiri (*Aleurites moluccana* (L.) Wild.) merupakan salah satu tanaman yang mempunyai biji, kemudian sering dimanfaatkan untuk bidang kesehatan, bahan pangan, kosmetik, dan lain-lain. Adanya senyawa aktif pada biji kemiri perlu diolah untuk meningkatkan nilai jual dari tanaman tersebut. Akan tetapi, biji kemiri masih digunakan secara konvensional seperti bumbu masak dan obat tradisional. Komponen kimia yang terdapat pada biji kemiri adalah flavonoid, alkaloid, saponin, terpenoid dan polifenol [1]. Selain itu, daging dari kemiri terdapat minyak lemak yang dapat diolah untuk kesehatan dan kecantikan [2]. Masyarakat umumnya memanfaatkan biji kemiri untuk mengobati diare, asma, menumbuhkan rambut, dan pereda nyeri [3]–[5]. Di sisi lain, budidaya kemiri dapat meningkatkan taraf hidup warga, meskipun pada saat ini harga kemiri mengalami fluktuasi [6], [7]. Salah satu peningkatan nilai jual kemiri adalah ekstraksi minyak atsiri dan/ senyawa aktif dari tanaman tersebut. Namun, teknologi ekstraksi ini masih jarang dimiliki oleh masyarakat sebagai bentuk optimalisasi pemanfaatan rempah-rempah di Indonesia [8].

Metode ekstraksi konvensional dengan hidrodistilasi sebenarnya dapat diterapkan pada pengolahan kemiri. Namun, metode ini membutuhkan waktu ekstraksi yang lama dan *yield* rendah [9], [10]. Selanjutnya, teknologi ekstraksi dengan kondisi *supercritical* CO<sub>2</sub> membutuhkan instalasi yang cukup rumit dan biaya operasional yang tinggi [11], [12].

Penggunaan ekstraksi superkritis juga telah dilakukan oleh Subroto et al., (2017) dengan hasil minyak yang secara umum lebih baik. Akan tetapi, metode tersebut cukup sulit diterapkan oleh petani untuk mengolah kemiri secara mandiri di Indonesia. Selanjutnya, teknik pengambilan senyawa aktif pada suatu tanaman menggunakan *microwave* telah banyak dilaporkan. Proses pemanasan pada *microwave* yang melibatkan gelombang mikro dapat selektif terhadap target ekstrak. Kelebihan dari ekstraksi menggunakan *microwave* adalah prosedur yang lebih sederhana, *yield* tinggi, waktu ekstraksi lebih cepat, dan kualitas ekstrak lebih baik [14]–[18]. Secara konvensional, ekstraksi yang dilakukan untuk mendapatkan senyawa aktif pada biji kemiri terbatas melalui teknologi *pressing* [19], [20]. Selanjutnya, Vian et al. (2008) mengembangkan metode *microwave hydrodiffusion and gravity* (MHG), yaitu metode ekstraksi dengan meletakkan objek tanaman ke dalam reaktor *microwave* tanpa pelarut dengan bantuan gravitasi dalam tekanan atmosfer. Dengan metode ini, minyak atsiri dapat diekstrak tanpa distilasi dan evaporasi yang merupakan proses yang membutuhkan energi paling banyak. Teknik ini dilaporkan telah berhasil mengekstrak minyak atsiri dengan waktu lebih cepat, kualitas produk lebih baik, ramah lingkungan, dan biaya operasional relatif murah [22]–[26]. Metode MHG tidak membutuhkan pelarut organik sehingga hasil ekstrak tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan [27], [28]. Selain itu, metode MHG efektif dalam mengekstrak

senyawa fenolik dalam skala pilot [29]. Oleh karena itu, penggunaan metode MHG akan diperoleh minyak kemiri dengan kualitas tinggi dengan proses ekstraksi lebih cepat dan diharapkan dapat meningkatkan nilai jual kemiri dengan biaya operasi yang relatif rendah karena tanpa penggunaan pelarut.

Selain itu untuk memahami fenomena ekstraksi dengan metode MHG perlu dilakukan pemodelan kinetika ekstraksi seperti kita temui di beberapa literatur, yang umumnya menggunakan model orde-1 untuk ekstraksi konvensional dan model orde-2 untuk ekstraksi dengan microwave [30][31] dan beberapa model lain yang berbasis empirik seperti model elovich, model Weibull dan model Milojevi[31] [32].

Dari uraian diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari efek parameter ekstraksi dari biji kemiri dengan menghitung *yield* minyak yang diperoleh dan menentukan model kinetika ekstraksi orde 1, orde 2 dan Model Weibull untuk memberikan informasi terkait mekanisme dan pengaruh parameter selama proses ekstraksi berlangsung. Serta analisis kualitas minyak dari biji kemiri menggunakan uji *gas chromatography and mass spectroscopy* (GC-MS).

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Bahan baku yang digunakan adalah biji kemiri dengan spesies *Aleurites Moluccana* Willd. Pada penelitian ini bekerja pada tekanan 1 atmosfer. Perlakuan untuk material kemiri adalah biji disangrai, biji di oven selama 45 menit dengan suhu 110°C, dan tanpa *pretreatment*.

Alat yang digunakan adalah *microwave* dengan spesifikasi: dimensi 50 cm x 40 cm x 35 cm; daya maksimum 800 W; tegangan 220 V; frekuensi magnetron 2450 MHz (2,45 GHz), labu leher 1000 ml, dan corong pemisah 250 ml.

### Prosedur penelitian

Menyiapkan biji kemiri dengan proses pengeringan dan tanpa pengeringan masing-masing sebanyak 100 gram. Perlakuan variabel terdiri dari 3 jenis kondisi material; material biji yang telah disangrai selama 10 menit dengan api kecil, material biji yang telah di oven selama 45 menit, dan material biji tanpa *pretreatment*. Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode termogravimetri (metode oven). Sampel yang akan dihitung kadar airnya

ditimbang terlebih dahulu lalu dikeringkan pada oven selama 45 menit dengan temperatur 110°C. Setelah itu didinginkan di udara terbuka dan kemudian ditimbang hingga diperoleh massa konstan. Perhitungan kadar air diperoleh dengan membandingkan dengan massa sampel sebelum di oven dan massa yang hilang setelah di oven dikalikan 100%. Kemudian, metode ekstraksi yang digunakan adalah *microwave hydrodiffusion and gravity* (MHG). Parameter penelitian ini adalah daya *microwave* 300; 450; 600 W dan ukuran 1; 2; 3 cm dengan tekanan atmosferik (1 atm). Waktu ekstraksi untuk variabel kemiri adalah 15; 30; 45; 60; 75 menit. Uap yang dihasilkan akan melewati kondensor dan ditampung di corong pemisah untuk dipisahkan antara minyak dan air yang terkandung dalam biji kemiri tanpa *pretreatment*. Analisis yang dilakukan terhadap hasil ekstrak berupa *yield*, densitas, dan *gas chromatography and mass spectroscopy* (GC-MS) untuk mengetahui komponen minyak dalam ekstrak. Adapun perhitungan *yield* ekstrak *Aleurites moluccana* L sebagai berikut:

$$yield (\%) = \frac{massa\ minyak\ kemiri}{massa\ bahan} \times 100\% \quad (1)$$

### Perhitungan kinetika ekstraksi *Aleurites moluccana* L

Persamaan model kinetika ekstraksi orde pertama pada persamaan (2) pertama kali dilaporkan oleh Legegren [33], kemudian dijabarkan oleh Ho (2004) [34]. Dengan berkembangnya teknik ekstraksi maka muncul kinetika ekstraksi orde dua yang ditunjukkan oleh persamaan (3). Model kinetika orde1 dan orde 2 yang diterapkan pada ekstraksi *Aleurites moluccana* L sebagai berikut:

$$\frac{dC_t}{dt} = k_{1st} (C_s - C_t) \quad (2)$$

$$\frac{dC_t}{dt} = k_{2nd} (C_s - C_t)^2 \quad (3)$$

Dengan kondisi batas masing-masing persamaan (2) dan (3) adalah  $C_t = 0$  pada  $t = 0$  dan  $C_t = C_s$  pada  $t = \infty$ , maka diperoleh hasil integral model kinetika orde pertama oleh persamaan (4) dan orde kedua pada persamaan (5):

$$C_t = C_s (1 - e^{-k_1 t}) \quad (4)$$

$$C_t = \frac{C_s^2 k_2 t}{t + C_s k_2 t} \quad (5)$$

Dimana,  $C_s$  dan  $C_t$  adalah kapasitas ekstraksi maksimum dan *yield* ekstrak (%w/w) pada  $t$  (waktu

ekstraksi)  $k_1$  dan  $k_2$  adalah konstanta laju ekstraksi pada model pertama dan model kedua. Selain itu, adanya model ketiga yang berbasis empirik dan cukup terkenal digunakan pemodelan ekstraksi yakni model Weibull [32] yang mengandung 2 parameter model  $k_1$  dan  $k_2$ . Perhitungan untuk model ini ditunjukkan pada persamaan (6).

$$C_t = C_o + \frac{t}{k_1 t + k_2 t} \quad (6)$$

Parameter model orde 1  $k_1$  dan parameter model orde 2 serta parameter model ketiga  $k_1$  dan  $k_2$  ditentukan dengan menggunakan metode pencocokan parameter (*fitting parameter*) dengan meminimumkan jumlah kesalahan (*sum square error*) atau *root mean square deviation* (RMSD) antara data eksperimen dan model dengan bantuan aplikasi SOLVER di EXCEL versi 2020 serta dihitung juga nilai-nilai  $R^2$ .

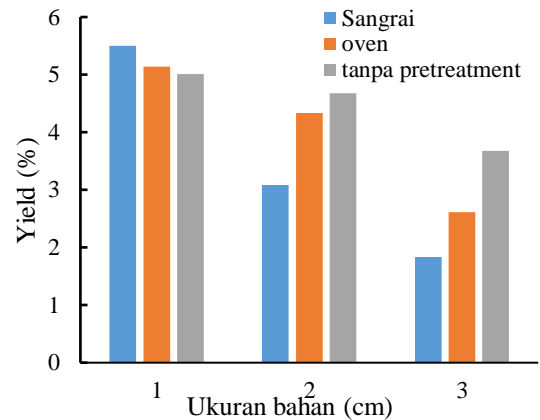
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh ukuran bahan dan perbandingan *pretreatment* terhadap *yield* minyak *Aleurites moluccana L*

Kadar air dalam material dapat memengaruhi hasil *yield* ekstraksi dikarenakan variabel bahan dalam kondisi kering (sangrai dan oven) dan basah (tanpa *pretreatment*). Ukuran bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 cm, 2 cm dan 3 cm. Berdasarkan hasil penelitian dengan ukuran 3 cm, proses ekstraksi berjalan lambat sehingga mempengaruhi kecepatan ekstraksi.

Dari parameter ukuran bahan, berdasarkan **Gambar 1** dapat disimpulkan ukuran bahan memiliki pengaruh pada transfer energi dari gelombang *microwave* yang lebih merata. Semakin kecil ukuran maka semakin luas permukaan yang dilalui gelombang mikro dari *microwave*. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan pengaruh signifikan terhadap ukuran sampel yang disangrai terhadap hasil minyak *Aleurites moluccana L*. Ukuran material 1 cm memiliki *yield* tertinggi dibandingkan ukuran 2 cm dan 3 cm yaitu sebesar 5,5%. Sangrai memudahkan minyak kemiri keluar lebih cepat dan lebih banyak karena molekul-molekulnya telah terpecah. Selanjutnya, parameter kondisi bahan menggunakan oven diketahui bahwa ukuran juga berpengaruh terhadap *yield*, dimana ukuran bahan 1 cm memiliki hasil paling tinggi dibandingkan ukuran bahan 2 cm dan 3 cm yaitu sebesar 5,14%. Hasil yang sama dilaporkan untuk kondisi bahan tanpa *pretreatment*,

dimana ukuran bahan 1 cm memiliki hasil paling tinggi dibandingkan ukuran bahan 2 cm dan 3 cm yaitu sebesar 5,01%. Pengaruh ukuran bahan terhadap peningkatan *yield* juga telah dilakukan oleh Jahongir et al. 2019 menunjukkan adanya pengaruh ukuran terhadap peningkatan *yield*. Ukuran bahan yang kecil dapat mengurangi porositas bahan sehingga menghasilkan luas kontak yang besar [36].



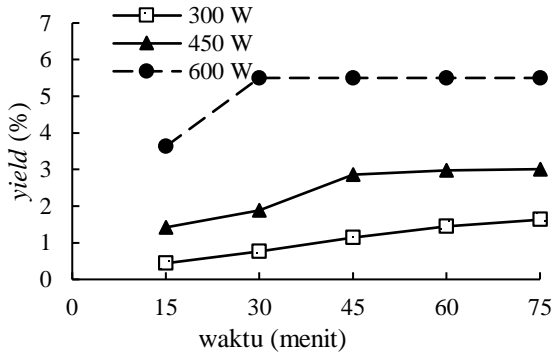
**Gambar 1.** Pengaruh ukuran bahan dan perbandingan pra-perlakuan terhadap *yield* minyak.

### Pengaruh waktu ekstraksi dan daya *microwave* terhadap *yield* minyak

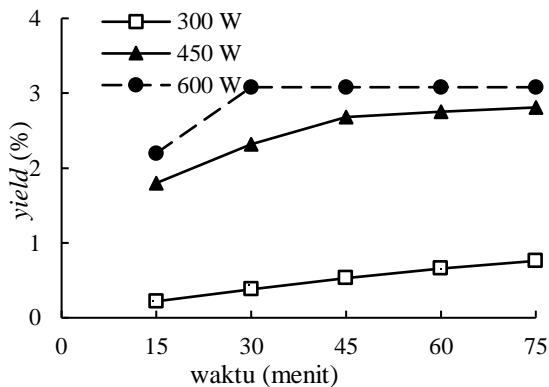
Pada metode MHG dapat diketahui kinerja ekstraksi melalui parameter lama waktu dan daya *microwave*. Adanya variasi waktu dan daya *microwave* untuk menentukan pengaruh kenaikan temperatur terhadap *yield* minyak *Aleurites moluccana L*. Kinerja *microwave* menghasilkan sistem pemanasan yang cukup baik dikarenakan gelombang mikro dapat selektif mengekstrak bahan/sampel.

Pada **Gambar 2a** menunjukkan waktu ekstraksi terbaik dari bahan sangrai dalam waktu 30 menit dengan daya 600 W dan ukuran  $\pm 1$  cm dengan *yield* 5,5%. Pada daya 600 W selama 30 menit dan ukuran  $\pm 2$  cm dengan *yield* 3,08%. Selanjutnya, ukuran  $\pm 3$  cm didapatkan *yield* sebesar 1,83% pada daya 600 W selama 30 menit. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada waktu  $\pm 45$  menit menunjukkan hasil yang konstan dikarenakan tidak ada lagi minyak yang keluar akibat pemanasan konstan [37]. Selain itu, pemanasan yang lama dapat terjadi degradasi termal akibat gelombang mikro yang tinggi [38]. Data penelitian pada **Gambar 2 (b)** dan **(c)** menunjukkan

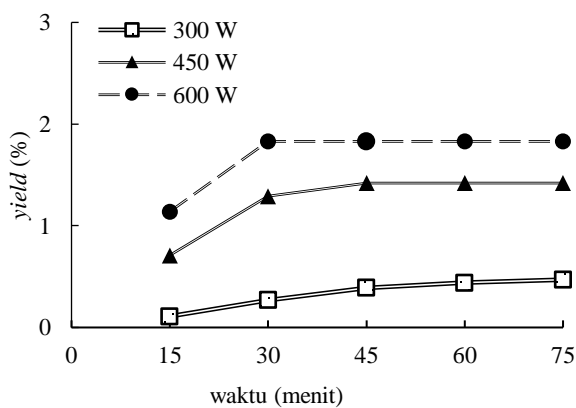
yield paling tinggi dengan ukuran bahan  $\pm 1$  cm dan lama ekstraksi terbaik antara 30-75 menit. Oleh karena itu, hasil yang didapatkan dari ekstraksi biji kemiri sangrai adalah kondisi bahan terbaik untuk menghasilkan yield paling tinggi.



(a)

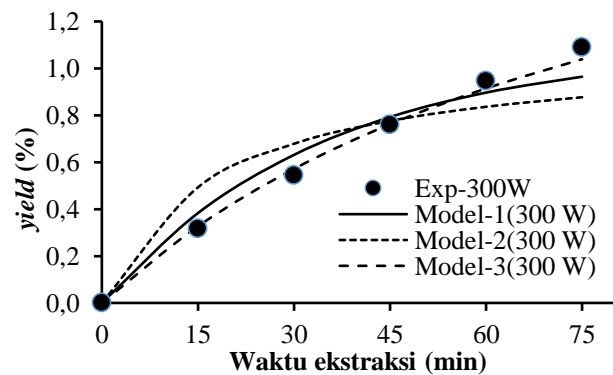


(b)

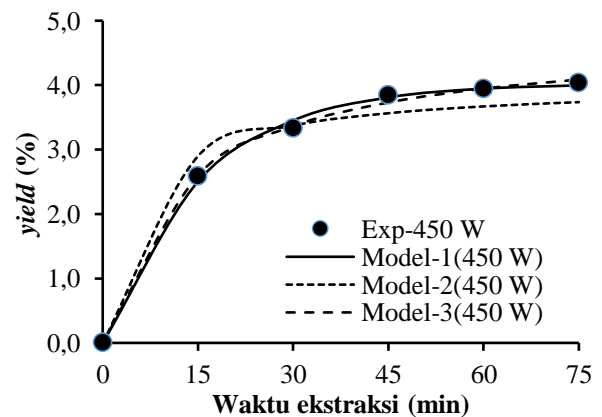


## Pemodelan Kinetika Ekstraksi

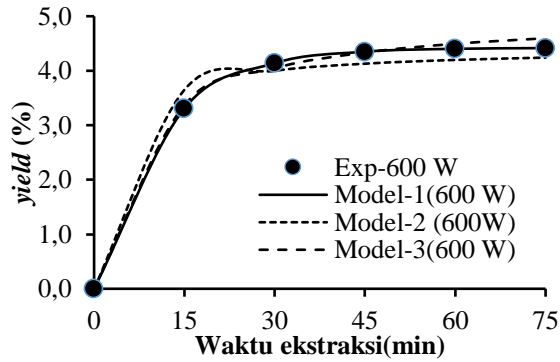
Pemodelan matematis terhadap proses ekstraksi menggunakan kinetika orde pertama, orde kedua dan model weibull bertujuan untuk mengetahui laju ekstraksi akibat adanya pemanasan dengan *microwave*. Selain itu, model kinetika ekstraksi dapat mengestimasi kecepatan perpindahan massa atau difusi [39]. Studi kinetika dapat digunakan untuk mendesain proses dalam skala lebih besar yang efisien dan lebih terukur [40], [41]. Model orde-1 menunjukkan fenomena perpindahan massa. Sedang model orde-2 adalah modifikasi model orde1 untuk mengakomodir efek dari *microwave*. Sedang model ketiga atau model Weibull benar-benar model empirik yang tidak terkait langsung dengan fenomena perindahan massa pada ekstraksi. Perbandingan data experimen dengan data hasil perhitungan dengan ketiga model ditunjukkan oleh Gambar 3 (a) (b) dan (c) untuk ketiga daya *microwave* yang digunakan yakni 300, 450, dan 600 W.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.** Perbandingan data eksperimen dengan data perhitungan berdasarkan model 1, 2 dan 3 masing-masing pada (a) 300W; (b) 450; (c) 600 W

Dari **Tabel 1**, koefisien determinasi menggunakan 3 model menunjukkan bahwa model Weibull yang terbaik ( $R^2 = 0,989735 - 0,999378$ ) dibandingkan dengan model orde I ( $R^2 = 0,998052 - 0,995572$ ) maupun model orde II ( $R^2 = 0,972086 - 0,984823$ ). Demikian juga hasil RSMD juga mendukung model Weibull dengan nilai yang lebih kecil. Nilai RSMD menunjukkan jumlah kesalahan terkecil antara data eksperimen dan data model. Untuk kinetika orde I RSMD = 0,051236 - 0,107844 dan orde II dengan nilai RSMD = 0,108926 - 0,255061, sedangkan untuk model ketiga RSMD = 0,022052 - 0,159267. Hal ini menunjukkan ketepatan data eksperimen dengan model adalah model Weibull, yang lebih kecil dari model orde pertama maupun model orde kedua. Selanjutnya, model kinetika orde pertama sedikit berbeda dengan model Weibull dimana model orde satu berbasis perpindahan massa. Oleh karena itu, pemodelan kinetika ekstraksi *Aleuritis muoluccana* L menunjukkan difusi yang cukup signifikan melalui perpindahan massa. Selain itu, lama waktu ekstraksi menggunakan metode MHG dapat memecah matriks biji kemiri yang disangrai mulai dari menit ke 30 dengan *yield* paling tinggi.

### Analisis GC-MS

Berdasarkan **Tabel 2** menunjukkan komponen dari hasil ekstraksi *Aleuritis muoluccana* L. Adapun senyawa yang dominan dalam ekstrak *Aleuritis muoluccana* menggunakan metode MHG yaitu *pyrazine* dengan komposisi terbesar (36,814%). Selain itu, senyawa *pyrazine* yaitu senyawa yang paling kuat dalam memberi aroma melimpah seperti *roasty*, kacang-kacangan dan sesuatu yang dipanggang.

**Tabel 1.** Perbandingan parameter model kinetik

	Parameter model		RMSD	R <sup>2</sup>
<b>300 W</b>	<b>k<sub>1</sub></b>	<b>k<sub>2</sub></b>		
Model-1	0,0289	-	0,058836	0,995572
Model-2	-	0,0505	0,108926	0,984823
Model-3	39,4208	0,4368	0,022052	0,999378
<b>450 W</b>	<b>k<sub>1</sub></b>	<b>k<sub>2</sub></b>		
Model-1	0,0647	-	0,051236	0,998052
Model-2	-	0,0715	0,193944	0,972086
Model-3	2,6374	0,2095	0,044217	0,998549
<b>600 W</b>	<b>k<sub>1</sub></b>	<b>k<sub>2</sub></b>		
Model-1	0,0919	-	0,107844	0,995293
Model-2	-	0,0715	0,255061	0,973673
Model-3	1,4856	0,1977	0,159267	0,989735

### Perbandingan dengan metode lain

Untuk perbandingan hasil atau *yield* dengan metode lain, kami sajikan pada tabel 3, yakni metode ekstraksi dengan pelarut n-heksana, etil asetat dan Etanol, serta metode pengepresan. Nampak pada tabel 3 metode pengepresan menghasilkan *yield* minyak lebih tinggi dibandingkan dengan semua metode yang lain. Sedangkan metode MHG menunjukkan *yield* yang relatif rendah, akan tetapi kualitas minyak yang diperoleh dengan metode MHG adalah kualitas minyak kemiri yang terbaik.

**Tabel 3.** Perbandingan *yield* berbagai metode

Metode	Yield (%)	Ref.
Soxhlet (n-hexane)	8,5 – 18,2	[43]
Soxhlet (Etil asetat )	3,0 – 17,7	[43]
Soxhlet (Etanol)	3,0 – 17,0	[43]
Pengepresan	22,0 – 28,0	[44]
Microwave hydro-diffusion and gravity (MHG)	1,5 – 5,5	Penelitian ini

### KESIMPULAN

Metode MHG dapat mengekstraksi biji kemiri dengan waktu ekstraksi yang relatif singkat. Hal ini karena adanya kombinasi gaya gravitasi dengan pemanasan gelombang mikro dapat membantu ekstrak keluar lebih cepat. Selanjutnya, perlakuan biji kemiri lebih efektif dalam keadaan disangrai dibandingkan oven dan tanpa pra-perlakuan. Kondisi operasi

ekstraksi terbaik dengan menggunakan *microwave hydrodifussion and gravity* ditunjukkan pada variabel ukuran bahan 1 cm, daya *microwave* 600 W, dan waktu ekstraksi selama 30 menit dengan *yield* 5,55% (%w/w). Sedangkan pada pemodelan kinetika yang menguji 3 model, menunjukkan model kinetika Weibull adalah yang terbaik dalam merepresentasikan data eksperimen dengan nilai RSMD (0,022052 -

0,159267) terkecil dan koefisien regresi yang paling mendekati 1 ( $R^2 = 0,989735 - 0,999378$ ). Kemudian, hasil analisa GC-MS menunjukkan senyawa pyrazine sebagai komponen terbesar dari minyak *Aleuritis moluccana* L.

**Tabel 2. Analisis komponen berdasarkan GC-MS**

No	Nama Komponen	Massa Molar	RT (min)	Area	Komposisi Relatif (%)
1.	<i>Pyrazine, methyl-</i>	94	3,170	2128267	24.30
2.	<i>Pyrazine, 2,6-dimethyl-</i>	108	4,660	1095897	12.51
3.	<i>Cyclohexanol, 2-(2-hydroxy-2-propyl)-5-methyl-</i>	172	15,688	2872339	32.79
4.	<i>1-(1,2,3-Trimethyl-cyclopent-2-enyl)-ethanone</i>	152	19,599	1123369	12.82
5.	<i>Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(1-propenyl)-</i>	178	19,813	1081528	12.34
6.	<i>Caryophyllene oxide</i>	220	21,902	456643	5.21
Total				8758043	100

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. L. M. Quintão *et al.*, "Contribution of  $\alpha$ ,  $\beta$ -Amyrenone to the Anti-Inflammatory and Antihypersensitivity Effects of *Aleurites moluccana* (L.) Willd.," *Biomed Res. Int.*, vol. 2014, pp. 1–11, 2014, doi: 10.1155/2014/636839.
- [2] S. Sulhatun, M. Mutiawati, and E. Kurniawan, "Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemasakan Terhadap Perolehan Minyak Kemiri dengan Menggunakan Cara Basah," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 9, no. 2, pp. 54–60, 2020, doi: 10.29103/jtku.v9i2.4400.
- [3] R. Adawiyah, "Uji Identifikasi Farmakognostik Tumbuhan Kemiri Sunan (*Aleurites Trisperma*) Di Kebun Percobaan Universitas Muhammadiyah Palangkaraya," *Anterior J.*, vol. 17, no. 1, pp. 60–68, 2017, doi: 10.33084/anterior.v17i1.29.
- [4] M. Bilang, M. Mamang, S. Salengke, R. P. Putra, and R. Reta, "Elimination of toxalbumin in candlenut seed (*Aleurites moluccana* (L.) Willd) using wet heating at high temperature and identification of compounds in the candlenut glycoprotein," *Int. J. Agric. Syst.*, vol. 6, no. 2, p. 89, 2018, doi: 10.20956/ijas.v6i2.649.
- [5] F. Anaba, N. L. P. I. Mayasari, and A. Andriyanto, "Potensi Infusa Kemiri (*Aleurites moluccana*) sebagai Analgesik dan Stimulator Stamina," *Acta Vet. Indones.*, vol. 9, no. 1, pp. 14–20, 2021, doi: 10.29244/avi.9.1.14-20.
- [6] H. J. McArthur, "Public-Private Partnerships: A Promising Approach for International Agricultural Development or One's Worst Nightmare?," in *Proceedings of the 18th International Symposium of the International Farming Systems Association: A Global Learning Opportunity*, 2005.
- [7] Yusran, "Mengembalikan kejayaan hutan kemiri rakyat," *Mengembalikan Kejay. hutan kemiri rakyat*, pp. 1–4, 2005, doi: 10.17528/cifor/001809.
- [8] R. Wikström, "A hard nut to crack - a gender analysis of a community and a value chain in Indonesia," Swedish University of Agricultural Sciences, 2019.
- [9] M. Gavahian, A. Farahnaky, K. Javidnia, and M. Majzoubi, "Comparison of ohmic-assisted hydrodistillation with traditional hydrodistillation for the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L.," *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 14, pp. 85–91, Apr. 2012, doi: 10.1016/j.ifset.2012.01.002.
- [10] R. Manouchehri, M. J. Saharkhiz, A. Karami, and M. Niakousari, "Extraction of essential oils from damask rose using green and conventional techniques: Microwave and

- ohmic assisted hydrodistillation versus hydrodistillation,” *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 8, 2018, doi: 10.1016/j.scp.2018.03.002.
- [11] O. J. Catchpole, J. B. Grey, N. B. Perry, E. J. Burgess, W. A. Redmond, and N. G. Porter, “Extraction of Chili, Black Pepper, and Ginger with Near-Critical CO<sub>2</sub>, Propane, and Dimethyl Ether: Analysis of the Extracts by Quantitative Nuclear Magnetic Resonance,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 51, no. 17, pp. 4853–4860, 2003, doi: 10.1021/jf0301246.
- [12] C. Wu, F. Wang, J. Liu, Y. Zou, and X. Chen, “A comparison of volatile fractions obtained from *Lonicera macranthoides* via different extraction processes : ultrasound , microwave , Soxhlet extraction , hydrodistillation , and cold maceration,” *Integr. Med. Res.*, pp. 1–7, 2015, doi: 10.1016/j.imr.2015.06.001.
- [13] E. Subroto, E. Widjojokusumo, B. Veriansyah, and R. R. Tjandrawinata, “Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of candlenut oil: process optimization using Taguchi orthogonal array and physicochemical properties of the oil,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 54, no. 5, pp. 1286–1292, 2017, doi: 10.1007/s13197-017-2542-7.
- [14] S. Périno-issartier, C. Ginies, G. Cravotto, and F. Chemat, “A comparison of essential oils obtained from lavandin via different extraction processes : Ultrasound , microwave , turbohydrodistillation , steam and hydrodistillation,” *J. Chromatogr. A*, vol. 1305, pp. 41–47, 2013, doi: 10.1016/j.chroma.2013.07.024.
- [15] Z. Liu *et al.*, “Cinnamomum camphora fruit peel as a source of essential oil extracted using the solvent-free microwave-assisted method compared with conventional hydrodistillation,” *LWT*, vol. 153, p. 112549, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.lwt.2021.112549.
- [16] J. Martínez, J. Rosas, J. Pérez, Z. Saavedra, V. Carranza, and P. Alonso, “Green approach to the extraction of major capsaicinoids from habanero pepper using near-infrared, microwave, ultrasound and Soxhlet methods, a comparative study,” *Nat. Prod. Res.*, vol. 33, no. 3, pp. 447–452, Feb. 2019, doi: 10.1080/14786419.2018.1455038.
- [17] M. A. Charitopoulou, L. Papadopoulou, and D. S. Achilias, “Microwave-assisted extraction as an effective method for the debromination of brominated flame retarded polymeric blends with a composition that simulates the plastic part of waste electric and electronic equipment (WEEE),” *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 29, p. 100790, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.scp.2022.100790.
- [18] Y. Variyana and M. Mahfud, “Kinetics Study Using Solvent-Free Microwave Extraction of Essential Oil from *Allium sativum* L.,” *Key Eng. Mater.*, vol. 840, pp. 186–192, Apr. 2020, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.840.186.
- [19] M. F. Nabila, A. B. Riyanta, and A. A. Barlian, “The Effect Of Variations In Roasting Temperature On Yield And Percentage Of Inhibition Of Dpph Radical Reduction In Candlenut Oil The UV-VIS Spectrophotometric Method,” *J. Farm. Sains dan Prakt.*, vol. 7, no. 2, pp. 120–125, 2021, doi: 10.31603/pharmacy.v7i2.4131.
- [20] A. Arlene, I. Suharto, and N. R. Jessica, “Pengaruh Temperatur dan Ukuran Biji Terhadap Perolehan Minyak Kemiri pada Ekstraksi Biji Kemiri dengan Penekanan Mekanis,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. “Kejuangan,”* pp. 1–6, 2010.
- [21] M. A. Vian, X. Fernandez, F. Visinoni, and F. Chemat, “Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction of essential oils,” *J. Chromatogr. A*, vol. 1190, no. 1–2, pp. 14–17, 2008, doi: 10.1016/j.chroma.2008.02.086.
- [22] H. Benmoussa, W. Elfalleh, S. He, M. Romdhane, A. Benhamou, and R. Chawech, “Microwave hydrodiffusion and gravity for rapid extraction of essential oil from Tunisian cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds: Optimization by response surface methodology,” *Ind. Crops Prod.*, vol. 124, no. May, pp. 633–642, 2018, doi: 10.1016/j.indcrop.2018.08.036.
- [23] L. López-Hortas, E. Conde, E. Falqué, and H. Domínguez, “Flowers of *Ulex europaeus* L.- Comparing two extraction techniques (MHG and distillation),” *Comptes Rendus Chim.*, vol. 19, no. 6, pp. 718–725, 2016, doi: 10.1016/j.crci.2015.11.027.
- [24] L. Pérez, E. Conde, and H. Domínguez, “Microwave hydrodiffusion and gravity processing of *Sargassum muticum*,” *Process Biochem.*, vol. 49, no. 6, pp. 981–988, 2014, doi: 10.1016/j.procbio.2014.02.020.



- [25] K. I. B. Moro, A. B. B. Bender, L. P. da Silva, and N. G. Penna, "Green Extraction Methods and Microencapsulation Technologies of Phenolic Compounds From Grape Pomace: A Review," *Food Bioprocess Technol.*, vol. 14, no. 8, pp. 1407–1431, 2021, doi: 10.1007/s11947-021-02665-4.
- [26] Y. Variyana and M. Mahfud, "Optimization Using Solvent-Free Microwave Hydro-diffusion Gravity Extraction of Onion Oil from *Allium cepa* by Response Surface Methodology," *IPTEK J. Technol. Sci.*, vol. 30, no. 3, p. 116, 2019, doi: 10.12962/j20882033.v30i3.5474.
- [27] F. Chemat *et al.*, "A review of sustainable and intensified techniques for extraction of food and natural products," *Green Chem.*, vol. 22, no. 8, pp. 2325–2353, 2020, doi: 10.1039/c9gc03878g.
- [28] Y. Variyana, M. Mahfud, Z. Ma'Sum, B. I. Ardianto, L. P. Syahbana, and D. S. Bhuna, "Optimization of microwave hydro-distillation of lemongrass leaves (*Cymbopogon nardus*) by response surface methodology," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 673, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/673/1/012006.
- [29] S. Périno, J. T. Pierson, K. Ruiz, G. Cravotto, and F. Chemat, "Laboratory to pilot scale: Microwave extraction for polyphenols lettuce," *Food Chem.*, vol. 204, no. June 2018, pp. 108–114, 2016, doi: 10.1016/j.foodchem.2016.02.088.
- [30] H. S. Kusuma and M. Mahfud, "Preliminary study: Kinetics of oil extraction from basil (*Ocimum basilicum*) by microwave-assisted hydrodistillation and solvent-free microwave extraction," *South African J. Chem. Eng.*, vol. 21, pp. 49–53, 2016, doi: 10.1016/j.sajce.2016.06.001.
- [31] M. S. Marković, S. Milojević, N. M. Bošković-Vragolović, V. P. Pavićević, L. Babincev, and V. B. Veljković, "A new kinetic model for the common juniper essential oil extraction by microwave hydrodistillation," *Chinese J. Chem. Eng.*, vol. 27, no. 3, 2019, doi: 10.1016/j.cjche.2018.06.022.
- [32] H. Haqqyana, V. F. W. Tania, A. M. Suyadi, H. S. Kusuma, A. Altway, and M. Mahfud, "Kinetic study in the extraction of essential oil from clove (*Syzygium aromaticum*) stem using microwave hydrodistillation," *Moroccan J. Chem.*, vol. 8, no. S1, pp. 64–71, 2020.
- [33] S. Lagergren, "About the theory of so-called adsorption of soluble substances," *K. Sven. Vetenskapsakademiens Handl.*, vol. 24, no. 4, pp. 1–39, 1898.
- [34] Y.-S. Ho, "Citation review of Lagergren kinetic rate equation on adsorption reactions," *Scientometrics*, vol. 59, no. 1, pp. 171–177, 2004, doi: 10.1023/B:SCIE.0000013305.99473.cf.
- [35] H. Jahongir, Z. Miansong, I. Amankeldi, Z. Yu, and L. Changheng, "The influence of particle size on supercritical extraction of dog rose (*Rosa canina*) seed oil," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 31, no. 2, pp. 140–143, 2019, doi: 10.1016/j.jksues.2018.04.004.
- [36] K. Radha Krishnan, P. Azhagu Saravana Babu, S. Babuskin, M. Sivarajan, and M. Sukumar, "Modeling the Kinetics of Antioxidant Extraction from *Origanum vulgare* and *Brassica nigra*," *Chem. Eng. Commun.*, vol. 202, no. 12, pp. 1577–1585, Dec. 2015, doi: 10.1080/00986445.2014.957757.
- [37] F. Chen, Y. Zu, and L. Yang, "A novel approach for isolation of essential oil from fresh leaves of *Magnolia sieboldii* using microwave-assisted simultaneous distillation and extraction," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 154, pp. 271–280, 2015, doi: 10.1016/j.seppur.2015.09.066.
- [38] K. B. Singh Chouhan, R. Tandey, K. K. Sen, R. Mehta, and V. Mandal, "Microwave hydrodiffusion and gravity model with a blend of high and low power microwave firing for improved yield of phenolics and flavonoids from oyster mushroom," *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 17, no. May, p. 100311, 2020, doi: 10.1016/j.scp.2020.100311.
- [39] O. R. Alara and N. H. Abdurahman, "Microwave-assisted extraction of phenolics from *Hibiscus sabdariffa* calyces: Kinetic modelling and process intensification," *Ind. Crops Prod.*, vol. 137, no. May, pp. 528–535, 2019, doi: 10.1016/j.indcrop.2019.05.053.
- [40] T. Phat, N. Quyen, T. Truc, and V. T. Lam, "Materials Today : Proceedings Assessing the kinetic model on extraction of essential oil and chemical composition from lemon peels (*Citrus aurantifolia*) by hydro-distillation process," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, pp. 1–

6, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.069.

- [41] P. T. Dao, N. Y. T. Tran, Q. N. Tran, G. L. Bach, and T. V. Lam, “Kinetics of pilot-scale essential oil extraction from pomelo (*Citrus maxima*) peels: Comparison between linear and nonlinear models,” *Alexandria Eng. J.*, 2021, doi: 10.1016/j.aej.2021.07.002.
- [42] H.-Y. Kim, “Statistical notes for clinical researchers: simple linear regression 2 – evaluation of regression line,” *Restor. Dent. Endod.*, vol. 43, no. 3, pp. 1–5, 2018, doi: 10.5395/rde.2018.43.e34.
- [43] L. Novianto and A. M. Fuadi, “METODE SOXHLETASI PADA PENGAMBILAN MINYAK KEMIRI (*Aleurites moluccanus*),” vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.46964/jimsi.v3i1.365.
- [44] E. M. Putri, *Uji Kualitas Minyak Kemiri (*Aleurites moluccana* (L.) Willd) dengan Metode Pengepressan Menggunakan Variasi Temperatur dan Ukuran Biji*. 2019.