

Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Lada Hitam (*Piper nigrum*) Secara Hidrodistilasi

*Kinetics of Black Pepper (*Piper nigrum*) Essential Oil Extraction by Hydrodistilation*

Shintawati^{1a*}, Analianasari^{1b}, Zukryandry^{1c}

^{1a)}Politeknik Negeri Lampung, Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Indonesia

^{1b)}Politeknik Negeri Lampung, Pengembangan Produk Agroindustri, Indonesia

^{1c)}Politeknik Negeri Lampung, Teknologi Pangan, Indonesia .

*email: shintawati@polinela.ac.id

Received: 01/09/20; Revised: 24/10/20; Accepted: 08/11/20

Abstrak

Lada hitam dikenal dengan nama *King of Spices* yang merupakan salah satu komoditi unggulan ekspor asal Provinsi Lampung. Lada hitam memiliki aroma dan rasa pedas yang khas. Kontribusi aroma berasal dari senyawa *volatile* yang terkandung pada minyak atsiri dalam lada hitam. Minyak atsiri lada diperoleh dari ekstraksi pelarut, hidrodistilasi, distilasi uap, distilasi fluida super kritik dan hidrodistilasi menggunakan *microwave*. Nilai konsentrasi minyak atsiri selama ekstraksi serta laju ekstraksi dapat diprediksi dari model kinetika. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari ekstraksi minyak atsiri lada hitam dan mengetahui model kinetika ekstraksi minyak atsiri lada hitam secara hidrodistilasi. Hidrodistilasi dilaksanakan selama 5 jam dengan pengambilan data setiap 15 menit. Hasil penelitian memperlihatkan kinetika ekstraksi lada hitam mengikuti model kinetika ekstraksi orde dua. Nilai parameter kinetika orde dua dari ekstraksi minyak atsiri lada hitam yaitu kapasitas ekstraksi minyak atsiri lada,Cs, laju awal ekstraksi, h, dan konstanta laju ekstraksi, k masing-masing adalah 4,9 gL⁻¹, 0,206 g L⁻¹menit⁻¹ dan 0,0086 g⁻¹L menit⁻¹ dan nilai determinasi sebesar 99,97%. Hasil eksperimen didapat perolehan ekstraksi sebesar 5,14%.

Kata kunci: ekstraksi; hidrodistilasi; kinetika; lada hitam; orde dua

Abstract

Black pepper known as the King of Spices is one of the leading export commodities from Lampung Province. Black pepper has a distinctive spicy aroma and taste. The aroma contribution comes from the volatile compounds contained in the essential oil of black pepper. Black pepper essential oil is obtained from solvent extraction, hydrodistillation, steam distillation, super critical fluid distillation and hydrodistillation using a microwave. The value of essential oil concentration during extraction and the extraction rate can be predicted from the kinetics model. The purpose of this research was to study the extraction of black pepper essential oil and to know the kinetics model of black pepper essential oil extraction by hydro distillation. Hydro distillation was carried out for 5 hours with data collection every 15 minutes. The results showed that the black pepper extraction kinetics followed the second order kinetics model. The second order kinetics parameter values of black pepper essential oil extraction were the extraction capacity of pepper essential oil, Cs, initial extraction rate, h, and extraction rate constant, k respectively. 4.9 g L⁻¹, 0.206 g L⁻¹minute⁻¹ and 0.0086 g⁻¹L minute⁻¹ and a determination value of 99.97%. The experimental yield extraction is 5.14%.

Keywords: black pepper; extraction; hydrodistillation; kinetic; second order

PENDAHULUAN

Lada hitam merupakan buah dari tanaman *Piper nigrum* yang telah dikeringkan yang memiliki rasa dan aroma yang khas. Lada hitam digunakan sebagai bahan pangan rempah, dan mengandung bioaktif yang memiliki manfaat bagi kesehatan antara lain meningkatkan kemampuan cerna terhadap makanan, untuk pengobatan batuk, memperbaiki permasalahan pernafasan, masalah otot jantung, diabetes, anemia serta berpotensi sebagai sediaan obat herbal analgesik, anti-inflamasi, antipiretik (Mohammed, 2016).

Minyak atsiri merupakan minyak yang mudah menguap pada tanaman, dan memiliki bau yang khas (Maharaj & McGaw, 2020) dan dapat dikatakan sebagai “*flavor fingerprint*” pada rempah-rempah (Ruth dkk., 2019). Minyak atsiri lada merupakan campuran senyawa-senyawa mudah menguap yang diperoleh dari distilasi biji lada kering. Minyak atsiri lada hitam mampu meringankan infeksi pernafasan (Kumoro dkk., 2010), meredakan ketegangan otot (Tran dkk., 2019) dan memiliki aktifitas antibakteri serta antijamur (Martinelli dkk., 2017).

Metode ekstraksi minyak atsiri dari tanaman telah banyak dikembangkan antara lain hidrodistilasi, distilasi uap, *microwave* hidrodistilasi dan ekstraksi *supercritical carbon dioxide* (Kumoro dkk., 2010; Maharaj & McGaw, 2020). Distilasi merupakan proses pemisahan komponen dalam hal ini minyak atsiri dari campurannya berdasarkan perbedaan titik didih (Nisa & Aminudin, 2019). Metode hidrodistilasi memiliki keunggulan yaitu proses operasional relatif sederhana, biaya pelarut yang rendah, aman bagi lingkungan dan biaya modal yang rendah (Tran dkk., 2019).

Kajian kinetika ekstraksi minyak atsiri dari tanaman telah banyak dilakukan. Maharaj & McGaw (2020) mengkaji model matematik ekstraksi uap minyak atsiri daun basil, berdasarkan perpindahan difusi dan konveksi simultan ke fasa uap. Andras dkk., (2015) mengemukakan kinetika hidrodistilasi minyak atsiri sejumlah tanaman dinyatakan dengan kinetika orde satu. Model kinetika ekstraksi minyak atsiri *sandalwood* menggunakan persamaan orde dua juga telah dikembangkan oleh Kusuma & Mahfud (2015) berdasarkan dua proses simultan yang terjadi selama ekstraksi. Karakter kinetika ekstraksi orde dua dicirikan dengan jumlah minyak atsiri yang meningkat cepat di awal ekstraksi dan menurun secara perlahan hingga berakhirnya proses ekstraksi (Kusuma & Mahfud, 2015).

Kajian model kinetika ekstraksi minyak atsiri lada hitam menggunakan ekstraksi *supercritical fluid* telah dilakukan oleh Ferreira dkk., (2002) dengan mengembangkan *model Lack Plug Flow* dan pendekatan mekanisme adsorpsi-desorpsi. Kinetika ekstraksi minyak atsiri penting untuk memahami fenomena, mengoperasikan, mengoptimasi, mengendalikan dan merancang distilasi di industri (Milojević dkk., 2013; Cassel dkk., 2009). Model kinetika berperan untuk mengkaji proses distilasi ditinjau dari teknologi dan keekonomisan proses.

Berdasarkan hasil kajian peneliti sebelumnya, kinetika ekstraksi minyak atsiri tanaman didekati oleh dua proses simultan yaitu difusi dan konveksi yang terwakili oleh model kinetika ekstraksi orde satu dan orde dua. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji ekstraksi minyak atsiri lada hitam secara hidrodistilasi menggunakan dua model kinetika yaitu

model kinetika ekstraksi orde satu dan orde dua serta mengetahui nilai parameter kinetika yang berkesesuaian.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap yaitu ekstraksi lada hitam menggunakan metode hidrodistilasi serta penentuan model dan parameter kinetika ekstraksi yang paling sesuai.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan *aquadest*, batu didih, dan lada hitam yang berasal dari petani lada di Desa Tegalminangun Kecamatan Sumberejo Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung.

Alat yang digunakan adalah seperangkat alat distilasi *Clavenger*, timbangan analitis, dan ayakan 40 mesh.

Penyiapan Bahan

Penyeragaman kadar air biji lada hitam dilakukan dengan menjemur biji lada hitam dibawah sinar matahari selama 2 hari hingga kadar air mencapai 12%, kemudian lada digiling dan di ayak menggunakan ayakan *40 mesh*.

Hidrodistilasi Lada Hitam

Sebanyak 35 gram lada hitam bubuk ditempatkan dalam labu didih 1 L dan diberi *aquadest* sebanyak 350 mL. Distilasi dilaksanakan pada 100°C selama 5 jam dengan pengamatan jumlah volume minyak atsiri yang terbentuk setiap 15 menit. Perolehan minyak atsiri dihitung menggunakan persamaan (1) (Kusuma & Mahfud, 2015).

y adalah rendemen minyak atsiri lada hitam (%), v adalah berat minyak atsiri lada hitam yang

terekstrak (g) dan w adalah berat lada hitam bubuk (g).

Model dan Parameter Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Lada Hitam

Model kinetika ekstraksi dapat dinyatakan sebagai berikut :

Model Kinetika Orde Satu

Kinetika ekstraksi orde satu bermakna perubahan konsentrasi minyak atsiri setiap saat merupakan fungsi dari selisih antara konsentrasi minyak atsiri dalam keadaan jenuh (C_s) dengan konsentrasi minyak atsiri lada (C_t) saat t (menit) yang dinyatakan pada persamaan (2) (Kusuma *dkk.*, 2017; Alara & Abdurahman, 2019).

$$\frac{dCt}{dt} = k_1(Cs - Ct) \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

dengan k_1 adalah konstanta laju ekstraksi minyak atsiri lada hitam orde satu (min^{-1}), C_s adalah konsentrasi minyak atsiri lada pada keadaan jenuh yang merupakan kapasitas ekstraksi minyak lada (g L^{-1}) dan C_t adalah konsentrasi minyak atsiri lada (g L^{-1}) saat t (menit).

Nilai konstanta laju dan kapasitas ekstraksi minyak atsiri orde satu diperoleh dengan mengintegrasikan persamaan (2) dengan kondisi kondisi batas $C_t = 0$ saat $t = 0$ dan $C_t=C_t$ saat $t = t$, sehingga diperoleh persamaan (3) berikut:

$$\ln \frac{Cs}{Cs-Ct} = k_1 t \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

Menurut Kusuma dkk. (2017), persamaan (3) dapat dinyatakan menjadi persamaan (4). Nilai konstanta laju ekstraksi dan kapasitas ekstraksi orde satu yaitu k_1 dan C_s diperoleh dari persamaan regresi linier antara data $\log(C_s - C_t)$ terhadap t .

$$\log(Cs - Ct) = \log Cs - \frac{k_1}{2,303} t \dots \dots \dots (4)$$

Model Kinetika Orde Dua

Mekanisme kinetika ekstraksi orde dua melibatkan dua proses simultan (Kusuma & Mahfud, 2015), diawali dengan peningkatan jumlah minyak atsiri yang terekstraksi dengan cepat dan diikuti dengan penurunan laju pembentukan minyak atsiri hingga tercapai keadaan kesetimbangan dimana tidak ada lagi penambahan volume minyak atsiri. Laju ekstraksi minyak atsiri lada hitam yang dinyatakan dengan kinetika orde dua dapat dilihat pada persamaan (5).

dengan k_2 adalah konstanta laju ekstraksi minyak atsiri lada hitam orde dua ($\text{g}^{-1} \text{ L} \text{ menit}^{-1}$).

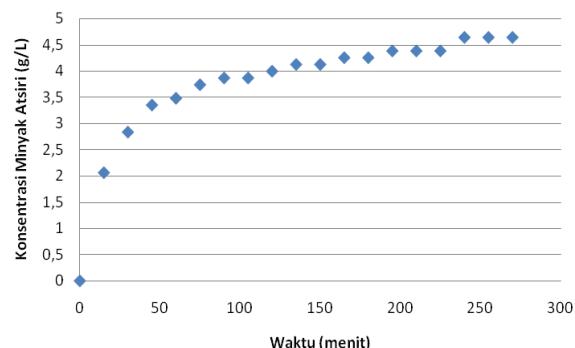
Persamaan (5) diintegrasikan dengan kondisi batas $Ct = 0$ saat $t = 0$ dan $Ct = Ct$ saat $t = t$ sehingga didapat persamaan (6).

Laju awal ekstraksi dapat dinyatakan dengan h , yaitu k_2Cs^2 dimana Cs merupakan kapasitas ekstraksi minyak atsiri (g L^{-1}) (Kusuma dkk., 2017). Nilai h , k_2 dan Cs diperoleh dari nilai slope dan intercept garis regresi linier antara data t terhadap t/Ct .

Kesesuaian model kinetika untuk ekstraksi minyak atsiri lada dievaluasi dari nilai koefisien korelasi, *R-square* dan nilai error yang diwakili oleh nilai MAPE (*Mean Absolute Persentage Error*), MPE (*Mean Persentage Error*), MAE (*Mean Absolute Error*), RMSE (*Root Mean Square Error*), dan MSE (*Mean Square Error*) dari masing-masing model kinetika (Alara & Abdurahman, 2019; Izadifar & Abdolahi, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi minyak atsiri lada meningkat secara cepat diawal proses ekstraksi hingga menit ke-50, dan melambat setelah menit ke-50. Konsentrasi minyak atsiri lada mencapai nilai maksimum pada menit ke 240 seperti terlihat pada Gambar 1, hal ini menandakan minyak atsiri mencapai keadaan jenuh (Milojević dkk., 2013).



Gambar 1. Konsentrasi Minyak Atsiri Lada Hitam (g/L)

Rendemen diakhir ekstraksi minyak atsiri lada hitam adalah 5,14%. Nilai rendemen minyak atsiri lada hitam tersebut lebih tinggi dari rendemen minyak lada asal Sajingan Kalimantan Barat, Marroco dan Vietnam masing-masing yaitu 1,27% (Anggraini *dkk.*, 2018), 1,45% (Rmili *dkk.*, 2014) dan 2,45% (Tran *dkk.*, 2019). Nilai rendemen minyak atsiri dipengaruhi spesies tanaman, lokasi tanam, umur panen dan metode distilasi (Rmili *dkk.*, 2014; Filly *dkk.*, 2014).

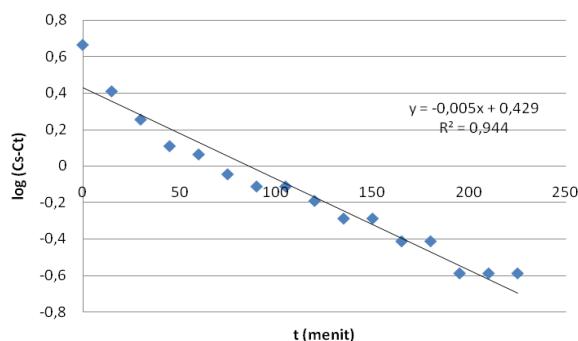
Peningkatan temperatur diawal ekstraksi mengakibatkan peningkatan tekanan yang terdapat di dalam bagian tanaman yang mengandung minyak atsiri dan pada tekanan tertentu mengakibatkan pecahnya dinding sel yang diikuti dengan pelepasan minyak atsiri (Maharaj & McGaw, 2020). Hal tersebut mengakibatkan laju ekstraksi minyak atsiri

Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Lada Hitam (*Piper nigrum*) Secara Hidrodistilasi

meningkat tajam diawal proses, kemudian diikuti dengan difusi minyak atsiri yang terdapat di bagian dalam bahan baku ke permukaan yang dicirikan dengan melambatnya laju ekstraksi. Fenomena laju ekstraksi yang tinggi diawal proses dan diikuti difusi minyak atsiri dari bagian dalam ke permukaan padatan menjadi ciri khas dari ekstraksi minyak atsiri yang berasal dari tanaman (Milojević dkk., 2013). Asumsi model kinetika yang diusulkan adalah penggabungan kedua fenomena diatas. Sehingga laju ekstraksi dapat didekati dengan beberapa persamaan kinetika yaitu orde satu dan orde dua.

Kinetika Ekstraksi Orde Satu

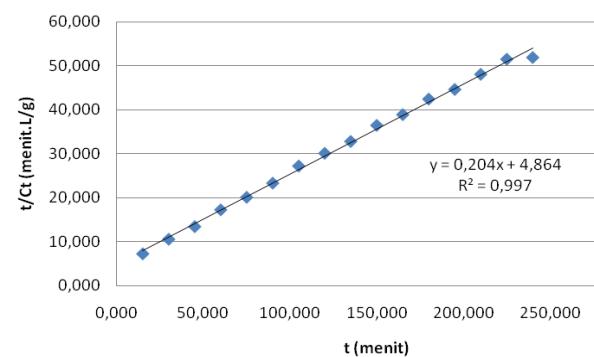
Hasil plot $\log (Cs - Ct)$ terhadap t sebagaimana Gambar 2 dan dengan menggunakan persamaan (4), diperoleh nilai *intercept* yang menyatakan besarnya nilai $\log Cs$, dimana Cs merupakan kapasitas ekstraksi. Nilai konstanta laju ekstraksi peroleh dari nilai kemiringan grafik pada Gambar 2 dikalikan dengan 2,303 (persamaan 4), sehingga diperoleh nilai laju ekstraksi dan kapasitas ekstraksi orde satu masing-masing sebesar $0,0115 \text{ (g.L}^{-1}\text{menit}^{-1})$ dan $2,685 \text{ (g.L}^{-1})$ dengan nilai *R-square* 0,9444.



Gambar 2. Kurva Model Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Lada Hitam Orde Satu

Kinetika Ekstraksi Orde Dua

Berdasarkan kurva pada Gambar 3, diperoleh *slope* sebesar 0,204, dari persamaan (6) didapat kapasitas ekstraksi minyak atsiri lada atau C_s model kinetika orde dua adalah $4,9 \text{ g L}^{-1}$. Sedangkan laju awal ekstraksi, h , yaitu $k_2 C_s^2$ diperoleh dari nilai *intercept* dan persamaan (6) yaitu $0,206 \text{ g L}^{-1}\text{menit}^{-1}$. Nilai konstanta laju ekstraksi orde dua, k_2 , diperoleh menggunakan persamaan (6) yaitu $0,0086 \text{ g}^{-1} \text{ L}^{-1}\text{menit}^{-1}$. Nilai *R-square* dari model ekstraksi orde dua ini adalah 0,997.



Gambar 3. Kurva Model Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Lada Hitam Orde Dua

Nilai koefisien determinasi, R^2 , dari kedua model yang diajukan, nilai R^2 model kinetika yang paling mendekati 1 adalah model kinetika orde dua. Hasil perhitungan beberapa fungsi eror terhadap masing-masing model kinetika tertera pada Tabel 1. Model kinetika orde dua memiliki nilai persentase MAPE dan MPE lebih kecil dari model kinetika orde satu, masing-masing sebesar 2,230% dan 0,271%. Hal tersebut selaras dengan nilai MAE, MSE dan RMSE, sehingga dapat disimpulkan kinetika ekstraksi minyak atsiri lada hitam mengikuti model kinetika ekstraksi orde dua.

Tabel 2 memperlihatkan kinetika ekstraksi minyak atsiri beberapa tanaman

Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Lada Hitam (*Piper nigrum*) Secara Hidrodistilasi

dengan mengikuti model kinetika orde dua dan konstanta laju ekstraksi, k maupun

konsentrasi minyak atsiri keadaan jenuh (Cs) dipengaruhi oleh spesies tanaman.

Tabel 1. Eror Model Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Lada Hitam

Model Kinetika	MAE	MSE	RMSE	MAPE (%)	MPE (%)
Orde Satu	0,238	0,488	0,698	45,32	14,60
Orde Dua	0,077	0,009	0,094	2,230	0,271

Tabel 2. Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Berbagai Tanaman

Tanaman	Metode	Orde	Cs (gL ⁻¹)	k	h (gL ⁻¹ min ⁻¹)	R ²	Ref.
Sandalwood	<i>Microwave Hydrodistilation</i>	2	0,6015	0,0642	0,0232	0,9597	Kusuma & Mahfud, 2015
Vertiver	<i>Microwave Hydrodistilation</i>	2	6,2189	0,0007	0,029	0,9427	Kusuma dkk., 2017
Lada hitam	Hidrodistilasi	2	4,9	0,0086	0,206	0,997	Penelitian ini

KESIMPULAN

Ekstraksi minyak atsiri lada hitam secara hidrodistilasi menghasilkan rendemen eksperimen sebesar 5,14% dengan kinetika ekstraksi mengikuti model kinetika orde dua. Nilai parameter kinetika ekstraksi minyak atsiri lada hitam yaitu kapasitas ekstraksi minyak atsiri lada,Cs, laju awal ekstraksi, h, dan konstanta laju ekstraksi, k masing-masing adalah 4,9 g L⁻¹, 0,206 g L⁻¹menit⁻¹ dan 0,0086 g⁻¹L⁻¹menit⁻¹, dengan nilai determinasi sebesar 99,7%. Berdasarkan penelitian ini perlu dikembangkan kajian untuk mendapatkan rendemen minyak atsiri yang optimal melalui penggunaan metode distilasi yang berbeda seperti *microwave hydrodistilation*.

DAFTAR RUJUKAN

Alara O. R. & Abdurahman N. H. (2019). Kinetics Studies On Effects Of Extraction Techniques On Bioactive Compounds From *Vernonia cinerea* Leaf. *J Food Sci Technol.*, 56, 580-588. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3512-4>.

Andras, C.D., Volf, I., Salamon R.,V., Barabas, I., & Szep, A. (2015). Influence of Extraction Methods On Caraway (*carum carvi* l.) Essential Oil Yield And Carvone/Limonene Ratio. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(2), 341-347.

<https://doi.org/10.30638/eemj.2015.034>

Anggraini, R., Jayuska, A., & Alimuddin, A.H. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Minyak Atsiri Lada Hitam (*Piper nigrum* l.) Asal Sajingan Kalimantan Barat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(4), 124-133.

Cassel, E.,Vargas, R.M.F., Martinez, N.,Lorenz, D. & Dellacassa, E. (2009). Steam Distillation Modeling for Essential Oil Extraction Process. *Industrial Crops And Products*, 29(1), 171–176. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.017>.

Filly, A., Fernandez. X., Minuti, M., Chemat, F., Visinoni, F., & Cravotto, G. (2014). Solvent-free Microwave Extraction Of Essential Oil From Aromatic Herbs : From Laboratory to Pilot And Industrial Scale. *Food Chemistry*, 150, 193–198.

Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Lada Hitam (*Piper nigrum*) Secara Hidrodistilasi

- [https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.139.](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.139)
- Izadifar, M., & Abdolahi F. (2006). Comparison Between Neural Network and Mathematical Modeling Of Supercritical CO₂ Extraction Of Black Pepper Essential Oil. *J. of Supercritical Fluids*, 38(1), 37–43.
[https://doi.org/10.1016/j.supflu.2005.11.012.](https://doi.org/10.1016/j.supflu.2005.11.012)
- Kumoro, A. C., Hasan, M. & Singh, H. (2010). Extraction of Sarawak Black Pepper Essential Oil Using Supercritical Carbon Dioxide. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 35(2B), 7-16.
<https://pdfs.semanticscholar.org/d7fd/f7cecf4a3e76>
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2015). Preliminary Study: Kinetics of Oil Extraction from Sandalwood by Microwave-assisted Hydrodistillation. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 15(2), 62–69.
<https://doi.org/10.22146/ajche.49687>
- Kusuma, H.S., Rohadi, T.I., Daniswara, E.F., Altway, A. & Mahfud. (2017). Preliminary Study: Comparison of Kinetic Models of Oil Extraction from Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) by Microwave Hydrodistillation. *Korean Chem. Eng. Res.*, 55(4), 574-577.
<https://doi.org/10.9713/kcer.2017.55.4.574>
- Maharaj, S. & McGaw, D. (2020). Mathematical Model for the Removal of Essential Oil Constituents during Steam Distillation Extraction. *Processes*, 8(400), 2-13.
[https://doi.org/10.3390/pr8040400.](https://doi.org/10.3390/pr8040400)
- Martinelli, L., Rosa, J.M., Ferreira C.,S.,B., Nascimento G.,M.,L., Freitas, M.S., Pizato, L.C., Santos W.,O., Pires, R.F., Okura, M.H., Malpass G.R.P., & Granato, A.C. (2017). Antimicrobial Activity And Chemical Constituents Of Essential Oils And Oleoresins Extracted From Eight Pepper Species. *Ciência Rural, Santa Maria*, 47(05), 1-7.
[http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160899.](http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160899)
- Milojević, S.Z., Radosavljević D.B., Pavićević V. P., Srđan,P., & Veljković V., B. (2013). Modeling The Kinetics of Essential Oil Hydrodistillation from Plant Materials. *Hemiska Industrija*, 67(5), 843-859.
[https://doi.org/10.2298/HEMIND121026009M.](https://doi.org/10.2298/HEMIND121026009M)
- Mohammed, G.J., Omran, A.,M., & Hussein H.M. (2016). Antibacterial and Phytochemical Analysis of *Piper nigrum* using Gas Chromatography – Mass Spectrum and Fourier-Transform Infrared Spectroscopy. International. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 8(6), 977-996.
http://impactfactor.org/PDF/IJPPR/8/IJPPR_Vol8_Issue6_Article14.pdf
- Nisa N., I. F. & Aminudin, A. (2019). Pengaruh Waktu Distilasi Etanol-Air Terhadap Konsentrasi Overhead Product dan Bottom Product. *Chemical Engineering Research Articles*, 2(1), 19-25.
<http://doi.org/10.25273/cheesa.v2i1.4469>
- Rmili R., Ramdani, M., Ghazi, Z., Saidi, N., & Mahi, B.E. (2014). Composition Comparison Of Essential Oils Extracted by Hydrodistillation and Microwave-Assisted Hydrodistillation from *Piper nigrum* L. *J. Mater. Environ. Sci.*, 5(5), 1560-1567.
https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol5/vol5_N5/167-JMES-917-2014-Rmili.pdf
- Ruth, S.M., Jensen M., Silvis, I.,C.,J., A, Ramos, M.E., Luning, P.A., Elliott, C.,T., & Alewijen, M. (2019), Cool comparison of black and white pepper grades. *Food Science and Technology*, 106, 122-127.

Kinetika Ekstraksi Minyak Atsiri Lada Hitam (*Piper nigrum*) Secara Hidrodistilasi

[https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.054.](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.054)

Tran, T.H., Ha L.K., Nguyen D.C., Nhan L.,T.,H., Nguyen D.,H., Nguyen T.,D.,Vo D.,V.,N., Tran , Q.T. & Bach L.G. (2019). The Study on Extraction Process and Analysis of Components in Essential Oils of Black Pepper (*Pipernigrum* L.) Seeds Harvested in Gia Lai Province,Vietnam. *Processes*, 7(56), 2-16.

<https://doi.org/10.3390/pr7020056>