

Pengaruh Rasio Volume Pelarut dan Waktu Ekstraksi terhadap Perolehan Minyak Biji Kelor

Effect of Solvent Volume Ratio and Time of Extraction on the Yield of Moringa Seed Oil

Muhammad Fajri¹, Yosaphat Daru²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta, Jl. Stadion Maguwoharjo No. 22, Wedomartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta 55584, Indonesia

²Universitas Mercubuana Yogyakarta, Jl. Wates Km. 10 Yogyakarta 55753, Indonesia

Penulis korespondensi: Muhammad Fajri, Email: fajri.litbangtan08@gmail.com

Submisi: 26 Agustus 2020; Revisi: 11 Agustus 2021; Diterima: 24 Agustus 2021

ABSTRAK

Biji kelor merupakan hasil buah tanaman kelor (*Moringa oleifera*). Biji kelor mengandung karbohidrat, protein, lemak, mineral dan vitamin. Biji kelor memiliki kandungan lemak yang relatif tinggi sehingga berpotensi sebagai sumber minyak nabati. Salah satu cara untuk mengambil minyak di dalam biji kelor adalah dengan melakukan ekstraksi pelarut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berat minyak biji kelor hasil ekstraksi dengan menggunakan pelarut. Pelarut yang digunakan adalah n-heksan 95%. Sebanyak 50 g biji kelor yang sudah ditumbuk dan diayak dengan ukuran 30 mesh diekstraksi dengan pelarut heksan. Ekstraksi pelarut menggunakan metode refluks dengan labu leher tiga. Jenis perlakuan percobaan ada 2 macam, yaitu variasi volume pelarut dan lama waktu ekstraksi. Volume pelarut dibuat dalam 5 taraf yaitu 300 mL, 400 mL, 500 mL, 600 mL, dan 700 mL. Sedangkan lama waktu ekstraksi dibuat dalam 7 taraf yaitu 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit, 105 menit, dan 120 menit. Suhu ekstraksi berada pada kisaran 60 – 70 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume pelarut dan lama waktu ekstraksi yang optimum untuk menghasilkan rendemen yang konstan adalah 500 mL dan 120 menit. Rasio volume pelarut yang optimum adalah 0,1 g/mL. Hasil perolehan (rendemen) minyak biji kelor maksimum yang dapat diperoleh adalah 11,83 g (23,66 %).

Kata kunci: Minyak biji kelor; rasio volume pelarut; waktu ekstraksi

ABSTRACT

Moringa seeds are the fruit of the *Moringa oleifera* plant. Moringa seeds contain carbohydrates, protein, fat, minerals, and vitamins. Moringa seeds have a relatively high-fat content, making them a potential source of vegetable oil. One way to extract the oil in moringa seeds is by solvent extraction. This study aims to determine the yield of Moringa seed oil extracted using solvents. The solvent used was 95% n-hexane. A total of 50 g of crushed and sieved Moringa seeds with a size of 30 mesh were extracted with hexane solvent. Solvent extraction used the reflux method with a three-neck flask. There are 2 types of experimental treatment, namely variations in the volume of the solvent and the length of the extraction time. The volume of the solvent is made in 5 levels,

namely 300 mL, 400 mL, 500 mL, 600 mL, and 700 mL. While the extraction time was made in 7 levels, namely 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes, 75 minutes, 90 minutes, 105 minutes, and 120 minutes. The extraction temperature is in the range 60 – 70 °C. The results showed that the optimum solvent volume and extraction time to produce a constant yield were 500 mL and 120 minutes. The maximum yield of Moringa seed oil that can be obtained is 11.83 g (23.66%).

Keywords: Moringa seed oil; solvent volume ratio; time of extraction

PENDAHULUAN

Biji kelor merupakan hasil dari tanaman kelor (*Moringa oleifera*). Biji kelor terhimpun di dalam buah kelor yang memanjang yang biasa disebut 'klentang' yang bentuknya mirip dengan stik (pemukul) drum sehingga tanaman kelor sering disebut sebagai *drumstick tree* (Krisnadi, 2015). Klentang biasanya berisi antara 5 – 12 biji kelor. Biji kelor yang sudah masak berwarna coklat dengan sayap di garis kulit cangkangnya. Biji dalam (kernel) nya berwarna putih kekuningan dengan kulit ari yang berwarna putih. Ukuran biji kernelnya hampir sama dengan ukuran biji kedelai. Biji kelor mengandung komponen karbohidrat, protein, lemak, mineral dan vitamin. Komposisinya adalah protein (32,19%), lemak (32,40%), serat (15,87%), mineral (5,58%) dan air (3,11%) (Melo dkk., 2013). Kandungan protein dan lemak yang relatif tinggi menjadikan biji kelor sebagai salah satu sumber protein dan lemak nabati yang potensial. Di samping itu biji kelor juga mengandung vitamin, antioksidan, mineral, asam amino, asam lemak dan senyawa bioaktif lainnya (Leone dkk., 2016).

Minyak biji kelor berbentuk cair pada suhu kamar dan berwarna kuning pucat. Minyak mentah memiliki flavor (cita rasa) yang mirip dengan minyak kacang (Kedang, 2018). Titik lebur minyak biji kelor berada pada suhu 19,2 °C (Nadeem & Imran, 2016). Minyak biji kelor mengandung 38 % asam oleat dan mendominasi asam lemak pada minyak biji kelor (Salimi dkk., 2019). Kandungan asam oleat minyak biji kelor sangat tinggi, yaitu berkisar antara 73,3 – 79,58% (Barakat & Ghazal, 2016). Kandungan asam oleat yang tinggi ini menjadikan minyak biji kelor disejajarkan dengan minyak asam oleat tinggi lainnya seperti minyak zaitun (63,65%) (Amanpour dkk., 2017), minyak biji bunga matahari (81,99%) (Akkaya, 2018), minyak kacang (58,5%), dan minyak kanola (59,5%) (Kostik dkk., 2013). Tingginya persentase asam oleat dalam minyak biji kelor berpotensi menjadikannya sebagai sumber nutrisi dan sebagai minyak masak yang stabil (Janaki & Devi, 2015).

Untuk bisa memanfaatkan minyak biji kelor, maka harus dilakukan ekstraksi untuk memisahkan minyak dari bijinya. Ada beberapa cara ekstraksi, yaitu ekstraksi pelarut, distilasi, pengepresan dan sublimasi. Ekstraksi pelarut merupakan metode yang paling banyak

digunakan. Ada 4 tahapan proses ekstraksi pelarut, yaitu: (1) pelarut menembus ke dalam matriks padat; (2) zat terlarut larut dalam pelarut; (3) zat terlarut terdifusi keluar dari matriks padat; (4) zat terlarut terkumpul (ekstrak). Ekstraksi pelarut dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya sifat pelarut, ukuran partikel bahan, rasio pelarut-padatan, suhu ekstraksi dan waktu ekstraksi (Zhang dkk., 2018). Komposisi minyak biji kelor terdiri dari asam laurat, asam palmitoleat, asam palmitat, asam oleat, asam stearat, dan asam arakidat. Asam oleat mendominasi dengan kandungan sebesar 38,08% (Salimi dkk., 2019).

Salah satu metode ekstraksi pelarut adalah metode refluks. Metode refluks digunakan untuk mengekstrak sampel yang relatif tahan panas. Metode ini dilakukan dengan cara memasak sampel dalam suatu pelarut yang diletakkan dalam wadah dan dilengkapi dengan kondensor dengan jangka waktu 3–7 jam. Kelebihan metode ini adalah waktunya lebih singkat, terjadi kontak langsung dengan pelarut secara terus menerus, dan pelarut yang digunakan lebih sedikit sehingga efektif dan efisien (Kiswando, 2011). Metode refluks lebih hemat dalam hal waktu ekstraksi dan jumlah pelarut daripada metode perkolasi atau maserasi (Zhang dkk., 2018).

Beberapa hasil penelitian terdahulu tentang rendemen hasil ekstraksi minyak biji kelor dengan pelarut heksan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen minyak biji kelor dari hasil penelitian terdahulu

Literatur	Hasil rendemen (% g/g)
Kedang (2018)	13,31
Salimi dkk. (2019)	38,64
Pratiwi (2019)	40,44
Kiswando (2011)	23,03
Laha (2018)	13,31
Danova & Tarigan (2015)	28,92
Nasir dkk. (2010)	35,83
Domínguez dkk. (2017)	31,60
Ghozali & Yasin (2016)	36,37
Premi & Sharma (2013)	33,30

Hipotesis penelitian ini adalah bahwa semakin banyak pelarut yang digunakan, maka minyak yang dapat diekstraksi juga semakin banyak. Dan semakin lama waktu yang digunakan untuk ekstraksi, maka jumlah minyak yang dapat diekstrak juga semakin banyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah pelarut dan waktu ekstraksi yang optimum untuk menghasilkan minyak biji kelor terbanyak. Jumlah pelarut dan waktu ekstraksi yang optimum adalah jumlah pelarut dan waktu ekstraksi minimum untuk mencapai hasil rendemen minyak dengan berat yang konstan (stabil). Metode yang digunakan adalah metode ekstraksi pelarut dengan perangkat soxhlet.

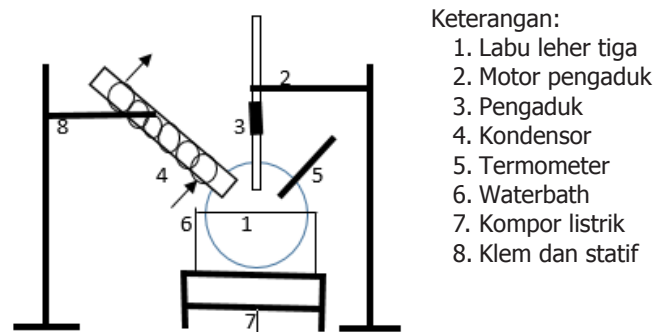
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan utama yang digunakan di dalam penelitian ini adalah biji kelor dan pelarut n-heksan (teknis). Biji kelor diambil dari buah kelor yang sudah masak dan kering yang diperoleh dari pohon kelor yang berlokasi di daerah Sewon Bantul. Jenis kelor yang digunakan adalah kelor merah atau kelor udang.

Alat

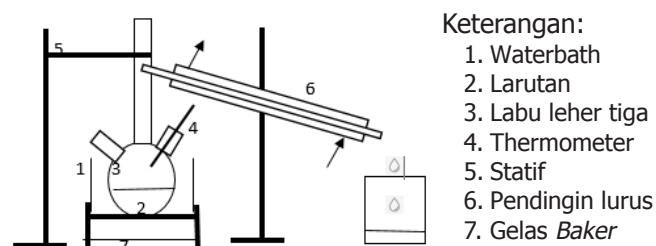
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu leher tiga, perangkat distilasi, perangkat refluks, kertas saring, ayakan, oven, neraca analitik, gelas ukur, erlenmeyer, dan *waterbath*. Rangkaian alat perangkat ekstraksi dan distilasi tersaji pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Perangkat ekstraksi (Ridwan, 2015)

Metode

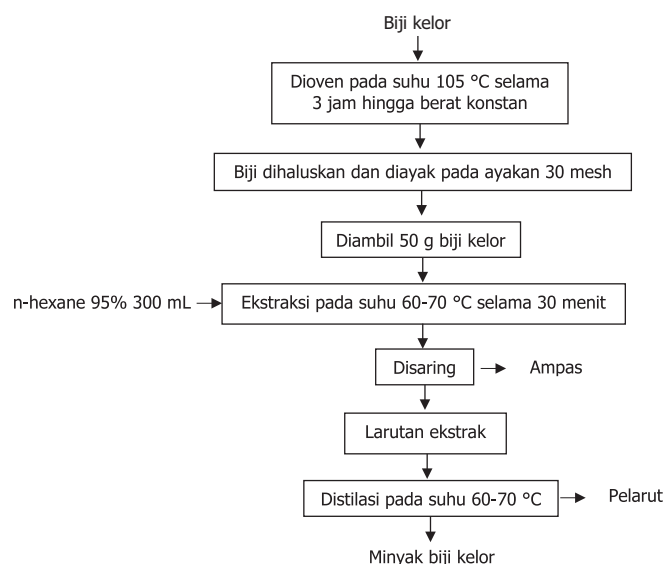
Biji-biji kelor dibelah, diambil kernelnya dan dibersihkan. Biji kelor dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 3 jam hingga berat konstan. Selanjutnya biji kelor dihaluskan dan diayak pada ayakan 30 mesh. Sebanyak 50 g bubuk biji kelor ditimbang lalu dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Selanjutnya 300 mL larutan heksan 95% dimasukkan ke dalam labu



Gambar 2. Perangkat distilasi (Ridwan, 2015)

leher tiga kemudian dipanaskan dalam penangas air (*waterbath*) pada kisaran suhu 60 – 70 °C selama 30 menit. Suhu 69 °C, untuk ekstraksi heksana Soxhlet adalah suhu standar yang digunakan dalam literatur (Nwabuebo, 2017). Kecepatan pengadukan berada pada kisaran 260 – 265 rpm. Ulangi langkah di atas untuk variasi volume pelarut 400, 500, 600, dan 700 mL dan variasi suhu 60 menit dan 90 menit. Minyak hasil ekstrak didistilasi untuk memperoleh minyak biji kelor murni. Rendemen minyak biji kelor dihitung dengan Persamaan 1.

$$R = \frac{\text{berat minyak hasil ekstraksi (g)}}{\text{berat biji kelor sampel (g)}} \times 100\% \quad (1)$$



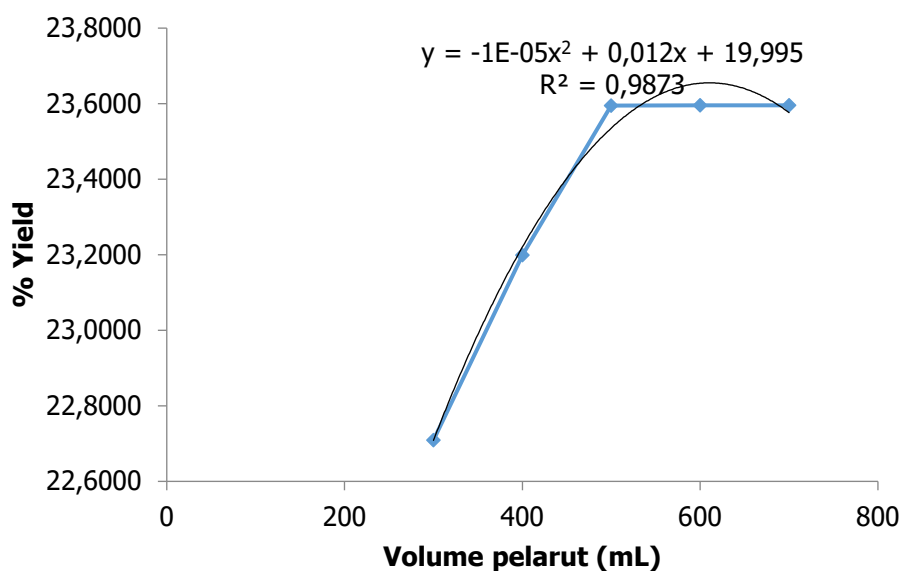
Gambar 3. Diagram alir proses ekstraksi-distilasi minyak biji kelor

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi minyak biji kelor dilakukan dengan variasi volume pelarut n-heksan dan lama waktu ekstraksi. Hasil minyak biji kelor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil minyak biji kelor pada volume pelarut dan waktu ekstraksi berbeda

Lama ekstraksi (menit)	Volume pelarut (mL)	Berat Biji kelor (g)	Berat Minyak biji kelor (g)	Rendemen (%)
30	300	50,00	6,16	12,32
	400	50,00	6,47	12,94
	500	50,00	6,96	13,92
	600	50,00	7,36	14,72
	700	50,00	7,63	15,26
60	300	50,00	9,04	18,08
	400	50,00	9,95	19,90
	500	50,00	10,34	20,68
	600	50,00	10,61	21,22
	700	50,00	10,81	21,62
90	300	50,00	11,36	22,72
	400	50,00	11,60	23,20
	500	50,00	11,80	23,60
	600	50,00	11,80	23,60
	700	50,00	11,80	23,60



Gambar 4. Hubungan volume pelarut dengan hasil ekstrak pada waktu 90 menit

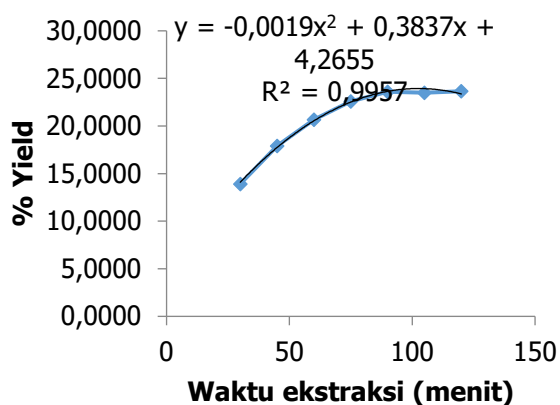
Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa volume minimum pelarut n-heksan yang menghasilkan berat minyak biji kelor yang konstan adalah 500 mL dalam waktu 90 menit. Berat minyak yang dihasilkan adalah 11,80 g atau rendemen 23,6%. Hubungan antara

volume pelarut dan hasil ekstrak minyak biji kelor pada waktu 90 menit dapat dilihat pada Gambar 4.

Selanjutnya pada volume 500 mL tersebut, dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui waktu optimum yang menghasilkan berat minyak biji

Tabel 2. Hasil minyak biji kelor pada variasi waktu yang berbeda dengan volume pelarut 500 mL

Waktu (menit)	Pelarut (mL)	Berat Biji kelor (g)	Berat Minyak biji kelor (g)	Rendemen (%)
30	500	50,00	6,96	13,92
45	500	50,00	8,95	17,90
60	500	50,00	10,34	20,68
75	500	50,00	11,30	22,60
90	500	50,00	11,80	23,60
105	500	50,00	11,81	23,62
120	500	50,00	11,83	23,66
125	500	50,00	11,83	23,66



Gambar 5. Hubungan antara waktu ekstraksi dan hasil ekstrak minyak biji kelor pada volume 500 mL

kelor tertinggi. Hasil minyak biji kelor hasil ekstraksi pada variasi waktu ekstraksi yang berbeda dengan penggunaan pelarut heksan sebanyak 500 mL dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 diketahui bahwa waktu optimum untuk menghasilkan jumlah minyak biji kelor tertinggi hingga berat konstan berada pada waktu 120 menit dengan jumlah pelarut n-heksan sebanyak 500 mL. Minyak biji kelor yang dihasilkan sebanyak 11,83 g atau rendemen 23,66%. Hubungan antara waktu ekstraksi dan hasil ekstrak minyak biji kelor pada volume 500 mL dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari Gambar 5, dapat diketahui bahwa semakin lama waktu ekstraksi, maka rendemen minyak semakin besar, hingga tercapai kesetimbangan yaitu pada waktu 120 menit. Waktu ekstraksi dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi sampai waktu optimum di mana terjadi kesetimbangan zat terlarut yang ada di dalam dan di

luar partikel padatan. Menurut Efeovbokha dkk. (2015), minyak hasil ekstraksi secara umum meningkat dengan bertambahnya waktu. Rendemen minyak memiliki hubungan linier langsung dengan waktu ekstraksi. Bertambahnya waktu ekstraksi akan meningkatkan rendemen minyak hingga mencapai titik optimum. Setelah titik optimum tercapai, dengan bertambahnya waktu ekstraksi, maka ekstrak minyak yang dihasilkan jumlahnya menurun hingga sampel benar-benar habis. Kontak dalam waktu yang lama antara sampel biji kelor dengan pelarut akan menghasilkan lebih banyak ekstraksi minyak. Biasanya peningkatan rendemen minyak yang stabil dalam selang waktu 2-8 jam. Premi & Sharma (2013) melaporkan bahwa waktu ekstraksi optimum dicapai dalam waktu 3,6 jam. Sedangkan Oladipu dan Betiku (2019) melaporkan waktu ekstraksi optimum selama 3 jam. Ekstraksi pelarut dipengaruhi oleh sifat pelarut, ukuran partikel bahan, rasio pelarut-padatan, suhu ekstraksi dan waktu ekstraksi (Zhang dkk., 2018).

Heksan (C_6H_{14}) adalah hidrokarbon dengan titik leleh 68,7 °C dan - 95,3 °C. Di antara sifat-sifat heksan adalah stabilitas tinggi, penguapan rendah, korosifitas rendah, sedikit residu berminyak dan flavor hasil ekstrak yang lebih baik (Evwierhoma & Ekop, 2016). Heksan bersifat tidak reaktif, sangat non-polar, rentang distilasi yang kecil dan daya ekstraksi yang tinggi (Nasir dkk., 2010). Indeks polaritas dan titik didih heksan lebih rendah daripada pelarut lain seperti etilasetat dan etanol. Hal tersebut menyebabkan molekul heksana bergerak lebih cepat melewati bubuk biji sehingga dapat menghasilkan minyak lebih banyak (Oladipo & Betiku, 2019). Secara umum, lemak dan minyak merupakan kelompok trigliserida yang mengandung tiga buah asam lemak. Trigliserida bersifat nonpolar karena gugus hidroksil pada gliserin telah diesterifikasi

oleh gugus karboksil dari asam lemak. Oleh karena itu, trigliserida bersifat tidak larut air, tetapi larut dalam senyawa organik nonpolar, seperti heksana dan eter (Mamuaja, 2017). Berdasarkan kaidah *like dissolve like*, pelarut yang memiliki polaritas mendekati zat terlarut cenderung memiliki kinerja yang lebih baik (Zhang dkk., 2018). Oleh karena itu, heksan yang bersifat non-polar lebih tepat digunakan untuk mengekstrak minyak yang juga bersifat non-polar.

Semakin kecil ukuran partikel bahan, hasil ekstrak minyak yang diperoleh semakin baik. Ukuran partikel yang kecil menyebabkan penetrasi pelarut ke dalam bahan dan difusi zat terlarut dari dalam bahan berjalan baik dan optimal. Namun, partikel yang terlalu halus dapat menyebabkan penyerapan yang berlebihan zat terlarut di dalam padatan sehingga dapat menyulitkan dalam tahap filtrasi (penyaringan) (Zhang dkk., 2018). Dalam penelitian ini, ukuran partikel biji kelor yang diekstrak adalah 30 mesh. Ukuran partikel 30 mesh setara dengan ukuran 0,595 mm (Michaud, 2014). Menurut Evbuomwan dkk. (2017), ekstraksi minyak kelor dapat memperoleh hasil maksimum (33,59%) pada ukuran partikel 0,5 mm dengan jumlah pelarut 250 mL dan waktu ekstraksi selama 2 jam. Sedangkan Premi & Sharma (2013) menyampaikan bahwa ukuran partikel bahan terbaik untuk ekstraksi minyak adalah 0,63 mm.

Beberapa rasio larutan-padatan dalam ekstraksi minyak biji kelor dilaporkan oleh para peneliti. Di antaranya yaitu rasio larutan-padatan 9 : 1 (Premi & Sharma, 2013) dengan rendemen (33,3%), rasio 10 : 1 oleh Ghazali & Yasin (2016) dengan rendemen 36,37%. Oladipo & Betiku (2019) melaporkan bahwa rendemen minyak rata-rata optimum sebesar 41,72% diperoleh dengan menggunakan rasio padatan-larutan 0,05 g/mL. Rasio ini memungkinkan adanya transfer massa yang cukup antara padatan (biji kelor yang dihaluskan) dan pelarut ekstraksi sehingga terjadi pembukaan dinding sel yang lebih banyak sehingga minyak yang terekstrak dari pori-pori biji kelor lebih banyak. Menurut Zhang dkk. (2018), semakin besar rasio pelarut-padatan, semakin tinggi rendemen yang dihasilkan. Namun, jika rasio terlalu tinggi, penggunaan pelarut akan berlebihan dan membutuhkan waktu ekstraksi yang lama. Sedangkan Nasir dkk. (2010) menyatakan bahwa semakin banyak volume pelarut maka rendemen minyak semakin besar. Hal ini disebabkan karena partikel terdistribusi lebih merata di dalam pelarut, sehingga permukaan kontak pelarut dan biji kelor semakin luas dan menghasilkan minyak lebih banyak.

Adapun temperatur yang tinggi, dapat meningkatkan sifat kelarutan dan difusi zat terlarut. Namun, jika suhu terlalu tinggi, dapat menyebabkan pelarut hilang sehingga zat kotoran yang tidak

diinginkan dapat terikut dan komponen yang tidak tahan panas akan terurai. Pada ekstraksi pelarut ini, suhu yang digunakan berada pada kisaran 60 – 70 °C. Menurut Ghazali & Yasin (2016), sampel biji kelor yang dipanaskan pada suhu 60 °C memiliki persentase hasil ekstrak minyak tertinggi (36,37%). Apabila sampel dipanaskan di atas 60 °C, terjadi penurunan persentase hasil minyak. Adejumo dkk. (2013) juga melaporkan bahwa hasil minyak biji kelor mengalami penurunan seiring dengan kenaikan suhu pemanasan pada suhu 100 °C – 150 °C. Premi & Sharma (2013) melaporkan bahwa temperatur optimum yang kondusif untuk ekstraksi minyak biji kelor dicapai pada suhu 67,84 °C. Suhu ekstraksi ini berpengaruh langsung terhadap rendemen minyak.

Tingkat ekstraksi yang tinggi pada tahap awal, kemungkinan disebabkan karena kelarutan minyak yang tinggi dalam pelarut yang baru diisi dan adanya konsentrasi minyak yang tinggi pada permukaan bahan. Pelarut bermuatan baru (*oil lean*), akan menciptakan gradien positif atau kekuatan pendorong yang menghasilkan kecepatan transfer massa minyak yang lebih tinggi ke dalam pelarut. Setelah titik optimum tercapai, pelarut ekstraksi yang 'kaya minyak' memiliki tenaga penggerak yang lebih rendah atau laju ekstraksi yang lebih lambat (Efevbokha dkk., 2015). Menurut Ojewumi dkk. (2018), waktu ekstraksi ini diharapkan dapat memberikan kontak yang lama antara sampel biji kelor dengan pelarut sehingga dapat menghasilkan ekstrak minyak lebih banyak. Sedangkan menurut Gisila (2018), setelah tercapai kondisi optimum, kandungan minyak tidak akan meningkat lagi, sebaliknya dapat berakibat pada proses degradasi. Waktu ekstraksi yang terlalu lama juga tidak diharapkan karena dapat menyebabkan inefisiensi tenaga kerja dan kebutuhan energi. Oleh karena itu, sangat penting untuk menemukan waktu ekstraksi yang optimum.

KESIMPULAN

Biji kelor memiliki potensi besar untuk dijadikan sebagai sumber minyak nabati karena kandungan minyaknya yang tinggi. Proses pengambilan minyak biji kelor dapat dilakukan dengan cara ekstraksi dan dilanjutkan destilasi untuk memperoleh minyak yang lebih murni. Salah satu ekstraksi yang dapat dilakukan adalah ekstraksi minyak dengan menggunakan pelarut heksan. Untuk memperoleh hasil minyak biji kelor yang optimum, diperlukan proporsi yang tepat dalam hal volume pelarut yang diperlukan dan lama waktu ekstraksi yang dibutuhkan. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa hasil ekstraksi minyak biji kelor secara optimum diperoleh dengan menggunakan

pelarut n-heksan 95% sebanyak 500 mL dan waktu ekstraksi selama 120 menit yang menghasilkan minyak biji kelor sebanyak 11,83 g dari biji kelor sebanyak 50 g (rendemen 23,65%). Dengan kata lain, rasio padatan-larutan sebesar 0,1 g/mL. Untuk memperoleh hasil yang lebih lengkap, penelitian lanjutan perlu dilakukan terkait dengan penggunaan biji kelor pada berbagai tingkat kemasakan, jenis ekstraksi yang digunakan, ukuran bubuk biji kelor dan analisis jenis asam lemak penyusun minyak biji kelor.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan (*conflict of interest*) dalam tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adejumo, B., Alakowe, A., & Obi, D. (2013). Effect of heat treatment on the characteristics and oil yield of Moringa oleifera seeds. *The International Journal of Engineering And Science (IJES)*, 2(1), 232–239.
- Akkaya, M. R. (2018). Fatty acid compositions of sunflowers (*helianthus annuus L.*) grown in east mediterranean region. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 95(4), 239–247.
- Amanpour, A., Kesen, S., Kelebek, H., & Selli, S. (2017). Characterization of fatty acids composition in Iranian Phishomi extra- virgin olive oil. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, November, 51–55.
- Barakat, H., & Ghazal, G. A. (2016). Physicochemical properties of Moringa oleifera seeds and their edible oil cultivated at different regions in Egypt. *Food and Nutrition Sciences*, 07(06), 472–484. <https://doi.org/10.4236/fns.2016.76049>
- Danova, A., & Tarigan, D. (2015). Pembuatan senyawa poliol sebagai bahan dasar pelumas melalui reaksi epoksidasi dan hidroksilasi minyak biji kelor (*Moringa oleifera*). *Prosiding Seminar Tugas Akhir FMIPA UNMUL 2015*, 2–6.
- Domínguez, Y. D., Ggarcía, D. T., Macias, M. R., & Fernández, E. (2017). Extraction and characterization of Moringa oleifera Lam var. Supergenius seed oil from Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 48(1), 17–26.
- Efevbokha, V. E., Hymore, F. K., Raji, D., & Sanni, S. E. (2015). Alternative solvents for Moringa oleifera seeds extraction. *Journal of Applied Sciences*, 15(8), 1073–1082. <https://doi.org/10.3923/jas.2015.1073.1082>
- Evbuomwan, B. O., Dick, D. T., Chioma, A. C., Engineering, C., Harcourt, P., & Harcourt, P. (2017). Comparative analysis of effect of alternative solvents on extraction of Moringa oleifera seed oil. *Chemistry Research Journal*, 2(5), 44–50.
- Ewwierhoma, E. T., & Ekop, I. E. (2016). Extraction and characterization of oils from some local seeds. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7(5), 1280–1294.
- Ghazali, Q., & Yasin, N. H. M. (2016). The effect of organic solvent, temperature and mixing time on the production of oil from Moringa oleifera seeds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 36(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/36/1/012053>
- Gisila, T. (2018). *Extraction, kinetics study and characterization of Moringa stenopetala seed oil*. Addis Ababa University.
- Janaki, S., & Devi, Y. (2015). Extraction of cold press Moringa oil. *International Journal of Current Research*, 7(04), 14956–14957.
- Kedang, M. Y. M. (2018). *Uji karakteristik minyak biji kelor (Moringa oleifera L.)*. Politeknik Kesehatan Kemenkes Kupang.
- Kiswandono, A. A. (2011). Skrining senyawa kimia dan pengaruh metode maserasi dan refluks pada biji kelor (*Moringa oleifera*) terhadap rendemen ekstrak yang dihasilkan. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 1(2), 1–9.
- Kostik, V., Memeti, S., & Bauer, B. (2013). Fatty acid composition of edible oils and fats. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4, 112–116.
- Krisnadi, A. D. (2015). Kelor Super Nutrisi. In *Kelor Super Nutrisi*. Pusat Informasi dan Pengembangan Tanaman Kelor Indonesia.
- Laha, K. M. (2018). *Aktivitas antioksidan minyak biji kelor (Moringa Oleifera L.) Yang di peroleh dari sokletasi dan maserasi dengan metode dpph (1,1diphenyl-2-phyrcrylhydrazy)*. Poltekkes Kemenkses Kupang.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2016). Moringa oleifera seeds and oil: Characteristics and uses for human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(12). <https://doi.org/10.3390/ijms17122141>
- Mamuaja, C. F. (2017). Lipida. In *Unsrat Press* (1st ed.).
- Melo, V., Vargas, N., Quirino, T., & Calvo, C. M. C. (2013). Moringa oleifera L. - An underutilized tree with macronutrients for human health. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(10), 785–789. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i10.17003>
- Michaud, D. (2014). *Mesh to Micron Conversion Table*. <https://www.911metallurgist.com/blog/mesh-to-micron-conversion-table>
- Nadeem, M., & Imran, M. (2016). Promising features of Moringa oleifera oil: Recent updates and perspectives.

- Lipids in Health and Disease*, 15(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12944-016-0379-0>
- Nasir, S., Soraya, D. F., & Pratiwi, D. (2010). Pemanfaatan ekstrak biji kelor untuk pembuatan bahan bakar nabati. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(3), 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.10.013>
- Nwabuebo, A. T. (2017). *The effect of extraction methods on the oxidatives stability of marula and moringa seed oil*. [University of KwaZulu-Natal Westville South Africa]. <http://ukzn-dspace.ukzn.ac.za/handle/10413/15693>
- Ojewumi, M. E., Olikeze, F., Babatunde, D. E., & Emetere, M. E. (2018). Alternative solvent combination ratios for Moringa oleifera seed oil extraction. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(295–307), 295–307.
- Oladipo, B., & Betiku, E. (2019). Process optimization of solvent extraction of seed oil from Moringa oleifera: An appraisal of quantitative and qualitative process variables on oil quality using D-optimal design. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20(March), 101187. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101187>
- Pratiwi, I. (2019). Sintesis poliuretan melalui polimerisasi difenil metana 4,4 diisosianat (MDI) dengan poliol hasil hidroksilasi minyak biji kelor (*Moringa oleifera*). In *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Premi, M., & Sharma, H. K. (2013). Oil extraction optimization and kinetics from Moringa oleifera (PKM 1) seeds. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4(4), 2249–3050.
- Salimi, Y. K., Ischak, N. I., & Ibrahim, Y. (2019). Karakterisasi asam lemak hasil hidrolisis pada minyak biji kelor (*Moringa oleifera*) dengan metode kromatografi gas spektrofotokopi-massa. *Jambura Journal of Chemistry*, 1(1), 6–14. <https://doi.org/10.34312/jambchem.v1i1.2101>
- Zhang, Q. W., Lin, L. G., & Ye, W. C. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese Medicine (United Kingdom)*, 13(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>