

# ANALISIS PENGARUH DAYA *MICROWAVE* PADA PROSES PENGAMBILAN MINYAK ATSIRI DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) DENGAN METODE *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION* (MAE).

Nur Hidayati<sup>1a</sup>, Haqulia Syahnandiaratri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

<sup>a</sup>Email: nur.hidayati@ums.ac.id

## Abstrak

Tanaman kelor merupakan salah satu tanaman yang tumbuh di Indonesia dan memiliki banyak manfaat. Salah satu potensi tanaman ini adalah dapat diambil minyak atsirinya dari bagian daunnya. Metode pengambilan minyak atsiri sebagian besar masih menggunakan metode konvensional. Metode alternatif perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses secara keseluruhan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh daya microwave (500, 552, dan 691 watt) terhadap rendemen, karakteristik, dan komponen serta komposisi minyak atsiri daun kelor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya microwave tidak mempengaruhi rendemen, tetapi sedikit berpengaruh terhadap komponen dan komposisi, serta karakteristik minyak atsiri daun kelor seperti indeks bias, bilangan asam dan ester. Warna minyak atsiri daun kelor yang didapatkan adalah hijau kehitaman. Pelarut etanol memberikan pengaruh terhadap warna dari minyak. Hasil rendemen sekitar 12%. Harga indeks bias dari minyak atsiri daun kelor yang didapatkan pada rentang 1,3702-1,3710. Nilai berat jenis minyak atsiri daun kelor yang didapatkan berkisar 0,9594-0,9668 g/mL. Terdeteksi empat belas senyawa volatil pada minyak atsiri daun kelor, beberapa senyawa yang dominan antara lain 3,5-Dihydroxy-2-methyl-5,6-dihydropyran-4-one (6,29-12,92%), hexadecanoic acid (17,3-26,49%), dan Propanoic acid, 3-hydroxy-, hydrazide (42,39%).

**Kata kunci:** Daun kelor; *Moringa oleifera*; Minyak atsiri; Ekstraksi; *Microwave assisted extraction*

## Pendahuluan

Minyak atsiri adalah senyawa yang pada umumnya berwujud cairan dan mudah menguap (Sastroamidjojo, 2014). Minyak ini dapat diperoleh dari bagian tanaman seperti daun, batang, akar, kulit batang, dan daun. Tanaman kelor atau *Moringa oleifera* adalah pohon India yang tumbuh di Asia, Amerika Selatan, Afrika, dan Karibia. Kelor merupakan salah satu pohon paling berguna di daerah tropis dan subtropis Asia dan Afrika (Chuah *et al.*, 2015). Hampir semua bagian *Moringa* seperti bunga, buah, daun, dan akar dapat dimakan dan telah dikonsumsi sebagai sayuran (Rodrigues and Fernandes, 2009). Tanaman kelor di Indonesia sendiri dimanfaatkan sebagai tanaman pagar dan belum termanfaatkan secara optimal (Nasir, Soraya and Pratiwi, 2010).

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) berupa daunnya merupakan salah satu potensi tanaman yang dapat diambil minyak atsirinya. Minyak atsiri dari daun kelor memiliki sifat antibakteri, antimikroba, antijamur, antioksidan, dan anti penuaan yang membantu memerangi berbagai masalah kulit (Ayurvedic, 2018). *Moringa* dikenal karena aktivitas antioksidannya, pada dasarnya karena adanya polifenol dalam jumlah tinggi (Fahey, 2005). *Moringa oleifera* memiliki beberapa komponen biologi yang bermanfaat sebagai antihipertensi, antifungal, antitumor, dan antikanker (Faizi *et al.*, 1994; Makonnen, Hunde and Damecha, 1997; Chuang *et al.*, 2007).

Pengambilan minyak atsiri yang terdapat di dalam tanaman dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Ekstraksi adalah proses pengambilan suatu zat pada padatan melalui kontak dengan pelarut (Nasir, Soraya and Pratiwi, 2010). Terdapat berbagai cara ekstraksi, salah satu metode ekstraksi alternatif yang belum banyak dilakukan adalah *Microwave Assisted Extraction* (MAE). MAE merupakan teknik untuk mengekstraksi bahan-bahan terlarut di dalam bahan tanaman dengan bantuan energi gelombang mikro. Teknologi MAE memiliki kelebihan diantaranya kontrol terhadap temperatur yang lebih baik dibandingkan proses pemanasan konvensional, waktu ekstraksi yang lebih singkat, konsumsi energi dan solven yang lebih sedikit, serta rendemen yang lebih tinggi (Kurniasari *et al.*, 2008).

Dengan metode hidrodistilasi selama 180 menit, minyak daun kelor yang dihasilkan berwarna kuning pucat dalam rendemen 0,05% pada basis massa kering, metode *supercritical fluid extraction* selama 120 menit

menghasilkan rendemen 6,341%, dan metode ekstraksi sokletasi dengan pelarut heksana selama 480 menit menghasilkan 9,265% (Marrufo *et al.*, 2013; Zhao and Zhang, 2013). Sebuah penelitian menunjukkan bahwa komponen utama minyak atsiri daun Moringa adalah *pentacosane* (17,41%), *hexacosane* (11,20%), dan phytol (7,66%) (Chuang *et al.*, 2007). Penelitian lain juga menunjukkan komponen utama minyak atsiri daun Moringa adalah phytol (21,9%), asam heksadekanoat (13,8%), dan timol (9,7%) (Barreto *et al.*, 2009). Di mana *hexacosane* dan phytol berfungsi sebagai antioksidan dan pencegah kanker (R, Kumaravel and Alagusundaram, 2011).

Belum ada informasi lebih lanjut terkait pengambilan minyak atsiri dari daun kelor dengan metode MAE. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian minyak atsiri dari daun kelor dengan metode MAE. Pada penelitian ini dikaji pengaruh daya *microwave* terhadap rendemen dan karakteristik minyak atsiri daun kelor yang dihasilkan.

## Metode Penelitian

### Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *microwave* Panasonic NM-SM322M yang telah dimodifikasi. Bahan yang digunakan yaitu daun kelor kering yang dibeli di toko lokal di Surakarta, dan pelarut etanol teknis yang dibeli di toko kimia di Surakarta.

### Proses pengambilan minyak atsiri daun kelor

Bahan baku daun kelor kering dipilih yang kondisinya masih baik. Daun kelor kering ditimbang sebanyak 40 g, dimasukkan ke dalam labu leher satu yang dilengkapi dengan kondensor dan ditambahkan pelarut etanol sebanyak 300 mL. Ekstraksi minyak daun kelor dilakukan dengan variasi daya *microwave* Panasonic tipe NM-SM322M yaitu 500 (*low*), 552 (*medium*), dan 691 (*medium high*) watt selama 90 menit. Hasil ekstraksi kemudian di saring dengan kertas saring. Campuran minyak dan pelarut di simpan di lemari pendingin selama satu malam. Kemudian campuran minyak dan pelarut disaring kembali sebelum akhirnya dilakukan pemisahan antara minyak dan pelarut menggunakan *rotary vacuum evaporator* Heidolph Laborota 4000 efficient pada suhu 70-73°C dan keadaan vakum. Minyak atsiri daun kelor yang telah didapatkan selanjutnya ditimbang untuk ditentukan rendemennya dan dianalisis karakternya seperti berat jenis, indeks bias, bilangan asam dan ester, serta komponen dan komposisinya.

### Analisa minyak atsiri daun kelor

Analisa yang dilakukan sebagai parameter untuk mengetahui kualitas minyak adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik berupa warna dengan indera penglihatan, densitas menggunakan piknometer, dan indeks bias menggunakan refraktometer Hanna Instruments tipe HI96800.
2. Rendemen yang diukur dengan menimbang berat minyak atsiri yang didapat terhadap berat bahan baku kemudian dikalikan 100%.
3. Komponen dan komposisi minyak atsiri daun kelor menggunakan alat *Gas Chromatography Mass Spectrofotometry* (GC-MS) Shimadzu tipe QP2010 SE.
4. Bilangan asam sesuai dengan ISO R 1242-1973E (SP-SMP-26-1975). Analisis bilangan asam yaitu timbang minyak daun kelor sebanyak 1,5-2,5 g dan ditambahkan 10 mL alkohol netral serta beberapa tetes indikator pp, kemudian di titrasi dengan KOH 0,1 N hingga berwarna merah muda. Bilangan asam dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Bilangan asam} = \frac{m \cdot c \cdot \times NK \cdot \times B \cdot K}{g \cdot c} \quad (1)$$

5. Bilangan ester sesuai dengan SP-SMP-27-1975. Bilangan ester adalah kelanjutan dari bilangan asam. Ditambahkan 25 cc KOH beralkohol 0,5 N ke dalam contoh. Kemudian dipanaskan diatas penangas air selama 1-1,5 jam, didinginkan lalu dititrasi dengan HCl 0,5 N hingga warnanya berubah. Bilangan ester dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Bilangan ester} = \frac{(b - c) \cdot m \cdot \times NH \cdot \times B \cdot K}{g \cdot c} \quad (2)$$

## Hasil dan Pembahasan

### Warna minyak atsiri daun kelor

Berdasarkan pengamatan, minyak atsiri daun kelor berwarna hijau gelap untuk semua variasi variabel yang diuji. Penelitian lain melaporkan bahwa dengan menggunakan metode *supercritical fluid extraction* dan sokletasi dengan pelarut heksana mendapatkan warna kuning pucat (Zhao and Zhang, 2013). Perbedaan warna minyak ini mungkin disebabkan perbedaan metode ekstraksi, jenis pelarut dan asal daun yang digunakan. Penggunaan MAE mungkin mengakibatkan terekstraknya zat warna dari daun bersama dengan minyak atsirinya. Dilaporkan bahwa zat warna berupa senyawa tanin yang terkandung di dalam daun kelor sebanyak 1,4% (Makkar and Becker, 1996).

Senyawa tanin bersifat mudah larut dalam pelarut organik seperti etanol, metanol, aseton, dan sebagainya (Makkar and Singh, 1992). Oleh sebab itu, tanin akan terbawa larut saat proses ekstraksi daun kelor dengan etanol 96%.

### Rendemen minyak atsiri daun kelor

Persen rendemen minyak daun kelor tidak terlalu dipengaruhi oleh daya *microwave* seperti yang disajikan dalam Tabel 1. Pada ketiga daya yang diuji diperoleh rendemen sekitar 12%. Terdapat beberapa hasil penelitian mengenai rendemen minyak atsiri daun kelor yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Persen rendemen dengan metode hidrodistilasi selama 180 menit menghasilkan rendemen 0,05% pada basis massa kering, metode *supercritical fluid extraction* selama 120 menit menghasilkan rendemen 6,341%, dan metode ekstraksi sokletasi dengan pelarut heksana selama 480 menit menghasilkan 9,265% (Marrufo *et al.*, 2013; Zhao and Zhang, 2013). Rendemen yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan lebih tinggi dengan waktu ekstraksi yang lebih cepat dibandingkan dengan metode hidrodistilasi, *supercritical fluid extraction*, dan ekstraksi sokletasi dengan pelarut heksana. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan metode juga berpengaruh terhadap rendemen minyak atsiri daun kelor.

Tabel 1. Data Hasil Penelitian Minyak Atsiri Daun Kelor

Daya (Watt)	Waktu (Menit)	Rendemen (%w/w)	Indeks Bias (nD <sub>20</sub> )	Berat Jenis (g/mL)	Bilangan Asam	Bilangan Ester
Low (500)	90	12,08	1,3710	0,9662	2,6180	6,5450
Medium (552)	90	12,09	1,3702	0,9668	1,8700	3,7400
Medium High (691)	90	12,00	1,3709	0,9594	1,8700	5,1425

### Indeks bias minyak atsiri daun kelor

Indeks bias suatu zat merupakan perbandingan kecepatan cahaya dalam zat tersebut dengan kecepatan cahaya di udara. Indeks bias suatu minyak akan menentukan tingkat kemurniannya. Minyak yang dicampur dengan bahan lain yang bersifat larut dalam minyak, akan merubah nilai indeks bias minyak yang bersangkutan. Komponen penyusun minyak atsiri dapat mempengaruhi nilai indeks biasnya. Semakin banyak komponen berantai panjang seperti seskuiterpen atau komponen bergugus oksigen ikut tersuling, maka kerapatan medium minyak atsiri akan bertambah sehingga cahaya yang datang akan lebih sukar untuk dibiaskan. Hal ini dapat menyebabkan indeks bias minyak lebih besar (Priyono, Rudi and Rachmawati, 2018).

Dari hasil percobaan indeks bias yang didapat dari minyak atsiri daun kelor dapat dilihat pada Tabel 1, yaitu berkisar 1,3702-1,3710. Perubahan daya cukup mempengaruhi nilai indeks bias minyak. Ada kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kandungan komponen dan komposisi setiap minyak yang dihasilkan. Saat ini belum ada standar mutu kualitas minyak atsiri daun kelor baik nasional Indonesia maupun Internasional. Jika dibandingkan dengan literatur didapatkan indeks bias sebesar 1,4597 pada suhu 40°C atau 1,4689 pada suhu 20°C dengan metode ekstraksi sokletasi dengan pelarut petroleum eter selama 360 menit (Juhaimi *et al.*, 2016). Nilai indeks bias yang diperoleh dari percobaan lebih rendah dibandingkan dengan literatur.

### Berat jenis minyak atsiri daun kelor

Berat jenis merupakan salah satu kriteria penting dalam menentukan mutu dan kemurnian minyak atsiri. Nilai berat jenis minyak atsiri pada umumnya berkisar antara 0,696-1,188 tetapi pada umumnya nilai tersebut lebih kecil dari 1,000 (Supriono and Susanti, 2014). Berdasarkan hasil dari percobaan yang dapat dilihat pada Tabel 1, didapatkan hasil berat jenis sebesar 0,9594-0,9668 g/mL. Peningkatan daya *microwave* mempengaruhi berat jenis minyak daun kelor. Penelitian lain melaporkan bahwa berat jenis minyak atsiri yang diperoleh dengan metode ekstraksi sokletasi dengan pelarut petroleum eter selama 360 menit sebesar 0,9068 g/mL pada suhu 24°C atau 0,9043 g/mL pada suhu 20°C (Juhaimi *et al.*, 2016). Perbedaan pelarut dan metode mungkin mempengaruhi komponen-komponen yang terekstrak sehingga secara tidak langsung mempengaruhi berat jenis minyak. Selain ini kepolaran pelarut juga mempengaruhi jenis komponen yang terekstrak. Pelarut etanol yang dapat berikatan dengan air, sehingga bahan baku yang berkontak dengan pelarut etanol pada suhu yang tinggi menyebabkan air yang masih terkandung dalam daun ikut terekstraksi. Air yang ikut terekstraksi dapat menurunkan nilai berat jenis dari minyak atsiri.

### Bilangan asam dan bilangan ester minyak atsiri daun kelor

Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam bebas yang terkandung dalam minyak. Sebagian besar minyak atsiri mengandung sejumlah kecil asam bebas, dan jumlah asam bebas tersebut dinyatakan sebagai bilangan asam. Bilangan asam dari minyak yang meningkat dapat mempengaruhi mutu minyak dan dapat merubah aroma khas dari minyak. Hal ini dapat terjadi karena lamanya penyimpanan, kondisi lingkungan penyimpanan, dan proses

ekstraksi pada suhu tinggi. Di mana pada kondisi tersebut kemungkinan terjadinya reaksi oksidasi yang dapat membentuk senyawa asam bebas (Supriono and Susanti, 2014).

Bilangan ester sangat penting dalam penentuan mutu minyak atsiri karena ester merupakan komponen yang berperan dalam menentukan aroma minyak. Ada beberapa minyak atsiri mengandung ester yang umumnya berbasah satu (RCOOR') dengan R dapat berupa radikal alifatik atau aromatik (Supriono and Susanti, 2014).

Berdasarkan hasil percobaan yang dapat dilihat pada Tabel 1, didapatkan nilai bilangan asam sebesar 1,8700 dan 2,6180, serta bilangan ester sebesar 3,7400-6,5450. Sedangkan, berdasarkan SNI 06-2385-2006 minyak atsiri secara umum memiliki bilangan asam maksimal adalah 5, dan bilangan ester maksimal adalah 10. Maka, seluruh variasi daya *microwave* menghasilkan minyak dengan mutu yang cukup baik.

### Komponen dan komposisi minyak atsiri daun kelor

Analisa komponen dan komposisi minyak atsiri daun kelor menggunakan alat GC-MS dapat dilihat pada Tabel 2. Masing-masing variasi memiliki jumlah puncak yang berbeda dengan rentang jumlah puncak 3 sampai 7 puncak. Terdeteksi empat belas jumlah senyawa volatil pada minyak atsiri daun kelor, terdapat beberapa senyawa dominan antara lain 3,5-Dihydroxy-2-methyl-5,6-dihydropyran-4-one (6,29-12,92%), *hexadecanoic acid* (17,3-26,49%), dan *Propanoic acid, 3-hydroxy-, hydrazide* (42,39%).

Tabel 2. Komponen dan Komposisi Minyak Atsiri Daun Kelor

No.	Komponen	Waktu Retensi (Menit)	Komposisi (%)		
			Low (500)	Medium (552)	Medium High (691)
1.	3,5-dihydroxy-2-methyl-5,6-dihydropyran-4-one	8,013-8,058	11,48	12,92	6,29
2.	Tetramethylene acetat	9,530-9,549	7,88	-	-
3.	Acetic acid, aminooxo-, hydrazide	9,599	-	8,13	-
4.	Acetic acid 2-methylpentyl ester	10,108	6,45	-	-
5.	Hexadecanoic acid	11,716-13,778	26,49	-	17,3
6.	Nonahexacontanoic acid, methyl ester	12,213	7,3	-	-
7.	Propanoic acid, 3-hydroxy-, hydrazide	12,320-12,482	-	42,39	-
8.	Hexanoic acid, 3-hydroxy, methyl ester	12,379	-	-	28,82
9.	Xanthosine	12,413-12,566	21,08	-	-
10.	Olealdehyde, dimethyl acetal	12,652-13,764	-	-	14,47
11.	Alpha-curcumene	12,884-12,889	-	7,89	-
12.	Santalol	13,104	-	-	33,12
13.	Phytol	13,617-13,736	19,32	-	-
14.	4-hexenoic acid, 3-methyl-2,6-dioxo	13,767-13,769	-	28,66	-

Senyawa 3,5-Dihydroxy-2-methyl-5,6-dihydropyran-4-one merupakan senyawa turunan maltol yang sering ditemukan didalam makanan. Biasanya terdapat didalam susu dan madu. Senyawa ini diidentifikasi sebagai senyawa aroma baru yang berpotensi dalam produk susu dengan aroma khas seperti karamel (Preininger *et al.*, 2009).

Senyawa *hexadecanoic acid* atau asam heksadekanoat atau bisa disebut asam palmitat merupakan salah satu asam lemak jenuh. Asam palmitat berguna untuk merangsang pertumbuhan insulin yang berperan dalam mengobati diabetes (Benoit *et al.*, 2009).

Asam heksadekanoat atau asam palmitat dan *alpha curcumene* merupakan salah satu senyawa antioksidan (Sujarwo, Arinasa and Peneng, 2010). *Xanthosine* adalah senyawa kimia yang masuk dalam kelompok alkaloid

yang berwarna merah yang dapat digunakan sebagai pewarna alami dan sebagai antioksidan untuk menangkap radikal bebas serta sebagai antibakteri (Hansen, Jorgensen and Dandanell, 2006). Senyawa *phytol* merupakan senyawa terpen alkohol yang dapat digunakan sebagai prekursor sintesis vitamin E dan K1 dalam pabrik (Fitriana, 2017).

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kandungan komponen dalam tanaman penghasil minyak atsiri. Perbedaan ini dapat disebabkan karena perbedaan musim dan kondisi klimatologi baik saat proses percobaan dilakukan, cara penyimpanan bahan baku, maupun asal bahan baku itu sendiri yang mempengaruhi komposisi kimia dalam suatu minyak atsiri. Suhu lingkungan yang menurun dapat menyebabkan peningkatan kandungan asam lemak jenuh dalam suatu tanaman (Iqbal and Bhanger, 2006). Selain itu metode ekstraksi yang dilakukan serta variasi variabel yang dipilih juga mempengaruhi hasil dari komponen dan komposisi kimia dalam minyak atsiri.

### Kesimpulan

Pengambilan minyak atsiri daun kelor telah dilakukan dengan metode *Microwave Assisted Extraction*. Daya *microwave* tidak terlalu mempengaruhi rendemen, tetapi sedikit berpengaruh terhadap komponen dan komposisi, serta karakteristik minyak atsiri daun kelor seperti indeks bias, bilangan asam dan ester. Warna minyak atsiri daun kelor yang didapatkan adalah hijau kehitaman. Pelarut etanol memberikan pengaruh terhadap warna dari minyak. Hasil rendemen sekitar 12%. Harga indeks bias dari minyak atsiri daun kelor yang didapatkan pada rentang 1,3702-1,3710. Nilai berat jenis minyak atsiri daun kelor yang didapatkan berkisar 0,9594-0,9668 g/mL dan masih masuk dalam rentang berat jenis minyak atsiri pada umumnya. Terdeteksi empat belas jumlah senyawa volatil pada minyak atsiri daun kelor, terdapat beberapa senyawa dominan antara lain 3,5-Dihydroxy-2-methyl-5,6-dihydropyran-4-one (6,29-12,92%), *hexadecanoic acid* (17,3-26,49%), dan *Propanoic acid, 3-hydroxy-, hydrazide* (42,39%). Bilangan asam dan bilangan ester dari seluruh variabel masih masuk dalam standar mutu SNI 06-2385-2006 minyak atsiri secara umum.

### Daftar Pustaka

- Ayurvedic (2018) *Moringa Essential Oil*. Available at: <http://ayurvedicoils.com/tah/health-benefits-of-moringa-essential-oil>.
- Barreto, M. B. *et al.* (2009) 'Artigo Constituintes Quimicos Voláteis e Nao-Voláteis de Moringa oleifera Lam., Moringaceae', *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 19(4), pp. 893–897.
- Benoit, S. C. *et al.* (2009) 'Palmitic Acid Mediates Hypothalamic Insulin Resistance by Altering PKC-Subcellular Localization in Rodents', *The Journal of Clinical Investigation*, 119(9), pp. 2577–2589.
- Chuah, L. F. *et al.* (2015) 'Optimisation and Kinetic Studies of Acid Esterification of High Free Fatty Acid Rubber Seed Oil', *Arab J Sci Eng.*
- Chuang, P. H. *et al.* (2007) 'Anti-Fungal Activity of Crude Extracts and Essential Oil of Moringa oleifera Lam', *Bioresource Technology*, 98, pp. 232–236.
- Fahey, J. W. (2005) 'Moringa oleifera: A Review of The Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prophylactic Properties. Part 1.', *Trees for Life Journal*, 1(5), pp. 1–33.
- Faizi, S. *et al.* (1994) 'Isolation and Structure Elucidation of New Nitrile and Mustard Oil Glycosides from Moringa oleifera and Their Effect on Blood Pressure', *Journal of Natural Products*, 57(9), pp. 1256–1261.
- Fitriana, W. D. (2017) 'Analisis Komponen Kimia Minyak Atsiri Pada Ekstrak Metanol Daun Kelor', *Jurnal Pharmascience*, 4(1), pp. 122–129.
- Hansen, M. R., Jorgensen, J. T. and Dandanell, G. (2006) 'Xanthosine Utilization in Salmonella enterica Serovar Typhimurium Is Recovered by a Single Aspartate-to-Glycine Substitution in Xanthosine Phosphorylase', *Journal of Bacteriology*, 188(11), pp. 4153–4157.
- Iqbal, S. and Bhanger, M. I. (2006) 'Effect of Season and Production Location on Antioxidant Activity of Moringa oleifera Leaves Grown in Pakistan', *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, pp. 544–551.
- Juhaimi, F. Al *et al.* (2016) 'Fatty Acid Composition of Three Different Moringa Leave Oils', *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, XCIII, pp. 111–113.
- Kurniasari, L. *et al.* (2008) 'Kajian Ekstraksi Minyak Jahe Menggunakan Microwave Assisted Extraction (MAE)', *Momentum*, 4(2), pp. 47–52.
- Makkar, H. P. S. and Becker, K. (1996) 'Nutritional Value and Antinutritional Components of Whole and Ethanol Extracted Moringa oleifera Leaves', *Animal Feed Science and Technology*, 63(96), pp. 211–228.
- Makkar, H. P. S. and Singh, B. (1992) 'Detannification of Oak (Quercus incana) Leaves : Treatments and Their Optimization', *Animal Feed Science and Technology*, 36, pp. 113–127.
- Makonnen, E., Hunde, A. and Damecha, G. (1997) 'Hypoglycaemic Effect of Moringa stenopetala Aqueous Extract in Rabbits', *Phytotherapy Research*, 11, pp. 147–148.
- Marrufo, T. *et al.* (2013) 'Chemical Composition and Biological Activity of The Essential Oil from Leaves of Moringa oleifera Lam. Cultivated in Mozambique', *Molecules*, 18, pp. 10989–11000.

- Nasir, S., Soraya, D. F. and Pratiwi, D. (2010) 'Pemanfaatan Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) untuk Pembuatan Bahan Bakar Nabati', *Jurnal Teknik Kimia*, 17(3), pp. 29–34.
- Preininger, M. *et al.* (2009) 'Identification of Dihydromaltol (2,3-Dihydro-5-hydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one) in Ryazhenka Kefir and Comparative Sensory Impact Assessment of Related Cycloenolones', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(21), pp. 9902–9908.
- Priyono, K., Rudi, F. and Rachmawati, S. (2018) 'Pengambilan Minyak Atsiri dari Rimpang Jahe Merah menggunakan Metode Distilasi Uap dan Ekstraksi Air dengan Pemanas Microwave', *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, pp. 1–7.
- R, H., Kumaravel, S. and Alagusundaram, K. (2011) 'GC-MS Study on the Bioactive Components and Anti-Cancer Activities of *Solanum surattense*', *Cancer Biology*, 1(1), pp. 13–17.
- Rodrigues, S. and Fernandes, F. A. N. (2009) 'Ultrasound-Assisted Extraction', *Stewart Postharvest Review*, 1(5).
- Sastrohamidjojo, H. (2014) *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sujarwo, W., Arinasa, I. B. K. and Peneng, I. N. (2010) 'Potensi Bambu Tali (*Gigantochloa apus* J. A. & J. H. Schult. Kurz) sebagai Obat di Bali', *Bul. Littro*, 21(2), pp. 129–137.
- Supriono and Susanti, T. A. (2014) 'Kualitas Minyak Atsiri Nilam dari Metode Pengecilan Ukuran Pada Penyulingan Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin* BENTH).', *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, pp. 1–6.
- Zhao, S. and Zhang, D. (2013) 'Supercritical Fluid Extraction and Characterisation of Essential Oil from *Moringa oleifera* Leaves', *Journal of Centre for Energy (M473)*.