Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 2, No. 4, Tahun 2013, Halaman 32-40
Online di: http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki

PROSES EKSTRAKSI REAKTIF MINYAK JAHE DENGAN KATALIS HCL DENGAN BERBANTUKAN GELOMBANG ULTRASONIK

Dian Arofisma, Maharani Kusumaningrum, Abdullah *)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax : (024) 7460058

Abstrak

Konsumsi minyak atsiri semakin meningkat terutama dalam industri farmasi. Salah satu jenis minyak atsiri yaitu minyak jahe (Zingiber officinale). Reaksi utama produksi minyak jahe adalah reaksi esterifikasi. Reaksi ini berlangsung relatif lambat, dan belum sempurna sehingga membutuhkan banyak katalis dan alkohol. Pada penelitian ini dilakukan pengujian konversi yang diharapkan kandungan minyak jahe yang bersifat asam dapat berkurang tingkat keasamannya dan dapat diperoleh dengan reaksi pembuatan minyak atsiri berbantukan gelombang ultrasonik. Tujuan dari penelitian ini adalah adalah memperoleh kondisi optimum yaitu suhu, konsentrasi katalis terhadap berat metanol, perbandingan berat jahe dan metanol, dan yield pada proses produksi minyak jahe berbantukan gelombang ultrasonik; menentukan variabel paling berpengaruh, yang meliputi suhu, konsentrasi katalis terhadap berat metanol, dan perbandingan berat jahe dan methanol; memperoleh karakteristik minyak jahe yang dihasilkan dengan kadar asam yang rendah; dan mengetahui kandungan zingerone pada minyak jahe. Percobaan dilakukan dengan menggunakan ultrasonic cleaner dengan frekuensi 40 kHz, serta waktu reaksi 60 menit. Sebagai peubah bebas antara lain perbandingan berat jahe/metanol 1:8,1:10,1:12, rasio konsentrasi katalis/metanol 2% berat metanol, 3% berat metanol, dan 4 % berat metanol, serta variasi suhu reaksi pada suhu 40^{0}C, 60^{0}C, 80 ^{0}C.Variabel optimum berdasarkan pengolahan data metode central composite design didapatkan rasio perbandingan jahe terhadap metanol 1 : 9,72 dengan konsentrasi katalis 3,21 % x berat metanol, dan temperatur operasi 65,92 ^{o}C, sehingga diperoleh yield optimum 67,09 %.

Kata kunci: minyak atsiri; gelombang ultrasonik; minyak jahe.

Abstract

The increased consumption of essential oil is mainly used in the pharmaceutical industry. One type of the essential oil is ginger oil (Zingiber officinale). The main of reaction to produce ginger oil is esterification reaction. The reaction takes place relative slowly, and it doesn't occur perfectly so it needs many catalyzes and alcohol.This research is expected can reduce the acid level of ginger oil and it can be obtained by the reaction of ginger oil product assisted by ultrasonic waves. The aim of this research is to obtainoptimumconditions forginger oilproductionprocesswithultrasonicwaveswhich includesa variabletemperature, catalyst concentrationto the weight ofmethanol, and theweight ratio ofmethanolbyweight ginger, to determine the most variables effect are temperature, catalyst concentrationto the weight ofmethanol, and theweight ratio ofmethanolbyweight ginger, toacquirethe characteristics ofginger oilgenerated with low acid level, and to know zingerone component in ginger oil. The research is done by ultrasonic cleaner with frequency of 40 KHz, time for reaction is 60 minutes. In this research, the variabels include the ratio of weight ginger with methanol 1:8, 1:10, 1:12, the catalyst of 2% methanol(wt),3% methanol(wt), 4% methanol(wt), And the reaction of variable temperature of 40^{0}C, 60^{0}C, 80^{0}C. The optimum variables with central composite design are the ratio of weight ginger with methanol 1:9,72; the catalyst of 3,21 % methanol(wt), And the reaction of variable temperature of 65,92^{0}C so it has getting an optimum yield 67,09%. highest of ginger oil conversion obtained were 64,97%, with ginger : metanol of 1:10, catalyst of 3% and operation temperature of 60^{o}C.

Keyword : essential oils;ginger oil ; ultrasonic wave

**) Penulis Penanggung Jawab*

1. Pendahuluan

Salah satu jenis minyak atsiri yaitu minyak jahe *(Zingiber officinale).* Penggunaan jahe kini semakin meluas pada industri farmasi. Jahe menjadi bahan baku utama dalam obat pelega pernafasan, antimual, penurunan kadar kolestrol, penurunan darah tinggi, dan penyembuhan tumor. Zat yang terkandung dalam jahe salah satunya adalah gingerol. Gingerol bermanfaat sebagai obat antimual, penyembuhan tumor, luka usus, dan sebagai penjaga hati (*hepotoprotektif*). Senyawa keton bernama g*ingeron*, yang menyebabkan rasa dominan pedas. Di samping itu minyak jahe dapat digunakan sebagai obat penambah nafsu makan, memperkuat lambung, dan memperbaiki pencernaan. Proses yang sering sekali terjadi adalah terangsangnya selaput lendir perut besar dan usus oleh minyak jahe yang dihasilkan (Lukito, 2007). Gingerol merupakan senyawa yang labil terhadap panas baik selama penyimpanan maupun pada waktu pemrosesan, sehingga gingerol sulit untuk dimurnikan. Salah satu cara supaya minyak jahe dapat dikonsumsi untuk penderita maag yaitu dengan mengurangi kadar gingerol dengan ekstrak metanol rimpang jahe.

Beberapa peneliti telah melaporkan tentang penyulingan minyak jahe dengan berbantukan metode ultrasonik. Penelitian tentang penyulingan minyak menggunakan metode hidrodistilasi berbantukan gelombang ultrasonik dengan variabel suhu serta perbandingan pelarut air dan bubuk jahe. Dimana penelitian yang dilakukan dibandingkan dengan hidrodistilasi tanpa bantuan gelombang ultrasonik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode ultrasonik menghasilkan rendemen minyak 75% lebih banyak dari pada tanpa bantuan gelombang ultrasonik, hal ini disebabkan karena gelombang ultrasonik meningkatkan daya penetrasi sehingga komponen – komponen jahe lebih mudah diekstrak. Serta hasil penelitian yang dilakukan menghasilkan minyak jahe dengan angka asam 2, dengan temperatur optimumnya adalah 80^0C dan perbandingan bubuk jahe dengan metanol 12:1(Supardan,2009). Sedangkan penelitian lainnya, penyulingan minyak jahe menggunakan metode konvensional yaitu distilasi dengan suhu 60^oC, variabel berubah varietas jahe dan perlakuaan bahan baku (jahe). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas jahe putih kecil (jahe emprit) dengan perlakuan bahan baku kering menghasilkan nilai rendemen paling tinggi (0,537%) dibandingkan dengan varietas yang lainnya. Hal ini disebabkan karena pada kondisi kering membran sel berangsur – angsur pecah sehingga membentuk senyawa yang mudah menguap (Yustina,2010).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kondisi optimum yaitu suhu, konsentrasi katalis terhadap berat metanol, perbandingan berat jahe dan metanol, dan yield pada proses produksi minyak jahe berbantukan gelombang ultrasonik; menentukan variabel paling berpengaruh, yang meliputi suhu, konsentrasi katalis terhadap berat metanol, dan perbandingan berat jahe dan methanol; memperoleh karakteristik minyak jahe yang dihasilkan dengan kadar asam yang rendah; mengetahui kandungan *zingerone* pada minyak jahe.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Material:

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan minyak jaheadalah jahe emprit yang diperoleh dari pasar di Semarang dan sekitarnya, methanol teknis 95% dan asam klorida PA didapatkan dari toko bahan kimia di Semarang dan sekitarnya,dan aquadest yang di dapat dari laboratorium Proses Teknik Kimia Undip.

Variabel :

Variable tetap: Jenis jahe emprit, berat bubuk jahe 25 gram, frekuansi gelombang ultrasonik 40 kHZ, dan waktu reaksi 60 menit.
Variabel berubah: Perbandingan jahe : methanol (1:8, 1:10, 1:12), konsentrasi katalis terhadap methanol (2% x berat methanol, 3 % x berat methanol, 4 % x berat methanol), dan suhu operasi (40^oC, 60^oC, 80^oC).

Prosedur Percobaan :

- **Persiapan bahan jahe meliputi:**
  Jahe segar dicuci bersih kemudian dipotong – potong kurang lebih berdiameter 3 cm.Jahe yang sudah dipotong – potong kemudian dikeringkan sampai kandungan air 10%, kurang lebih 2-3 hari.Jahe yang sudah kering kemudian digiling sampai menjadi bubuk jahe.

- **Reaksi esterifikasi meliputi:**
  Sebanyak 25 gram bubuk jahe dicampur dengan metanol dan katalis HCl sesuai variabel (Variabel : Perbandingan jahe : metanol (1:8,1:10,1:12), Konsentrasi katalis terhadap methanol (2%,3%,4% x berat metanol), Suhu (40,60,80 ^{0}C)) dalam labu alas bulat.Labu alas bulat dimasukkan ke dalam *ultrasonic cleaner,* dengan frekuensi 40 kHz dan di atur waktunya selama 60 menit. Kemudian *Ultrasonic cleaner* dioperasikan selama 60 menit pada variabel yang telah ditentukan.Labu alas bulat diangkat dari ultrasonic cleaner kemudian didinginkan pada suhu kamar. Kemudian campuran dipisahkan antara filtrat dengan substrat.Subtrat di press sehingga semua filtrat terpisahkan.Filtrat

**) Penulis Penanggung Jawab*

didistilasi untuk memisahkan minyak jahe dengan metanol. Kemudian minyak dianalisis dengan menggunakan GCMS untuk mengetahui kandungan *zingerone* pada minyak jahe, menghitung densitas, viskositas, dan angka asam.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Percobaan

Respon hasil percobaan adalah konversi untuk setiap eksperimen.Untuk mengetahui variabel yang paling berpengaruh, dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan persamaan model matematis. Dalam Percobaan ini jumlah variabel bebas ada 3, sehingga persamaan polynomialnya menjadi :

$$Yu = \beta_o + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_{13}X_1X_3 + \beta_{23}X_2X_3 + \beta_{11}X^2_1 + \beta_{22}X^2_2 + \beta_{33}X^2_3 \quad ...(3.1)$$

Di mana :
Yu = respon yang diprediksi ke u
u : 1, 2, 3, ……., n
βo suku ke 0 (rata-rata)
β_i : suku linier,β_{ii}: suku kuadrat,β_{ij} :suku interaksi,
x_i : bilangan tdk berdimensi dari sebuah variabel bebas
X_i : harga nyata dari sebuah variabel bebas

Dengan bantuan Program *Statistic* 6, didapatkan model persamaan matematis :

$$Y = 63{,}3745 - 1{,}8418\,X_1 + 5{,}1683\,X_2 + 6{,}7795\,X_3 - 4{,}8803\,X_1X_2 - 6{,}3608\,X_1X_3 - 6{,}4259X_2X_3 - 16{,}8368X_1^2 - 9{,}2689X_2^2 - 10{,}6532X_3^2 \quad ...(3.2)$$

Dengan,

$$x_i = \frac{[x_i - (x_{it} + x_{ib})/2]}{[(x_{it} - x_{ib})/2]} \quad ..(3.3)$$

Dari Persamaan 3.2 bisa dilihat bahwa pada efek linier, X_3 (suhu) memiliki nilai koefisien terbesar yaitu sebesar 6,7795 sehingga suhu merupakan variabel yang paling berpengaruh. Koefisien X_3 bertanda positif, hal ini berarti semakin besar suhu yang digunakan dalam reaksi akan meningkatkan konversi sehingga akan meningkatkan yield produk karena akan menggeser reaksi kekanan ke arah pembentukan produk sehingga produk minyak jahe yang dihasilkan akan semakin banyak. Koefisien X_2 (persen katalis) memiliki nilai koefisien terbesar kedua setelah suhu yaitu sebesar 5,1683 sehingga variabel kedua yang paling berpengaruh adalah persen katalis. Koefisien X_2 bertanda positif hal ini berarti semakin besar % katalis yang digunakan dalam reaksi akan meningkatkan konversi, penambahan jumlah katalis dapat meningkatkan aktifitas katalis mengarahkan reaksi esterifikasi sehingga dapat meningkatkan jumlah minyak jahe yang terbentuk. Sedangkan, koefisien X_1 (perbandingan berat jahe : methanol) bertanda negatif dan nilainya, yaitu -1,8418 hal ini berarti perbandingan berat jahe : metanol merupakan variabel berpengaruh yang dapat diabaikan karena perbandingan berat jahe : metanol tidak mengakibatkan peninggkatan konversi yang signifikan. Dilihat pada efek quadrat, X_1 merupakan variabel yang paling berpengaruh karena memiliki koefisien tertinggi yaitu -16,8368. Sedangkan dilihat pada efek interaksi X_1X_2 merupakan variabel yang paling mempengaruhi pada proses reaksi dengan nilai yaitu (-6,4259).

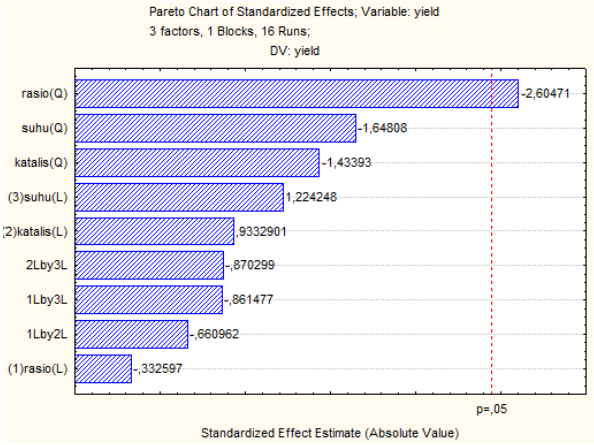
Oleoresin yang diperoleh dengan ekstraksi juga dipengaruhi oleh lama ekstraksi, suhu dan jenis pelarut yang digunakan. Ekstraksi akan lebih cepat dilakukan pada temperatur tinggi, tetapi pada ekstraksi oleoresin ini akan menyebabkan beberapa komponen yang terdapat dalam jahe akan mengalami perubahan (Moestafa, 1981). Suhu ekstraksi yang terlalu tinggi harus dihindarkan, karena akan menyebabkan oleoresin menjadi rusak. Oleoresin tahan terhadap panas sampai suhu 90^{o}C tanpa mengalami perubahan mutu yang nyata. Pemanasan yang melebihi suhu 100^{o}C akan menyebabkan penguraian komponen penyusun oleoresin, sehingga akan menimbulkan perubahan bau dan minyak atsirinya banyak yang menguap (Sabel dan Warren, 1973). Sedangkan pengaruh katalis dapat dilihat dari laju kinetik akan mempercepat keseimbangan dinamis yang tebentuk, dengan penambahan katalis selain mempercepat pembentukan produk juga akan menambah reaksi balik membentuk metanol. Penambahan katalis akan membuat perbedaan posisi keseimbangan, katalis untuk mempercepat titik keseimbangan dinamis, dengan waktu reaksi yang sama maka % katalis berpengaruh terhadap yield yang dihasilkan.

3.2Uji Model

Diagram pareto adalah sebuah distribusi frekuensi sederhana (histogram) dari data yang diurutkan berdasarkan kategori dari yang paling besar sampai yang paling kecil. Diagram ini didasarkan atas prinsip yang menyatakan bahwa ada banyak faktor yang mempengaruhi sesuatu tetapi hanya beberapa faktor penting saja yang diperhitungkan yakni faktor-faktor yang menimbulkan dampak yang paling berarti. Dengan menempatkan faktor-faktor yang sedang dikaji

**) Penulis Penanggung Jawab*

menurut urutannya, segera dapat dikenal faktor yang paling penting. Dengan demikian, Diagram pareto dapat membantu dalam memusatkan upaya pada sesuatu yang paling penting saja (Purdiyanto, 2010). Berikut adalah diagram pareto hasil pengolahan data pada penelitian ini.



Gambar. 3.1 Diagram Pareto

Dari Diagram Pareto, dapat dilihat bahwa suhu (L) dan persen katalis (L) mempunyai efek terbesar yaitu 1,224248 dan 0,9332901. Tanda (+) menunjukkan pengaruh dari suhu dan persen katalis adalah positif yaitu semakin besar suhu dan persen katalis maka yield yang dihasilkan semakin tinggi. Sedangkan untuk harga yang negatif yaitu rasio reaktan 1(L), interaksi dua variabel meliputi interaksi rasio reaktan 1(L) - suhu 3(L) dan interaksi rasio reaktan 1(L) – persen katalis 2(L). Harga efek dari ketiga variabel tersebut (-) menunjukkan pengaruh negatif yaitu semakin besar rasio reaktannya maka hal tersebut akan menurunkan yield yang dihasilkan. Begitu juga untuk interaksi dua variabel.

Tabel. 3.1 Analisa Varian

ANOVA; Var.:yield; R-sqr=,65652; Adj:,14129 (Spread
3 factors, 1 Blocks, 16 Runs;
DV: yield

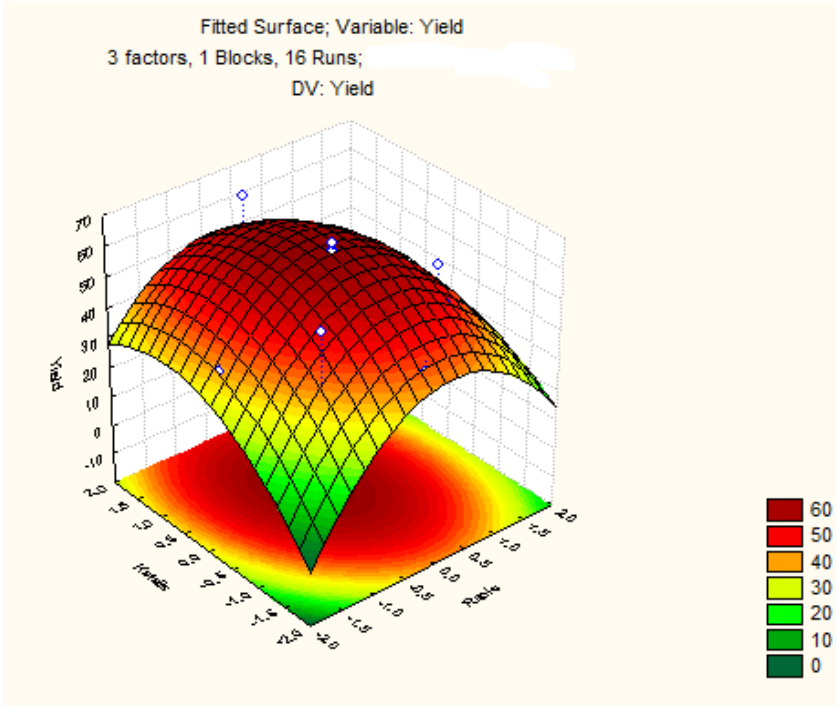
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)rasio (L)	12,062	1	12,0615	0,110621	0,750751
rasio (Q)	739,745	1	739,7448	6,784488	0,040406
(2)katalis (L)	94,973	1	94,9726	0,871030	0,386688
katalis (Q)	224,193	1	224,1928	2,056159	0,201584
(3)suhu (L)	163,419	1	163,4194	1,498783	0,266744
suhu (Q)	296,156	1	296,1557	2,716160	0,150434
1L by 2L	47,634	1	47,6341	0,436871	0,533179
1L by 3L	80,919	1	80,9193	0,742142	0,422063
2L by 3L	82,585	1	82,5852	0,757421	0,417591

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa perbandingan mol reaktan (L) mempunyai harga F lebih kecil dari harga p sehingga merupakan variabel tidak berpengaruh sedangkan perbandingan mol reaktan (Q), katalis (L), katalis (Q), suhu (L), suhu (Q) mempunyai harga F lebih besar dari harga p , sehingga merupakan variabel yang berpengaruh.

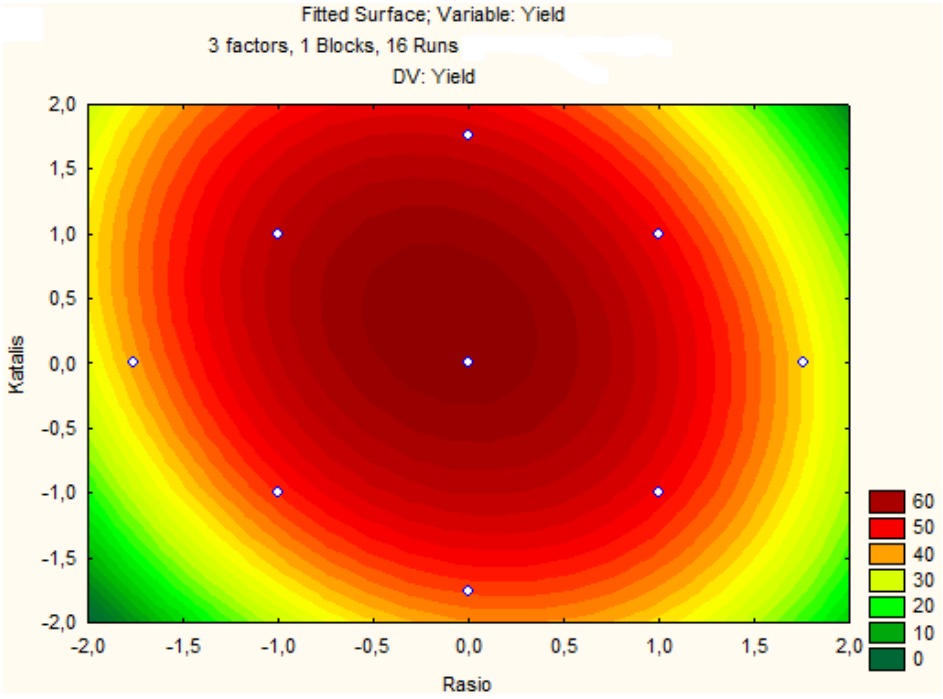
Variabel interaksi antara rasio – katalis memiliki nilai F lebih kecil dibanding nilai p sehingga variabel interaksi tersebut harga koefisiennya tidak signifikan dan kurang berpengaruh terhadap hasil yield yang diperoleh; sedangkan variabel interaksi antara rasio – suhu ; dan katalis – suhu memiliki nilai F lebih besar dibanding nilai p. Hal ini menunjukkan ketiga variabel interaksi tersebut harga koefisiennya signifikan dan berpengaruh terhadap hasil yeild yang diperoleh.

Kondisi operasi optimum dicari dapat dilihat pada Gambar 3.2 (a) dan 3.2 (b). Grafik optimasi 3 dimensi terdiri dari sumbu x, y, dan z, di mana sumbu x dan y merupakan variabel yang diujikan sedangkan sumbu z menunjukkan nilai yield yang dapat diraih dari interaksi dua variabel yang diujikan sehingga dari Grafik optimasi 3 dimensi ini dapat dilihat nilai konversi yang dapat dicapai dari interaksi 2 variabel yang diujikan dan kondisi optimalnya. Grafik kontur permukaan terdiri dari sumbu x dan y, dimana sumbu x dan y tersebut merupakan variabel yang diujikan. Pada Grafik kontur permukaan tergambar daerah – daerah warna, sehingga dari Grafik ini dapat dilihat titik – titik hasil interaksi dua variabel secara jelas, dimana interaksi yang paling optimal adalah yang berada di daerah yang berwarna merah paling tua.

**) Penulis Penanggung Jawab*



Gambar 3.2a Grafik optimasi 3 dimensi yield vs perbandingan reaktan (Jahe : Metanol) dan Katalis



Gambar 3.2 b Grafik kontur katalis vs perbandingan reaktan (Jahe : Metanol)

*) *Penulis Penanggung Jawab*

Grafik *response fitted surface* yang dihasilkan berbentuk parabola dan contour plot berbentuk oval. Hal ini menunjukkan bahwa jenis optimasi proses adalah sudah maksimal.

Nilai kritis untuk setiap variabel ditunjukkan pada Tabel 3.2:

Tabel 3.2 Critical value setiap variabel

	Critical values; Variable: yield (Sprea Solution: maximum Predicted value at solution: 64,2173		
Factor	**Observed Minimum**	Critical Values	Observed Maximum
rasio	-1,76383	-0,141557	1,763834
katalis	-1,76383	0,213428	1,763834
suhu	-1,76383	0,296083	1,763834

Dari Tabel 3.2 terlihat harga kritis bilangan tidak berdimensi untuk masing - masing variabel. Harga kritis bilangan tak berdimensi untuk perbandingan berat jahe dan metanol adalah -0,141557, katalis adalah 0,213428 dan suhu adalah 0,295083.

Keakuratan model matematik dapat dianalisis dengan ANOVA yang ditunjukkan pada Tabel 3.4. Keakuratan metode ini dapat diketahui dari harga koefisien determinasi, R^2 yang mencapai 0,656. Dari harga R^2 ini dapat disimpulkan bahwa nilai yang diperkirakan dengan model mendekati nilai yang diperoleh dari hasil percobaan. Ini menandakan bahwa 65,6 % dari total variasi pada hasil yang diperoleh terwakili dalam model. Dimana, R^2 dapat dicari dari Persamaan sebagai berikut :

$$R^2 = \frac{SSRegresi}{SSTotal}$$

$$F = \frac{MSRegresi}{MSResidual}$$

Tabel 3.3 Analisa ANOVA untuk nilai yield minyak jahe

Sumber	df	SS	MS	F	R^2
Regresi	3	1249,994	416,6647	7,63902	0,656
Residual	12	654,5308	54,54423		
Total	15	1904,5248			

3.3 Pengolahan Data Variabel Optimum

Harga kritis bilangan tak berdimensi untuk perbandingan berat jahe dan metanol adalah -0,141557, katalis adalah 0,213428 dan suhu adalah 0,295083. Selanjutnya dilakukan pengolahan dengan Persamaan Polynomial (2.2). Didapatkan nilai variabel optimum pada proses produksi minyak jahe antara lain yaitu perbandingan jahe dan metanol = 1 : 9,72 ; % katalis Hcl = 3,21 % ; temperatur = 65,92 ^oC dan yield yang didapat 67,09%.

3.4 Perbandingan Antara Hasil Penelitian Minyak Jahe dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik dan Hasil SNI

Tabel 3.4 Perbandingan Karakteristik Minyak Jahe dengan Ultrasonik

Karakteristik	**SNI No. 06-1312-1998**	**Hasil Penelitian**
Berat Jenis pada 25 ^oC (gr/ml)	0,8720-0,8890	0,886413
Bilangan Asam (mgKOH/g)	Maks. 2	2.6187059

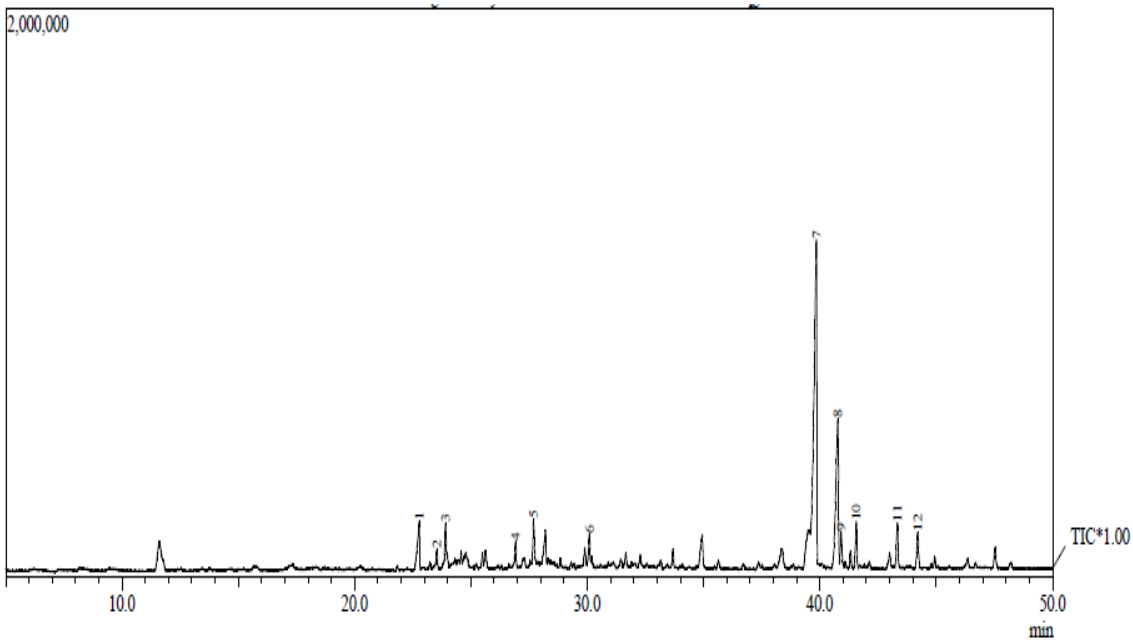
Tabel 3.4 menunjukkan bahwa karakteristik minyak jahe hasil percobaan sudah memenuhi karakteristik yang ditetapkan oleh SNI. Massa jenis minyak jahe memenuhi persyaratan SNI yaitu 0,886 g/ml. Dari hasil analisis minyak

**) Penulis Penanggung Jawab*

jahe didapatkan karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan literatur. Hasil pengukuran bilangan asam pada minyak jahe sebesar 2.6187059 mgKOH/gram. Hal ini menunjukkan hasil minyak jahe telah memenuhi standar SNI.

3.5 Analisa Kualitatif Zingerone Minyak Jahe dengan Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GCMS)

Analisa ini dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan Zingerone pada minyak jahe.



Gambar 3.3 Hasil Analisa GCMS

Dari hasil analisa GCMS Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa kandungan Zingerone pada minyak jahe terdapat pada line 7, yaitu mempunyai waktu retensi pada 39,2 dan 39,9. Jika dihitung luasannya didapatkan kandungan Zingerone pada minyak jahe adalah 49,53.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Minyak jahe yang diperoleh dari bahan baku Jahe Emprit sudah sesuai dengan SNI. Hal ini ditunjukkan dengan sifat fisik dan sifat kimia minyak jahe.
2. Proses esterifikasi jahe terhadap metanol menggunakan katalis asam klorida, menghasilkan yield tertinggi sebesar 64,97 %.
3. Variabel optimum berdasarkan pengolahan data metode *central composite design* didapatkan rasio perbandingan jahe terhadap metanol 1 : 9,72 dengan konsentrasi katalis 3,21 % x berat metanol dan temperatur operasi 65,92 ^{o}C.
4. Yield optimum yang diperoleh dari experiment pada kondisi varibel optimum adalah 67,09 %.
5. Model Persamaan matematika untuk reaksi pembentukan minyak jahe adalah

$$Y = 63{,}3745 - 1{,}8418\,X_1 + 5{,}1683\,X_2 + 6{,}7795\,X_3 - 4{,}8803\,X_1X_2 - 6{,}3608\,X_1X_3 - 6{,}4259X_2X_3 - 16{,}8368X_1^2 - 9{,}2689X_2^2 - 10{,}6532X_3^2$$

Saran

1. Memvariasikan massa jahe untuk mendapatkan yield yang lebih tinggi.
2. Penggunaan berbagai varietas jahe untuk mengetahui yield yang tertinggi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium C-Biore, Laboratorium Kimia Dasar, dan Laboratorium Operasi Teknik Kimia atas kontribusinya sebagai tempat penelitian ini.

**) Penulis Penanggung Jawab*

Daftar Pustaka

Anindya, Scholastica, Sudarsono dan Nurlaila. 2008. *Pengaruh Pemberian Ekstrak Zat Pedas Rimpang Jahe Merah Pada Tikus Jantan Galur Wistar Terhadap Pengosongan Lambung (Sympton Sekunder Motion Sickness)*. Fakultas Farmasi UGM: Yogyakarta.

Box, G. E. P., Hunter G. William., Hunter J. Stuart., 1952. *Statistics for Experimenters An Introduction to Desaign, Data Analysis, and Model Building*. John Wiley & Sons, Inc. Canada.

Cochran, G., William., Cox M. Gertrude. 1992. *Experimental Design, 2nd edition*. A Willey-Interscience Publication, Canada.

Dharsono W. Dan Oktari S.Y. 2010. *Proses Pembuatan Biodiesel Dari Dedak Dan Metanol Dengan Esterifikasi Insitu*.UNDIP. Semarang.

Fessenden and Fessenden., 1981. *Organic Chemistry*,3th ed., Wadsworth,Inc., Belmont,California.

Garcia, J.L.L., M.D.L. Castro, 2003, "*Ultrasound: a powerful for leaching*," *Trends in Anal. Chem.*, 22, p. 41-47.

Guenther, E. 1987. *Essential Oil*, Robert E.Krieger Publishing Co.,Inc. New York.

Hartuti, Sri dan M.Dani Supardan. 2012. *Optimasi Proses Ekstraksi Oleoresin Jahe (Zingeber officinale Rosc) Menggunakan Ultrasonik.* Aceh: Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh.

Hikmah, Maharani Nurul dan Zuliana. 2010. *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*. Semarang.

Ikhsan, Diyono dan Dwi Handayani. 2011. *Pemanfaatan Ampas Jahe Limbah Industri Jamu dan Minuman Untuk produksi Minyak Jahe Dengan Destilasi Kohobasi Vacuum*.

Ketaren, S. 1985. *Minyak dan Lemak Pangan.* UI Press. Jakarta.

Kidd,T.H. 2006. *An In Situ Ultrasonic Technique for Simultaneous Measurementof Longitudinal and Shear Wave Speeds in Solids.* Society for Experimental Mechanics., 47:752-759.

Ketta, MC.,J.J. 1978. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Vol.1. Marcel Dekker,* New York.

Koswara, sutrisna. 2010. Rimpang Dengan Sejuta Khasiat.

Lukito. 2007. *Petunjuk Praktis Bertanam Jahe*. Jakarta : Agromedia Pustaka.

Lestari, Wina Eka Wahyu. 2006. *Pengaruh Nisbah Rimpang Dengan Pelarut dan Lama Ekstraksi Terhadap Mutu Oleoresin Jahe Merah.* Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Lutony, T.L. dan Y. Rahmawati. 1994. *Produksi dan Perdagangan Minyak Atsiri.* Penebar Swadaya. Jakarta Hal 15-20.

Mason, J. 1996. "Advand Sonochemistry".

Moestofa,A. 1981. Isolasi Oleoresin dari Lada Hitam. Prosiding Seminar Minyak Atsiri II. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian. Bogor.

M, Soni. 2010. *Ultrasound Assisted Extraction (UAE):A Novel Extraction Technique For Extraction of Neutraceuticals from Plants.*(*www.jpronline.info*).

Muhlisah, F. 1999. *Temu – temuan dan Empon – Empon, Budidaya dan Manfaatnya*. Yogyakarta : Kanisius.

Paimin, F.B dan Murhananto. 2007. *Budidaya Pengolahan, Perdagangan Jahe, Penebar Swadaya, Bab II.* Jakarta.

Prasetyo, Susiana dan Afilia Sinta Cantawinata. 2010. *Pengaruh Temperature rasio Bubuk Jahe Kering Dengan Etanol, dan Ukuran Bubuk Jahe Kering Terhadap Ekstraksi Oleoresin Jahe.* Bandung: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas katolik Parahyangan.

Purseglove, J. W.1972. *Tropical Crops Monocotyledons*. Longman, London.

Ramadhan, Ahmad Eka dan Haries Aprival Phaza. 2006.*Pengaruh Konsentrasi Etanol, Suhu dan Jumlah Stage Pada Ekstraksi Oleoresin Jahe (Zingeber Officianale Rosc) Secara Batch.* Semarang: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Ravindran, P.N. and Babu, K.N.. 2005. *Ginger The Genus Zingeber, CRC Press, hal. 87-190.* New York.

Santoso, Aman, 2006, *Pemanfaatan Gelombang Mikro Untuk Meningkatkan Efisiensi Sintesis Biodiesel Sebagai Energi Terbarukan*. FMIPA.Universitas Maalang. Indonesia.

Sabel, W. dan Warren, J.D.F. 1973. Theory and Practice of Oleoresin Extruction. In Proceeding at the Conference on Spices.Tropical Product Institut. London.

Standar Nasional Indonesia. *SNI Minyak Jahe*, Nomor 06-1312-1998. Penerbit Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.

Supardan, Muhammad Dani. 2009. *Hidrodistilasi Minyak Jahe (Zingiber offficinale Rosc.) Menggunakan Gelombang Ultrasonik*. Banda Aceh.

Supriyanto dan Bambang Cahyono. 2012. *Perbandingan Kandungan Minyak Atsiri Antara Jahe Segar dan Jahe Kering.* Semarang: Laboratorium Kimia Organik, Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro.

Tarigan, Juliati Br. 2002. *Ester Asam Lemak*. Fakultas MIPA Jurusan Kimia Universitas Sumatera Utara.

T.J. Mason , L. Paniwnyk, dan J.P. Lorimer. 1996. *The Uses of Ultrasound in Food Technology*. Ultrasonics Sonochemistry 3, S253-S260. Sonochemistry Centre, School of Natural and Environmental Studies, Coventry

**) Penulis Penanggung Jawab*

University, Coventry CV1 5FB, UKPrakoso, dkk. 2004. *Pengembangan Biodiesel dan Teknologi Produksinya*.Bandung

Wulandari, Yustina Wuri. 2010.*Karakteristik Minyak Atsiri Beberapa Varietas Jahe (Zingiber offficinale).* Surakarta.

Yemirta.1997. *Pembuatan Methyl Ester dari Bahan Dasar Asam Lemak. Bulletin Penelitian.*

**) Penulis Penanggung Jawab*