

PENGEMBANGAN *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTOR* (MAE) PADA PRODUKSI MINYAK JAHE DENGAN KADAR ZINGIBERENE TINGGI

Helmy Purwanto

e-mail : helmy_uwh@yahoo.co.id

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Wahid Hasyim
Jl Menoreh Tengah X/22
Semarang

Indah Hartati

e-mail: indah_hartati@yahoo.co

Laeli Kurniasari

e-mail: laeli_kurniasari@yahoo.co.id

Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik
Universitas Wahid Hasyim
Jl Menoreh Tengah X/22
Semarang

Minyak jahe diketahui memiliki berbagai fungsi dan mempunyai nilai jual yang cukup tinggi. Permasalahan utama yang dihadapi industri minyak jahe di Indonesia adalah bahwa minyak jahe dari Indonesia tidak dapat memenuhi persyaratan karakteristik mutu yang ditentukan pada standar internasional yakni putar optik yang bernilai negatif akibat dari rendahnya kadar zingiberene minyak jahe. Kecilnya komposisi zingiberene pada minyak jahe Indonesia dikarenakan pada proses destilasi konvensional, zingiberene mengalami degradasi thermal. Alternatif proses produksi minyak jahe yang ditawarkan adalah proses produksi minyak jahe menggunakan teknologi *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Penelitian ini bertujuan menentukan kondisi optimum proses ekstraksi minyak jahe menggunakan teknologi MAE. Penelitian dilakukan melalui tahapan yang meliputi perancangan dan pabrikan ekstraktor berbasis gelombang mikro, studi produktivitas, penentuan variabel berpengaruh dan optimasi parameter proses. Variabel pada penelitian ini meliputi daya, rasio pelarut bahan baku dan waktu ekstraksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelarut yang sesuai bagi ekstraksi minyak jahe adalah etanol. Variabel berpengaruh pada proses ekstraksi minyak jahe menggunakan proses MAE adalah daya dan rasio pelarut-bahan baku. Hasil terbaik diperoleh pada ekstraksi menggunakan etanol pada daya 100W dan rasio pelarut-bahan baku 8:1 selama 1 jam. Minyak jahe hasil ekstraksi menggunakan proses MAE memiliki kadar zingiberene yang lebih besar dari kadar zingiberene yang dihasilkan dari proses ekstraksi dengan pemanasan konvensional. Namun demikian kadar zingiberene masih lebih rendah dari minyak jahe komersial. Nilai putar optik minyak jahe hasil ekstraksi menggunakan proses MAE masih bernilai positif.

Kata kunci : ekstraksi, MAE, minyak jahe, zingiberene

Pendahuluan

Jahe adalah salah satu rempah-rempah yang banyak digunakan untuk konsumsi dan juga untuk kesehatan. Selain itu, kandungan minyak atsiri jahe juga merupakan salah satu peluang usaha peningkatan nilai ekonomis jahe.

Indonesia sendiri merupakan salah satu dari lima besar negara pengekspor jahe di dunia. Ekspor Indonesia akan komoditas jahe rata-rata meningkat 32.75 % per tahun. Data tahun 2002 menunjukkan volume ekspor jahe mencapai 43.193 ton (BPS 2002). Walaupun volume ekspor jahe cukup tinggi, sebagian besar ekspor jahe masih dalam bentuk bahan mentah (rimpang jahe segar) dan setengah jadi (jahe asinan dan jahe kering). Hingga saat ini Indonesia belum banyak memanfaatkan peluang ekspor minyak jahe. Ekspor jahe dalam bentuk olahan (minyak jahe, oleoresin jahe) masih kecil. Data ekspor minyak jahe hanya 0,4 % dari total ekspor minyak atsiri Indonesia (Hadipoentiyanti, 2005)

Minyak jahe diketahui memiliki berbagai fungsi, diantaranya digunakan dalam industri kosmetik, makanan, aromaterapi dan farmasi. Oleh karenanya minyak atsiri yang dihasilkan dari tanaman jahe mempunyai nilai yang cukup tinggi di pasar dunia. Harga minyak jahe di pasar Eropa asal Cina \$ US 65 per kg dan minyak yang sama asal India \$ US 85 per kg (Public Ledger, 2006).

Permasalahan utama yang dihadapi industri minyak jahe di Indonesia adalah bahwa minyak jahe dari Indonesia tidak dapat memenuhi persyaratan karakteristik mutu yang ditentukan pada standar internasional (Tabel 1). Dari semua parameter mutu yang ditentukan, ternyata nilai putaran optik minyak sangat berbeda dengan standar yang berlaku, dimana besaran putaran optik yang dikehendaki bernilai negatif (-), sementara angka yang diperoleh dari ketiga contoh minyak jahe berikut (termasuk diantaranya jahe dari Jawa Tengah) bernilai positif (+) (Ma'mun, 2006).

Tabel 1. Karakteristik Minyak Jahe

Karakteristik	Minyak Jahe			Standar Internasional ISO 7355
	Jawa Tengah	Lampung	Eksportir	
Berat Jenis	0.8965	0.8959	0.8916	0.870-0.890
Indeks Bias	1.4890	1.4878	1.4868	1.480-1.490
Putaran Optik	+12° 40'	+10° 30'	+6° 20'	(-20°) – (-45°)
Kelarutan dlm Etanol 90%	Larut 1:7	Larut 1:5	Larut 1:5	Larut 1:4
Bilangan Asam	2.40	2.82	2.16	2.00-5.00
Bilangan Ester	10.20	16.85	20.45	10-40

Sumber : Ma'mun 2006

Menurut Guenther (1952), minyak jahe mengandung banyak senyawa kimia, diantaranya zingiberene, kamfen, curcumene, fellandren, sitral, sineol dan zingiberol. Anon (1985) menunjukkan bahwa senyawa zingiberen mempunyai sifat putaran optik negatif, sementara kamfen dan curcumene bersifat putar optik positif.

Minyak atsiri di Indonesia memiliki nilai putar optik positif, hal tersebut disebabkan minyak jahe yang dihasilkan dari proses destilasi memiliki kandungan zingiberene yang kecil dibandingkan camphene dan curcumene. Hal tersebut berlawanan dengan minyak jahe komersial yang memenuhi standar internasional dimana nilai putar optiknya bernilai negatif karena memiliki kandungan zingiberene yang lebih besar dibandingkan kandungan curcumene dan camphene. Hubungan antara nilai putar optik yang menyatakan kemurnian suatu minyak atsiri, dalam hal ini minyak jahe, dengan kandungan zingiberene juga dinyatakan oleh Koroch, 2007. Hasil penelitian Koroch dkk menunjukkan bahwa minyak jahe Madagaskar memiliki nilai putar positif, dan minyak jahe tersebut memiliki kandungan zingiberene dan kandungan camphene dan curcumene yang kecil.

Kecilnya komposisi zingiberene pada minyak jahe Indonesia dikarenakan pada proses destilasi konvensional, zingiberene mengalami degradasi thermal. Zingiberene merupakan senyawa yang bersifat thermolabile (Agarwal, 2001). Proses destilasi konvensional membutuhkan waktu antara 10-18 jam untuk menghasilkan minyak jahe. Proses tersebut meningkatkan resiko terjadinya degradasi thermal pada zingiberene. Seiring dengan panjangnya waktu yang diperlukan untuk proses destilasi, maka energi yang diperlukan untuk pemanasan juga semakin tinggi. Apalagi saat ini

sebagian besar penyulingan minyak atsiri memakai bahan bakar minyak tanah yang harganya sudah sedemikian tinggi sehingga proses menjadi kurang ekonomis.

Guna mengatasi permasalahan tersebut diperlukan alternatif proses produksi minyak jahe yang tepat. Alternatif proses tersebut harus mampu mengekstrak minyak jahe dengan cepat sehingga meminimalkan penggunaan energi dan memiliki kontrol terhadap temperatur mengingat minyak jahe memiliki kandungan senyawa zingiberene yang bersifat thermolabil. Dengan demikian, bila senyawa zingiberene tidak terdegradasi selama proses ekstraksi maka diperoleh kandungan zingiberene yang tinggi dalam minyak jahe. Kandungan zingiberene yang lebih tinggi dibandingkan kandungan camphene dan curcumene akan menyebabkan minyak jahe memiliki nilai putar optik negatif.

Alternatif proses produksi minyak jahe yang ditawarkan adalah proses produksi minyak jahe menggunakan teknologi Microwave Assisted Extraction (MAE). MAE merupakan teknik untuk mengekstraksi bahan-bahan terlarut di dalam bahan tanaman dengan bantuan energi gelombang mikro. Teknologi tersebut cocok bagi pengambilan senyawa yang bersifat thermolabil karena memiliki kontrol terhadap temperatur yang lebih baik dibandingkan proses pemanasan konvensional. Selain kontrol suhu yang lebih baik, MAE juga memiliki beberapa kelebihan lain, diantaranya adalah waktu ekstraksi yang lebih singkat, konsumsi energi dan solvent yang lebih sedikit, yield yang lebih tinggi, akurasi dan presisi yang lebih tinggi, adanya proses pengadukan sehingga meningkatkan fenomena transfer massa, dan setting peralatan yang menggabungkan fitur soklet dan kelebihan dari microwave.

Perumusan Masalah

Rancangan proses produksi minyak jahe dengan kandungan zingiberene yang lebih tinggi menggunakan teknologi MAE sampai saat ini belum tersedia. Salah satu permasalahan adalah bagaimana rancangan proses dan sistem pemroses dengan menggunakan MAE serta studi produktivitas dan penentuan kondisi proses optimum yang dapat menghasilkan minyak jahe dengan kandungan zingiberene yang tinggi. Untuk itu perlu ditelaah rancangan proses dan sistem pemroses ekstraksi minyak jahe dengan menggunakan MAE, pemilihan pelarut dan pencarian kondisi proses yang optimum, sehingga diperoleh produk minyak dengan yield dan kandungan zingiberene yang tinggi. Guna mendapatkan kondisi operasi yang optimum bagi proses ekstraksi minyak jahe dengan menggunakan MAE, maka perlu dilakukan penelitian berkaitan dengan variabel proses lain yang mempengaruhi proses ekstraksi, diantaranya rasio pelarut-bahan baku, temperature, waktu ekstraksi dan daya microwave.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menentukan kondisi optimum proses ekstraksi minyak jahe menggunakan teknologi MAE. Hipotesisnya adalah dengan diterapkannya teknologi MAE, waktu ekstraksi jauh lebih singkat sehingga mengurangi pemakaian pelarut dan konsumsi energi.

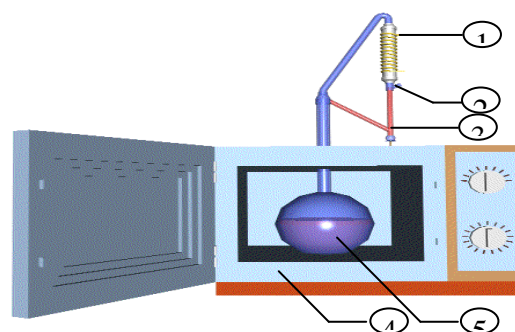
Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan, penelitian direncanakan dilaksanakan secara bertahap meliputi:

1. Perancangan, modifikasi dan pabrikan alat.
2. Penentuan variabel berpengaruh.
3. Penentuan kondisi optimum proses ekstraksi minyak jahe

Perancangan dan Pabrikan Ekstraktor Berbasis Mikrowave

Perancangan, modifikasi dan pabrikan ekstraktor berbasis teknologi MAE skala laboratorium dikerjakan di Workshop Teknik Mesin UNWAHAS Semarang. Ekstraktor MAE termodifikasi (Gambar 4) berupa seperangkat alat oven jenis mikrowave yang akan dilengkapi dengan seperangkat ekstraktor terdiri dari labu leher rendah dan kondensor.



Gambar 1. Ekstraktor berbasis gelombang mikro jenis vessel terbuka

Keterangan :

1. Pendingin
2. Minyak atsiri
3. Fase cair
4. Microwave
5. Pelarut dan jahe

Penentuan Variabel Berpengaruh Variabel Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan variabel berubah meliputi rasio pelarut-bahan baku, waktu ekstraksi dan daya. Tetapan pada penentuan variabel berpengaruh adalah berat rimpang sebesar 200 gr, dan ketebalan irisan rimpang jahe sebesar 1 cm. Penentuan variabel berpengaruh dilakukan menggunakan metode faktorial design 2 level. Data batas bawah dan batas atas pada masing-masing variabel disajikan pada Tabel 2, sedangkan tempuhan percobaan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Data batas atas dan batas bawah experimental design

Variabel	Batas Bawah	Batas Atas
Rasio pelarut-bahan baku (A)	1:5	1:10
Waktu (B)	30	60
Daya (C)	100	300

Tabel 3. Tempuhan Factorial Design

Run	Variabel		
	Daya	Waktu Ekstraksi	Rasio pelarut-bahan baku
1	100	30	1:5
2	300	30	1:5
3	100	60	1:5
4	300	60	1:5
5	100	30	1:10
6	300	30	1:10
7	100	60	1:10
8	300	60	1:10

Prosedur Percobaan

Rimpang jahe segar dibersihkan dari kotoran dan iris dengan ketebalan sesuai tetapan. 200 gram rimpang jahe yang telah diiris dimasukkan kedalam labu, ditambahkan 300 ml pelarut dan diekstraksi dalam ekstraktor berbasis mikrowave pada daya 100W selama 30 menit. Setelah proses ekstraksi berakhir, campuran ekstraksi disaring dan filtratnya didistilasi. Selanjutnya minyak dimurnikan menggunakan alkohol murni (etanol). Minyak hasil ekstraksi dianalisa sifat fisika kimia dan dianalisa komposisi kimianya.

Penentuan Kondisi Optimum Proses

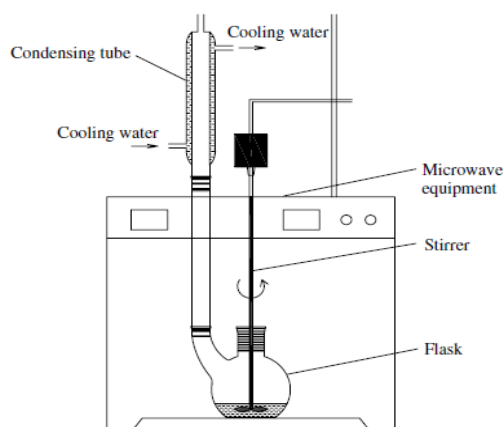
Penentuan kondisi optimum proses dilakukan dengan mengoptimasi variabel paling berpengaruh yang telah diketahui berdasarkan analisa data dari tahap penentuan variabel berpengaruh menggunakan faktorial design 2 level. Penentuan kondisi optimum proses dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analisa Jurusan Teknik Kimia Universitas Wahid Hasyim Semarang.

Hasil Dan Pembahasan

Perancangan dan Pabrikasi Alat

Ekstraktor berbasis gelombang mikro didesign berdasar studi literatur dari beberapa jurnal mengenai ekstraksi berbantu gelombang mikro. Wang dkk (2007) menyajikan design modifikasi mikrowave domestik yang diaplikasikan dalam ekstraksi pektin (Gambar 2). Ekstraktor berbantu gelombang mikro yang digunakan dalam penelitian ini didesign berdasar design oleh Wang dkk (2007). Ekstraktor berbasis gelombang mikro yang dipabrikasi berupa mikrowave domestik yang dilengkapi labu, pengaduk dan pendingin. Ekstraktor

berbantu gelombang mikro disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Design Ekstraktor Berbasis Gelombang Mikro (Wang dkk, 2007)



Gambar 3. Ekstraktor Berbantu Gelombang Mikro

Penentuan variabel berpengaruh

Variabel berpengaruh proses ditentukan dengan metode factorial design 2 level. Tabel 4 menyajikan data rendemen minyak jahe yang dihasilkan pada running penentuan variabel berpengaruh. Berdasarkan hasil perhitungan efek

utama dan efek interaksi (Tabel 5), dapat disimpulkan bahwa variabel yang berpengaruh adalah daya dan volume pelarut (AC).

Wang dkk. (2010) melakukan ekstraksi flavanoid dari *Radix puerariae* dengan menggunakan metode ekstraksi dengan microwave. Penentuan variabel berpengaruh dilakukan menggunakan design eksperimen ortogonal. Proses ekstraksi flavanoid dari *Radix puerariae* menggunakan ekstraksi gelombang mikro dipengaruhi oleh konsentrasi pelarut (etanol), volume pelarut, daya dan waktu ekstraksi. Sementara itu, Xiao xing dkk. (2005) menyatakan bahwa pada ekstraksi polisakarida dari *Solanum nigrum* menggunakan ekstraksi gelombang mikro, volume pelarut (rasio solid-liquid) berpengaruh lebih besar dibandingkan waktu ekstraksi dan daya microwave.

Tabel 4. Hasil percobaan pada penentuan variabel berpengaruh

Daya	Variabel		Respon
	Waktu Ekstraksi	Rasio solid-liquid	
100	30	1:5	1.05
300	30	1:5	0.80
100	60	1:5	0.97
300	60	1:5	0.67
100	30	1:10	0.82
300	30	1:10	1.02
100	60	1:10	0.85
300	60	1:10	0.90

Tabel 5. Identitas dan harga efek

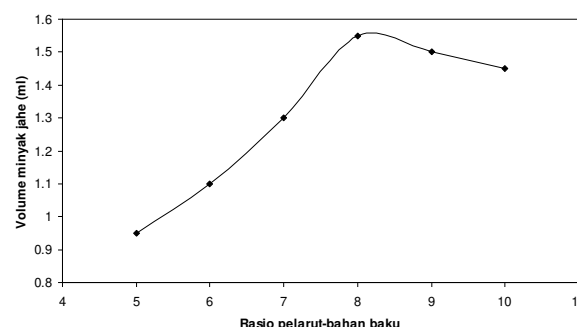
Identitas efek	B	C	BC	ABC	A	AB	AC
Harga efek	0.03	-0.08	-0.03	-0.05	0.025	-0.07	0.2

Optimasi Parameter proses

Pengaruh rasio pelarut-bahan baku

Volume pelarut merupakan hal yang harus diperhatikan dalam suatu proses ekstraksi. Volume pelarut harus cukup guna meyakinkan bahwa seluruh bahan terendam dalam pelarut (Mandal dkk., 2007). Umumnya dalam teknik ekstraksi konvensional, rasio pelarut-bahan baku yang lebih besar akan meningkatkan perolehan ekstrak, namun dalam ekstraksi gelombang mikro rasio pelarut-bahan baku yang lebih besar dapat mengakibatkan turunnya perolehan ekstrak (Mandall dkk., 2007; Chen dkk., 2007; Pan dkk., 2001; Wang dkk., 2010). Selain berakibat pada turunnya rendemen, dari segi ekonomis, jumlah pelarut yang berlebih juga tidak menguntungkan karena berakibat pada tingginya biaya bahan baku dan pemurnian.

Guna mengetahui pengaruh rasio pelarut-bahan baku terhadap hasil ekstraksi minyak jahe, percobaan dilakukan dengan meningkatkan rasio pelarut-bahan baku dari 5:1-10:1. Data pengaruh rasio pelarut-bahan baku terhadap volume minyak jahe hasil ekstraksi disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh rasio pelarut-bahan baku terhadap rendemen

Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil tertinggi dicapai pada ekstraksi dengan rasio pelarut-bahan baku 8:1. Ekstraksi dengan rasio pelarut-bahan baku lebih besar dari 8:1 menghasilkan perolehan ekstrak yang lebih rendah. Hal itu mungkin disebabkan pada rasio pelarut-bahan baku yang lebih tinggi, volume pelarut jauh lebih banyak, demikian juga dengan volume air yang terdapat didalam campuran pelarut. Adanya air yang berlebih mengakibatkan terjadinya pembengkakan berlebih (excessive swelling) pada material yang diekstraksi yang berakibat timbulnya thermal stress yang berlebih yang disebabkan oleh timbulnya panas yang cepat pada larutan akibat dari penyerapan gelombang mikro oleh air Thermal stress yang

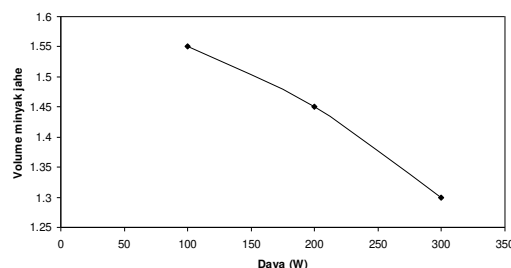
berlebih akan berakibat negatif terhadap senyawa-senyawa fitokimia (Chen dkk., 2007; Wang dkk., 2010).

Hasil senada disampaikan beberapa peneliti, diantaranya Chen dkk. (2007) dan Wang dkk. (2010). Chen dkk. (2007) melaporkan bahwa pada ekstraksi triterpenoid saponin dari *Ganoderma atrum* dengan menggunakan etanol 70%, rendemen optimum dicapai pada rasio pelarut-bahan baku 25:1. Wang dkk. (2010) melaporkan bahwa pada rasio pelarut-bahan baku lebih dari 30:1, rendemen flavanoid dari ekstraksi berbantu gelombang mikro adalah cenderung semakin turun.

Pengaruh Daya

Daya pada alat pembangkit gelombang mikro serta lama waktu ekstraksi merupakan dua faktor yang saling mempengaruhi. Kombinasi daya yang rendah dan waktu ekstraksi yang panjang merupakan pilihan yang bijak mengingat kombinasi tersebut dapat menghindari terjadinya degradasi termal produk (Mandal dkk., 2009). Secara umum, efisiensi ekstraksi meningkat seiring dengan meningkatnya daya mikrowave dari 30-150 W (Shu dan Ko, 2003). Meningkatnya efisiensi pada daya rendah dicapai pada ekstraksi dengan durasi yang singkat. Namun demikian pada daya yang lebih tinggi (400-1200W), variasi daya tidak memberikan pengaruh yang nyata pada rendemen ekstraksi (Gao dkk., 2006).

Pada penelitian ini hasil terbaik diberikan pada ekstraksi dengan daya mikrowave yang rendah yakni 100 W. Semakin tinggi daya yang digunakan, maka perolehan ekstrak semakin rendah (Gambar 5).



Gambar 5. Pengaruh daya terhadap volume minyak jahe

Turunnya perolehan ekstrak minyak jahe pada ekstraksi dengan daya yang lebih tinggi disebabkan pada daya yang tinggi minyak jahe yang bersifat volatil menguap. Hasil yang senada dilaporkan oleh Fernandes dkk. (2001). Mereka mengeskrak senyawa organoklorin dari sedimen laut. Ekstraksi senyawa organoklorin pada daya yang lebih tinggi mengakibatkan turunnya perolehan ekstrak. Fernandes dkk. (2001) menyatakan bahwa energi gelombang mikro mempengaruhi laju ekstraksi dan juga berpengaruh terhadap penguapan senyawa analit. Turunnya perolehan ekstrak pada ekstraksi senyawa organoklorin mungkin disebabkan terjadinya penguapan senyawa organoklorin akibat kenaikan temperatur yang tinggi selama proses ekstraksi pada daya tinggi.

Karakteristik minyak jahe

Karakteristik minyak jahe hasil ekstraksi dengan teknik microwave assisted extraction, yang meliputi berat jenis, indeks bias, putaran optik, kelarutan dalam etanol serta kandungan zingiberene disajikan pada Tabel 6

Tabel 6. Perbandingan karakteristik beberapa minyak jahe

Parameter	Penelitian ini	Jawa Tengah	Standar Internasional	Komersial 1	Malagasy
Berat Jenis	0,885	0.896	0.870-0.890	0,8803	0,936
Indeks Bias	1,488	1.489	1.480-1.490	1,4884	1,4927
Putaran Optik	+04 ° 30'	+12 ° 40'	(-20°) – (-45°)	-33,9	11,4
Kelarutan dlm Etanol	Larut 1:6	Larut 1:7	Larut 1:4	-	-
Kandungan zingiberene	19,79%	-	-	36,2%	5,2%

Tabel 6 menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan minyak jahe komersial, kadar zingiberene minyak jahe yang dihasilkan

pada penelitian ini masih lebih rendah, dan putaran optiknya masih positif. Namun demikian nilai putaran optiknya lebih rendah dibandingkan dengan

minyak jahe dari Jawa Tengah yang diperoleh melalui proses hidrodistilasi.

Kandungan zingiberene yang diperoleh dari proses ekstraksi dengan pemanasan gelombang mikro ini lebih besar dibandingkan kandungan zingiberene yang diperoleh dari proses ekstraksi dengan pemanasan konvensional. Setia (2009) mengekstrak minyak jahe menggunakan solven heksan melalui proses ekstraksi dengan pemanasan konvensional. Setia (2009) melaporkan bahwa kandungan zingiberene yang diperoleh dari ekstraksi selama 5,5 jam adalah mencapai 14,9%.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelarut yang sesuai bagi ekstraksi minyak jahe adalah etanol. Variabel berpengaruh pada proses ekstraksi minyak jahe menggunakan proses MAE adalah daya dan rasio pelarut-bahan baku. Hasil terbaik diperoleh pada ekstraksi menggunakan etanol pada daya 100W dan rasio pelarut-bahan baku 8:1 selama 1 jam. Minyak jahe hasil ekstraksi menggunakan proses MAE memiliki kadar zingiberene yang lebih besar dari kadar zingiberene yang dihasilkan dari proses ekstraksi dengan pemanasan konvensional. Namun demikian kadar zingiberene masih lebih rendah dari minyak jahe komersial. Nilai putar optik minyak jahe hasil ekstraksi menggunakan proses MAE masih bernilai positif.

Daftar Pustaka

- Agarwal, N., 2001, "Insect growth inhibition, antifeedant and antifungal activity of compounds isolated/derived from *Zingiber officinale* Roscoe (ginger) rhizomes", NCBI
- Anonimous, 1985. The Merck Index
- Anonimous. 1989. "Vademekum Bahan Obat Alam" Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta. 411 Hal.
- Anonim, 1999, "Mengenal Budidaya Jahe dan Prospek Jahe" Koperasi Daar El-Kutub, Jakarta
- Anon., 2002. "Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia. Impor." Biro Statistik, Jakarta.
- Anon., 2003. "Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia." Impor. Biro Statistik, Jakarta.
- Anon, 2003, "Potensi Investasi Sektor Pertanian", Departemen Pertanian Tanaman Pangan Jawa Tengah.
- Chen, Y., Xie, M.Y., Gong, X.F., 2007, Microwave Assisted Extraction Used for the Isolation of Total Triterpenoid Saponins from *Ganoderma atrum*, *Journal of Food Engineering*, 81:172-170.
- Clark, D. E., and Sutton, W. H., 1996, "Microwave processing of materials" *Annual Reviews Mater. Sci.* 26, 299-331
- Dwiarto, Msi., 2007, "Minyak Atsiri Harta Karun yang Terabaikan" *Chemistry Study Center UII*
- Faleh, S.B., 2009, Pengambilan Oleoresin dari Ampas Jahe dengan Proses Ekstraksi, *Jurnal Teknik Vol 30 No 3*.
- Fernandes, A.E., Ferrera, Z.S., Rodriquez, J.J.S., 2001, MAE of Organochlorine Compounds in Marine Sediments With Organized Molecular Systems, *Chromatographia*, 53:357-379.
- Gao, M., Song, B., Lin, C., 2006, Dynamic Microwave Assisted Extraction Of Flavonoids From *Saussurea Medusa* Maxim. Cultured Cells, *Biochemical Engineering Journal*, 332: 79-83.
- Guenther, E., 1952. "The essential Oils Volume 5" D. Van Nostrand Company Inc. New York. 420 pp.
- Hadipoentiyanti, E., 2005, "Prospek Pengembangan Tanaman Penghasil Minyak Atsiri Baru dan Potensi Pasar" Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik
- Kang, J.H., Chung, S.T., Row, K.H., 2001, Estimation of Solubility of the Useful Components in Some Natural Product, *Journal of the Korean Institute of Chemical Engineers*, 39 (4):390-396.
- Kerem, Z., 2005, "Microwave Assisted Extraction of Saponin" *J. Food Science*
- Ko, Y.H., Hsu, K.W., 2009, Dioscorin Protects Tight Junction Protein Expression in A549 Human Airway Epithelial Cells From Dust Mite Damage, *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 42:457-463.
- Koroch, A., 2007, "Quality Attributes of Ginger and Cinamon from Madagascar" *ASHS Press*
- Lucchesi, M. E.; Chemat, F.; Smadja, J. 2004, "Pelarut-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs:

- comparison with conventional hydro-distillation. " J. Chromatography
- Ma'mun 2006, "Karakteristik Minyak Atsiri Dari Famili Zingibereceae Dalam Perdagangan " Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika
- Mandal, V., Mohan, Y., Hemalatha, S., 2007, Microwave Assisted Extraction-An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research, *Pharmacognosy Reviews*, 1(1):18.
- Mandal, V., Dewanje, S., Mandal, S.C., 2009, Microwave Assisted Extraction of Total Bioactive Saponin Fraction from *Gymnema sylvestre* with Reference to *Gymnemagenin*, *Phytochemical Analysis*, 491-497.
- Mattina, M. J. I., Berger, W. A. I., and Denson, C. L. (1997). "Microwave-assisted extraction of taxanes from *Taxus* biomass" *Journal of Agricultural & Food Chemistry* 45, 4691-4696.
- Mingos, D. M. P., and Baghurst, D. R. (1991). "Application of microwave dielectric heating effects to synthetic problems in chemistry". *Chem. Soc. Rev.* 20, 1-47.
- Pan,N 2003' "Microwave Assisted Extraction of Caffeine and Polyphenol of *Camelia Sinensis* " *Ind.Eng.Chem*
- Publick Ledger,2006," Daily Market Price" *Agra Informa Ltd. Kent,UK*
- Rostiana,O., 2005, "Budidaya Tanaman Jahe " Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika
- Ramanadhan B,2005,"Microwave Assisted Extraction of Black Pepper Essential Oil " *Sascatoon,Canada*
- Sastromidjojo, 2005,"Ekspor Jahe Terbentur Musim", *Info Agribisnis Trubus*
- Shu, Y.Y., Ko, M.Y., 2003, Microwave Assisted Extraction of Ginsenosides from Ginseng Root, *Microchemical Journal*, 74:131-139.
- Stefanis, E., Panayiotou, C., 2008, Prediction of Hansen Solubility Parameter With a New Group Contribution Method, *International Journal of Thermophysics*, 29:568-585.
- Wang, S., Chen, F., Wu, J., Wang, Z., Hu, X., 2007, Optimization of Pectin Extraction Assisted by Microwave from Apple Pomace, *Journal of Food Engineering* 78:693-700.
- Wang, Y.L., Xi, G.S., Zheng, Y.C., Miao, F.S., 2010, Microwave Assisted Extraction from Chinese herb *Radix puerariae*, *Journal of Medicinal Plant Research*, 4(4):304-308.
- Weerachai Phutdhawong ,'' Microwave-Assisted Isolation of Essential oil of *Cinnamomum iners* Reinw. ex Bl.: Comparison with Conventional Hydrodistillation ", *Molecules Journal*
- Xiao Qing, C., Qin, L., Fan, Z., 2005, Microwave Assisted Extraction of Polysaccharides from *Solanum nigrum*, *Journal of Central and South University Technology*, 12(5): 556-560