

# Pengaruh Konsentrasi Etanol, Suhu dan Jumlah Stage Pada Ekstraksi Oleoresin Jahe (*Zingiber Officinale* Rosc) Secara Batch

Ahmad Eka Ramadhan (L2C006009) dan Haries Aprival Phaza (L2C006056)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Pembimbing: Dr. Andri Cahyo Kumoro, ST., MT.

## Abstrak

Jahe mengandung oleoresin yang sangat bermanfaat dalam industri farmasi dan makanan. Mengingat kualitas oleoresin yang ada di pasaran masih rendah, maka perlu dipelajari metode ekstraksi yang efisien untuk menghasilkan oleoresin berkualitas tinggi. Dengan dilakukannya studi ini diharapkan dapat diketahui teknologi yang tepat, variabel yang berpengaruh dan kondisi terbaik dalam ekstraksi oleoresin dari rimpang jahe kering secara batch. Penelitian dilakukan dengan metode ekstraksi menggunakan pelarut campuran etanol-air secara batch. Selain itu, suatu model matematik juga diusulkan untuk mewakili fenomena ekstraksi oleoresin jahe dari butir rimpang jahe kering dengan pelarut campuran etanol dengan air. Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini adalah ukuran partikel jahe 0,5mm, kecepatan pengadukan 450 rpm, waktu ekstraksi 6 jam dan perbandingan berat pelarut dengan bubuk jahe sebesar 7,5 : 1. Sedangkan variabel berubahnya adalah suhu ekstraksi (30°C, 35°C dan 40°C), konsentrasi etanol (80, 85, 90, 95 dan 99,8 % (b/b)) dan jumlah stage. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen ekstraksi tertinggi dapat diperoleh dengan menggunakan etanol 99,8 % sebagai pelarut pada suhu 40°C selama 6 jam, yakni sebesar 12,65%. Selain itu, ekstraksi oleoresin jahe akan lebih efektif jika hanya menggunakan 1 stage ekstraksi. Dari analisis statistik menggunakan ANOVA diperoleh bahwa variabel bebas yang paling berpengaruh adalah waktu ekstraksi, diikuti konsentrasi etanol dan suhu ekstraksi. Dengan menggunakan pemodelan matematik diperoleh nilai koefisien difusivitas efektif ( $D_b$ ) tertinggi sebesar  $9,538 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  dan nilai tetapan laju perpindahan massa volumetrik ( $k_c$ ) tertinggi sebesar  $6,207 \times 10^{-9} /\text{s}$ .

**Kata kunci :** ekstraksi; batch; oleoresin jahe; pemodelan matematik; stage

## Abstract

Ginger contains oleoresins, which are very useful in the pharmaceutical and food industries. Consider that the quality of oleoresins sold in the market is still very low, an extraction study to produce high quality oleoresins with high efficiency is therefore necessary. It is expected that the results of this study may suggest the appropriate extraction techniques, affecting operation variables, and the optimum conditions for batch extraction of ginger oleoresins. This work was focused on an aqueous ethanol batch extraction of ginger oleoresin both experimental and mathematical modeling to represent the transport phenomena involved in the release of ginger oleoresins from dried ginger rhizome particles to the ethanol-water mixture solvent. The fixed variables chosen in this work were particle size (0.5mm), agitation speed (450 rpm), duration (6 hours), and solvent to ginger particle weight ratio (7.5:1). The studied variables were ethanol concentrations (80, 85, 90, 95 and 99.8% (w/w)), temperatures (30, 35, and 40 °C) and number of stages. The results showed that highest extraction yield of 12.65% was obtained when the ginger oleoresins was extracted using ethanol 99.8% as solvent at 40°C for 6 hours. In addition, it was also found that single stage extraction was more effective as compared to the double stage one. From statistical analysis (ANOVA), the most affecting variable was extraction time, followed by ethanol concentration and temperature. The highest effective diffusion ( $D_b$ ) and volumetric mass transfer coefficients ( $k_c$ ) obtained from mathematical modeling were  $9.538 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  and  $6.207 \times 10^{-9} /\text{s}$ , respectively.

**Key words:** extraction; batch; ginger oleoresin; mathematical modeling; stage

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil jahe (*Zingiber officinale* Rosc) terbesar di dunia. Jumlah produksi jahe di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun, dimana pada tahun 2009 jumlah produksi jahe di Indonesia dilaporkan mencapai 136.388,1 ton. Jumlah jahe yang melimpah ini justru menimbulkan permasalahan tersendiri yaitu turunnya nilai ekonomi jahe. Selain itu teknologi pasca panen yang tidak tepat menyebabkan jumlah jahe yang membusuk juga besar karena tidak dimanfaatkan secara optimal.

Jahe segar mengandung 4-7,5% *oleoresin* yang banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi dan makanan. Oleoresin jahe terdiri dari komponen gingerol, shogaol, zingerone, resin dan minyak atsiri. Persenyawaan zingerone tidak dalam bentuk persenyawaan keton bebas, melainkan dalam bentuk persenyawaan aldehid alifatik jenuh, terutama senyawa n-heptanal (Ravindran et al. ,2005).

Dengan kadar oleoresin kurang dari 25%, cara terbaik untuk mengambil oleoresin adalah melalui ekstraksi menggunakan pelarut mudah menguap, seperti etanol, heksan atau isopropil alkohol.

Ekstraksi padat cair atau leaching adalah proses pengambilan komponen dalam suatu padatan dengan menggunakan pelarut yang sesuai (Treybal, 1981). Interaksi antara solute dengan padatan, solute dengan pelarut dan pelarut dengan padatan sangat berpengaruh pada proses ekstraksi. Pada proses ekstraksi ini, dengan adanya pemanasan solute yang terperangkap di dalam padatan mulai meleleh, bergerak melalui pori-pori padatan. Adanya penambahan pelarut menyebabkan pori-pori padatan mengembang dan pelarut yang masuk kemudian melarutkan solute dilanjutkan dengan berdifusi keluar permukaan partikel padatan dan bergerak ke lapisan film sekitar padatan, untuk selanjutnya ke badan cairan.

Beberapa faktor yang berpengaruh dalam operasi ekstraksi adalah sebagai berikut :

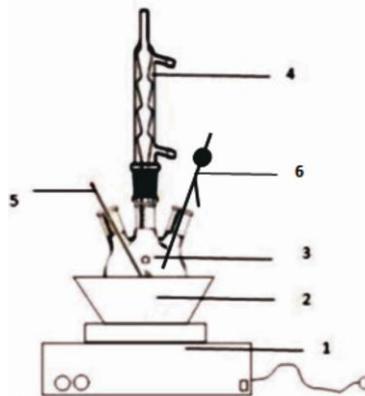
- a. Penyiapan bahan sebelum ekstraksi  
Untuk memudahkan proses ekstraksi perlu dilakukan penyiapan bahan baku yang meliputi pengeringan bahan dan penggilingan. Sebelum di ekstraksi bahan harus dikeringkan dahulu untuk mengurangi kadar airnya dan disimpan pada tempat yang kering agar terjaga kelembabannya. Dengan pengeringan yang sempurna akan dihasilkan ekstrak oleoresin yang memiliki kemurnian yang tinggi.
- b. Ukuran partikel  
Operasi ekstraksi akan berlangsung dengan baik bila diameter partikel diperkecil. Pengecilan ukuran ini akan memperluas bidang kontak antara jahe dengan pelarut, sehingga produk ekstrak yang diperoleh pun akan semakin besar. Sebaliknya ukuran padatan yang terlalu halus dinilai tidak ekonomis karena biaya proses penghalusannya mahal dan semakin sulit dalam pemisahannya dari larutan.
- c. Pelarut  
Dalam pemilihan jenis pelarut faktor yang perlu diperhatikan antara lain adalah daya melarutkan oleoresin, titik didih, sifat racun, mudah tidaknya terbakar dan pengaruh terhadap alat peralatan ekstraksi (Gamse, 2002).
- d. Metode yang digunakan  
Ekstraksi oleoresin dapat dilakukan dengan cara antara lain ekstraksi dengan cara perkolasi, ekstraksi kontinyu dan ekstraksi cara soklet (*batch*). Waktu dan suhu ekstraksi merupakan hal yang berpengaruh dalam ekstraksi oleoresin jahe ini. Semakin lama waktu ekstraksi dan semakin tinggi suhu maka jumlah oleoresin yang terekstrak akan semakin banyak (Gaedcke, 2005).
- e. Suhu ekstraksi  
semakin tinggi suhu maka jumlah oleoresin yang terekstrak pun semakin banyak namun juga dapat menyebabkan kerusakan oleoresin yang tidak tahan pada suhu di atas 45°C (Gaedcke, 2005).
- f. Waktu ekstraksi  
Waktu ekstraksi merupakan hal yang berpengaruh dalam ekstraksi oleoresin jahe ini. Semakin lama waktu ekstraksi maka semakin banyak pula oleoresin yang didapat. Namun waktu yang terlalu lama menyebabkan biaya operasi semakin tinggi.
- g. Proses pemisahan pelarut  
Proses pemisahan pelarut dari hasil ekstraksi bertujuan untuk memisahkan pelarut dari ekstrak oleoresin dengan cara distilasi (Treybal, 1981).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi operasi terbaik (suhu, konsentrasi etanol dan jumlah stage) dan mempelajari pengaruh variabel-variabel operasi terhadap rendemen *oleoresin* jahe yang dihasilkan.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jahe segar yang diperoleh dari pasar tradisional yang ada di kawasan Semarang. Jahe segar ini kemudian diproses hingga menjadi butiran kering dengan ukuran 0.5 mm (-28 +35 *tyler screen* mesh). Sebagai pelarut digunakan campuran etanol-air pada berbagai konsentrasi.

Proses ekstraksi dilakukan secara batch dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan sebuah pendingin balik, thermometer dan sebuah aspirator yang berfungsi untuk mengambil sampel ekstraksi. Rangkaian alat utama yang digunakan dalam penelitian tersaji dalam gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat utama penelitian (1) magnetic stirrer; (2) water bath; (3) labu leher tiga (4) pendingin balik; (5) thermometer (6) aspirator.

Ekstraksi oleoresin jahe dilakukan dengan variabel tetap yang digunakan adalah ukuran partikel jahe 0,5mm, kecepatan pengadukan 450 rpm, waktu ekstraksi 6 jam dan perbandingan berat pelarut dengan bubuk jahe sebesar 7,5 : 1. Sedangkan variabel berubahnya adalah suhu ekstraksi (30°C, 35°C dan 40°C), konsentrasi etanol (80, 85, 90, 95 dan 99,8 % (w/w)) serta jumlah stage.

### Prosedur Percobaan

#### Tahap persiapan bahan

Jahe dibersihkan dari kotoran dan diiris tipis kemudian dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 30°C selama 60-80 menit pada kondisi vakum. Setelah itu, dilakukan pengecilan ukuran dengan menggunakan blender dan penyeragaman ukuran dengan menggunakan ayakan 25 dan 35 mesh dilanjutkan dengan menyimpan jahe ukuran 0.5mm ke dalam wadah plastik kedap air yang di simpan dalam freezer pada suhu 5°C.

#### Pembuatan kurva standar untuk analisis oleoresin

Pembuatan larutan oleoresin standar dilakukan dengan mengencerkan oleoresin standar dengan etanol pada perbandingan konsentrasi oleoresin terhadap etanol berkisar antara 0 - 10,2% (v/v). Kemudian larutan oleoresin standar dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 282 nm dan dihasilkan kurva absorbansi - konsentrasi oleoresin standar.

#### Ekstraksi Oleoresin

Proses ekstraksi jahe dilakukan secara batch menggunakan pelarut etanol dengan perbandingan berat partikel jahe dan berat pelarut sebesar 1 : 7,5 pada kecepatan pengadukan 450 rpm selama 6 jam. Setiap interval waktu 30 menit dilakukan pengambilan sampel (soluble material dan pelarut). Setelah itu, dilakukan analisa absorbansi sampel menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 282 nm untuk mengetahui konsentrasi oleoresin di dalam sampel.

#### Pemodelan Ekstraksi Secara Batch

Sebuah partikel padatan dengan massa  $M_p$  dengan konsentrasi awal pori sebesar  $c_1$  dikontakkan dengan pelarut yang konsentrasi awalnya adalah sebesar  $c_{e1}$  menggunakan pengadukan.

Menurut Drago (1984) persamaan model yang diperoleh dari tiga neraca massa dengan menggunakan kondisi batas yang sesuai. Untuk sistem ini digunakan nomenklatur yaitu :  $n$  adalah sebuah konstanta bentuk dimana  $n=1$  untuk bentuk plat datar ;  $n=2$  untuk bentuk silinder dengan jari-jari  $R_b$  dan  $n=3$  untuk bentuk bola. Neraca Massa pada mikropori partikel padatan :

$$\frac{\partial c_a^*}{\partial t^*} = \frac{1}{\theta} \left[ \frac{\partial^2 c_a^*}{\partial r^{*2}} + \frac{2}{r^*} \frac{\partial c_a^*}{\partial r^*} \right] \quad (3.1)$$

Kadaan-kadaan batasnya adalah

$$\left(\frac{\partial c_a^*}{\partial r^*}\right)_{r^*=0} = 0 \quad (3.2)$$

$$(c_a^*)_{r^*=0} = c_b^* \quad (3.3)$$

$$(c_a^*)_{t^*=0} = 0 \quad (3.4)$$

Neraca Massa pada makropori partikel padatan :

$$\frac{\partial c_b^*}{\partial t^*} = \frac{\partial^2 c_b^*}{\partial x^{*2}} + \frac{(n-1)}{x^*} \frac{\partial c_b^*}{\partial x^*} - \frac{3\varepsilon}{\theta} \left(\frac{\partial c_a^*}{\partial r^*}\right)_{r^*=1} \quad (3.5)$$

Keadaan-keadaan batasnya adalah

$$\left(\frac{\partial c_b^*}{\partial x^*}\right)_{x^*=0} = 0 \quad (3.6)$$

$$\left(\frac{\partial c_b^*}{\partial x^*}\right)_{x^*=1} = -\gamma[(c_b^*)_{x^*=1} + \beta\bar{c}^* - 1] \quad (3.7)$$

$$(c_b^*)_{t^*=0} \quad (3.8)$$

Neraca Massa total solute pada makropori dan mikropori :

$$\frac{d\bar{c}^*}{dt^*} = \frac{n}{1+\varepsilon} \left(\frac{\partial c_b^*}{\partial x^*}\right)_{x^*=1} \quad (3.9)$$

$$(\bar{c}^*)_{t^*=0} = 0 \quad (3.10)$$

Dengan transformasi laplace didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$h \equiv L[\bar{c}^*(t^*)] = \frac{1}{s \left\{ \beta + \frac{s(1+\varepsilon)}{n} \left[ \frac{1}{f_n(\sqrt{N(s)})} + \frac{1}{\gamma} \right] \right\}} \quad (3.11)$$

Dengan

$$N(s) \equiv s + \frac{3\varepsilon}{\theta} [\sqrt{\theta s} \coth \sqrt{\theta s} - 1] \quad (3.12)$$

Untuk partikel berbentuk bola ( $n = 3$ ):

$$f_3(x) \equiv x \coth x - 1 \quad (3.13)$$

Persamaan transcendental

$$\frac{n\beta}{1+\varepsilon} \frac{1}{w^2} - \frac{1}{\gamma} - \frac{1}{f_n(u)} = 0 \quad (3.14)$$

Dimana :

$$\sqrt{N(s)} \equiv u \quad (3.15)$$

$$s \equiv -w^2 \quad (3.16)$$

Didapatkan persamaan

$$u^2 = -w^2 + \frac{3\varepsilon}{\theta} [w\sqrt{\theta} \cot(w\sqrt{\theta}) - 1] \quad (3.17)$$

Sehingga didapatkan inversi transformasi laplace untuk konsentrasi oleoresin di dalam pelarut adalah sebagai berikut :

$$E = \frac{\beta}{1+\beta} + \sum_{j=1}^{\infty} \frac{e^{-w_j^2 t^*}}{\beta + \frac{w_j^4(1+\varepsilon)}{4n} \left[ A_j^2 - \frac{1+(n-2)A_j}{u_j^2} \right] B_j} \quad (3.18)$$

Dimana

$$A_j \equiv \frac{n\beta}{1+\varepsilon} \frac{1}{w_j^2} - \frac{1}{\gamma} \quad (3.19)$$

$$B_j \equiv 2 + 3\varepsilon \left[ \frac{1}{\sec^2(w_j\sqrt{\theta})} - \frac{1}{w_j\sqrt{\theta} \tan(w_j\sqrt{\theta})} \right] \quad (3.20)$$

$$u_j^2 \equiv \frac{3\varepsilon}{\theta} [w_j\sqrt{\theta} \cot(w_j\sqrt{\theta}) - 1] - w_j^2 \quad (3.21)$$

Karena data mikropori partikel jahe tidak tersedia maka partikel jahe dianggap hanya memiliki makropori (monopore model).

Oleh karena itu harga  $\theta = 0$  dan harga  $\varepsilon_p = \varepsilon_b$  sehingga  $\varepsilon = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_b} - 1 = 0$

Dengan demikian didapat :

$$A_j \equiv \frac{3\beta}{w_j^2} - \frac{1}{\gamma} ; \quad B_j \equiv 2 ; \quad u_j^2 \equiv -w_j^2$$

Dimana,  $\gamma = (Rb \text{ kc}) / Db$

Maka persamaan (18) berubah menjadi :

$$E = \frac{\beta}{1 + \beta} + \sum_{j=1}^{\infty} \frac{e^{-w_j^2 t^*}}{\beta + \frac{w_j^4}{6} \left[ \left( \frac{3\beta}{w_j^2} - \frac{1}{(Rb \text{ kc}) / Db} \right)^2 + \frac{1 + \left( \frac{3\beta}{w_j^2} - \frac{1}{(Rb \text{ kc}) / Db} \right)}{w_j^2} \right]} \quad (3.22)$$

Konsentrasi pada badan cairan adalah

$$E \equiv \frac{c_e - c_{e1}}{c_1 - c_{e1}} = \beta(1 - E) \quad (3.23)$$

Menurut Spiro (1990) harga Difusivitas dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$\ln \left( \frac{c_{\infty}}{c_{\infty} - c} \right) = 0,498 + \frac{9,87 D t}{R_b^2} \quad (3.24)$$

Nilai kc dan Db diperoleh dengan optimasi untuk meminimalkan nilai Sum Square of Error (SSE) =  $\sum (E_{\text{percobaan}} - E)^2$ , dimana perhitungan dilakukan dengan menggunakan Matlab 7.1.

### 3. Hasil dan Pembahasan

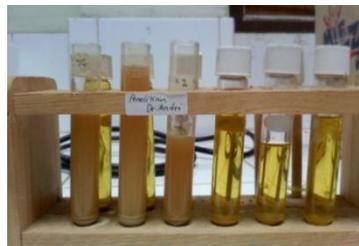
Pada penelitian ini, oleoresin jahe dari rimpang jahe di ekstrak dengan menggunakan pelarut campuran etanol dengan air pada berbagai suhu. Hasil percobaan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

#### Ekstrak Oleoresin Jahe

Proses ekstraksi oleoresin jahe dilakukan dengan menggunakan pelarut campuran etanol-air selama 6 jam dan pengambilan sampel dilakukan setiap interval waktu 1 jam. Semakin lama waktu ekstraksi, ekstrak yang didapat berwarna semakin kuning kecokelatan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2 di bawah ini :



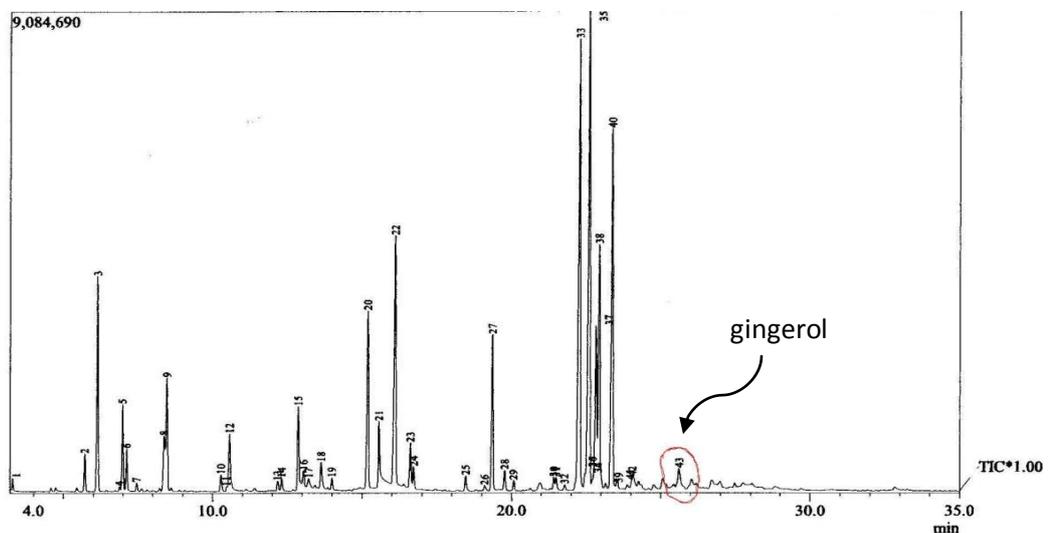
a



b

Gambar 2. a. Etanol, b. Larutan etanol-oleoresin jahe hasil ekstraksi

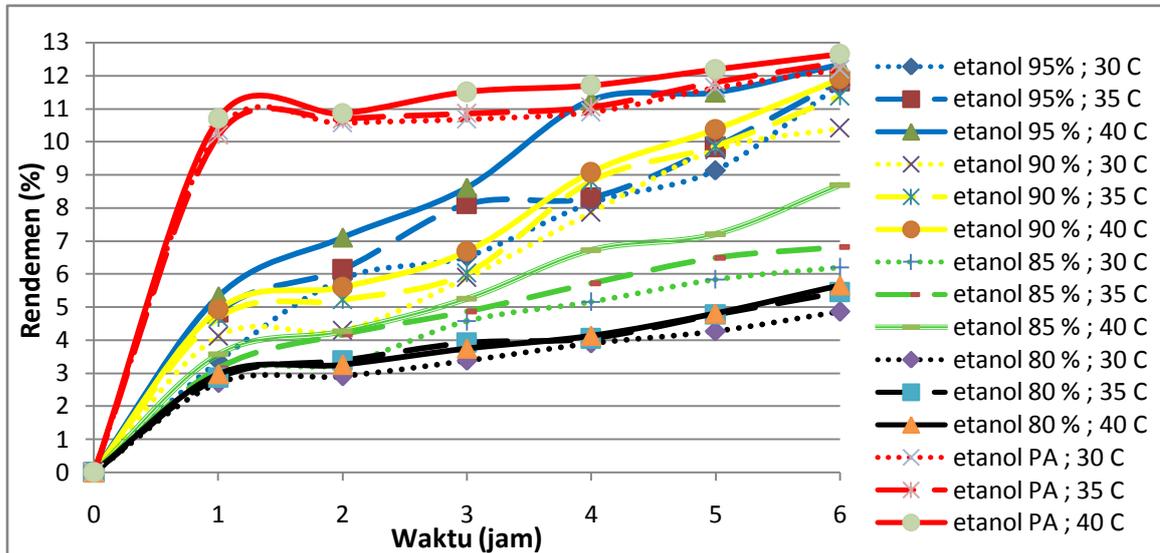
Hasil analisa oleoresin menggunakan GC-MS ditunjukkan dalam Kromatogram pada Gambar 3.



Gambar 3. Kromatogram oleoresin jahe menggunakan GCMS

### Pengaruh Suhu Terhadap Rendemen Oleoresin Jahe

Pada ekstraksi oleoresin jahe, komponen utama yang diinginkan adalah gingerol. Oleh karena itu, pada penelitian ini Suhu ekstraksi dibatasi pada suhu 40°C dikarenakan gingerol akan mengalami dekomposisi dan sebagian gingerol akan berubah menjadi shogaol pada suhu di atas 45°C (Gaedcke, 2005). Visualisasi fenomena ekstraksi yang menunjukkan pengaruh suhu dan konsentrasi pelarut terhadap rendemen ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengaruh suhu dan konsentrasi etanol terhadap rendemen oleoresin jahe.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa suhu memberikan pengaruh terhadap kinetika ekstraksi, dimana konsentrasi oleoresin dalam pelarut pada akhir ekstraksi meningkat seiring dengan naiknya suhu. Suhu 40°C merupakan suhu optimum yang memberikan hasil rendemen tertinggi pada semua konsentrasi etanol. Kenaikan suhu akan menyebabkan gerakan molekul etanol sebagai pelarut semakin cepat dan acak. Selain itu, kenaikan suhu menyebabkan pori-pori padatan mengembang sehingga memudahkan etanol sebagai pelarut untuk mendifusi masuk ke dalam pori-pori padatan jahe dan melarutkan oleoresin. Oleh karena itu, oleoresin yang berinteraksi semakin besar dan menyebabkan terjadinya perpindahan massa solut dari padatan umpan menuju pelarut semakin besar (Treyball, 1981).

Hal ini sesuai dengan konsep bahwa koefisien difusivitas merupakan fungsi suhu dan viskositas  $D = f(K(T/\eta))$ . Dengan naiknya suhu dan viskositas pelarut semakin kecil, pelarut lebih mudah mengalir sehingga dengan kecepatan pengadukan yang sama aliran fluida akan lebih turbulen. Oleh karena itu, koefisien difusivitas  $D$  dan kinetika ekstraksi pun akan meningkat pula (Li, 1955 ; Wongkittipong, 2000). Pada akhirnya, tetapan laju perpindahan massa volumetrik ( $k_c$ ) juga akan semakin meningkat dengan meningkatnya suhu. Hal ini sesuai dengan hasil percobaan seperti pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1 Nilai koefisien difusivitas efektif ( $D_b$ ) dan tetapan laju perpindahan massa volumetrik ( $k_c$ ) pada konsentrasi etanol 99,8 % selama 6 jam

Konsentrasi Etanol	Suhu	$D_b \times 10^7$ (m <sup>2</sup> /s)	$k_c \times 10^9$ (s <sup>-1</sup> )
99,8%	30	8.28	5.389
99,8%	35	8.827	5.744
99,8%	40	9.538	6.207

Dengan semakin tingginya Difusivitas etanol dan renggangnya pori-pori dalam padatan jahe, maka etanol akan lebih mudah untuk menembus pori-pori dalam padatan jahe sehingga oleoresin yang terdapat dalam padatan mudah terekstrak dan kesetimbangan pun semakin cepat tercapai (Foust, 1959). Oleh karena itu, semakin tinggi suhu ekstraksi, maka semakin banyak pula oleoresin yang terekstrak.

### Pengaruh Konsentrasi Etanol Terhadap Rendemen Oleoresin Jahe

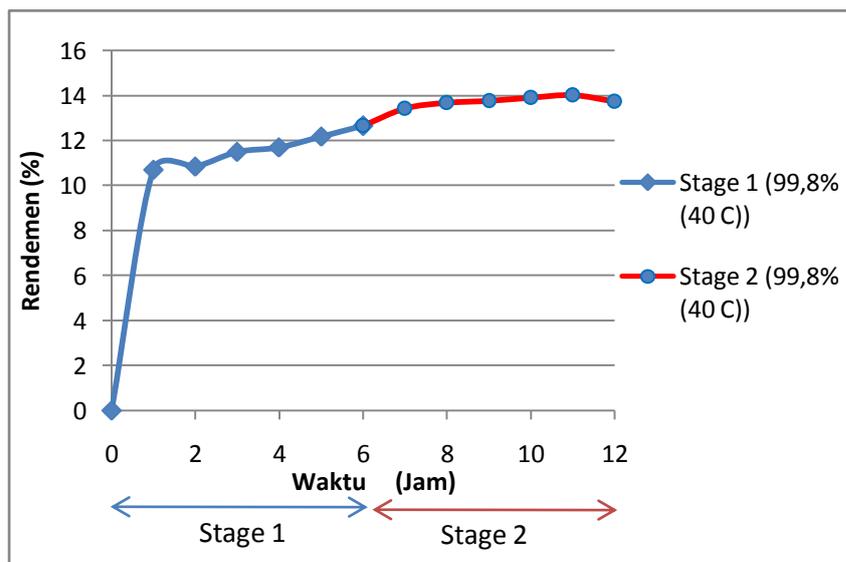
Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi pelarut maka jumlah oleoresin yang terekstrak pada akhir ekstraksi semakin meningkat. Tingginya konsentrasi pelarut juga menunjukkan turunnya polaritas pelarut yang merupakan campuran etanol dengan air.

Rendemen tertinggi dapat diperoleh dengan menggunakan etanol 99,8 % sebagai pelarut pada suhu 40°C selama 6 jam. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi etanol maka semakin rendah tingkat kepolaran pelarut yang digunakan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kemampuan pelarut dalam mengekstrak kandungan oleoresin yang juga bersifat kurang polar (Shadmani, 2004).

Semakin lama waktu ekstraksi, rendemen yang diperoleh pun akan meningkat, hal tersebut dikarenakan semakin banyak oleoresin yang terdesorpsi ke pelarut. Akan tetapi, dengan menggunakan etanol 99,8 % kenaikan rendemen yang signifikan hanya didapat pada kurun waktu ekstraksi 0-1 jam. Kecepatan transfer massa dari padatan ke cairan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi oleoresin di dalam pelarut, dimana kecepatan transfer massa akan turun seiring dengan naiknya konsentrasi solute di dalam pelarut. Hasil ekstraksi yang signifikan pada kurun waktu 0-1 jam dikarenakan pada saat awal percobaan, konsentrasi solute dalam etanol adalah 0 sedangkan konsentrasi solute di dalam padatan masih cukup tinggi, oleh karena itu terdapat *driving force* yang sangat besar. Sebaliknya, pada kurun waktu ekstraksi 1-6 jam konsentrasi solute di padatan jahe sudah lebih rendah dibandingkan awal percobaan, sedangkan konsentrasi solute dalam pelarut sudah cukup tinggi. Hal ini menyebabkan nilai *driving force* yang rendah sebagaimana ditunjukkan pada gambar yang ditandai dengan melandainya garis pada kurva ekstraksi. Dengan demikian maka waktu ekstraksi paling efektif dengan menggunakan etanol 99,8 % adalah selama 1 jam. Hal ini berkaitan erat dengan penggunaan energi untuk ekstraksi yang lebih efisien.

### Pengaruh Jumlah Stage Terhadap Rendemen Oleoresin Jahe

Pengaruh jumlah stage pada ekstraksi oleoresin jahe dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.

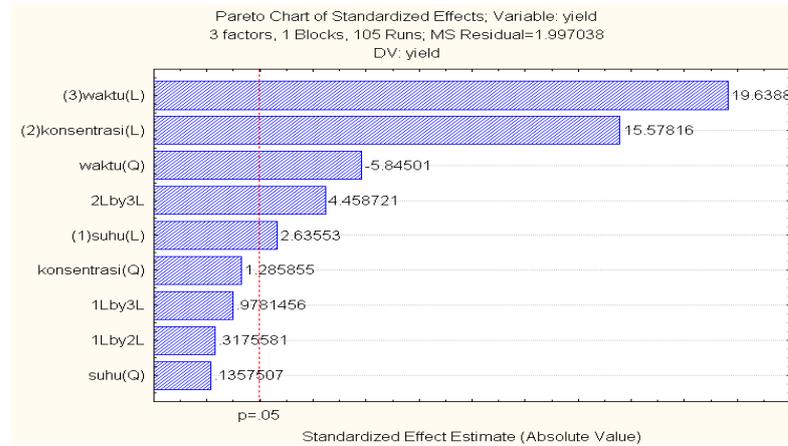


Gambar 5 Pengaruh stage terhadap rendemen oleoresin jahe pada ekstraksi dengan pelarut etanol 99,8% pada suhu 40°C

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu ekstraksi maka jumlah oleoresin jahe yang terekstrak semakin banyak. Namun pada stage 2, kenaikan konsentrasi ekstrak yang didapat tidak terlalu signifikan. Hal ini terjadi karena kandungan oleoresin dalam padatan jahe sudah banyak yang terekstrak pada stage 1 sehingga yang dapat diambil pada ekstraksi di stage 2 ini adalah sisa ekstrak yang berada jauh di dalam pori-pori padatan, bukan di bagian permukaannya. Pada kurun waktu ekstraksi 6-12 jam konsentrasi solute di padatan jahe sudah sangat rendah meskipun konsentrasi solute dalam pelarut sudah cukup rendah (karena ada penggantian pelarut setelah 6 jam). Hal ini menyebabkan *driving force* perpindahan massa yang rendah sebagaimana ditunjukkan pada gambar dengan mulai melandainya garis pada kurva ekstraksi. Dengan demikian, maka ekstraksi oleoresin jahe akan lebih efektif jika hanya menggunakan 1 stage ekstraksi.

### Analisis Statistik

Variabel percobaan yang berpengaruh pada ekstraksi oleoresin jahe dipaparkan dalam Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Pareto untuk mengetahui variabel yang paling berpengaruh

Dari blok diagram di atas terlihat bahwa variabel bebas yang paling berpengaruh dalam ekstraksi oleoresin jahe secara batch ini adalah waktu ekstraksi, diikuti variabel konsentrasi etanol dan suhu ekstraksi. Keakuratan model ini dapat diketahui dari hasil ANOVA seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 diketahui bahwa nilai F hasil perhitungan sebesar 8.52 lebih dari nilai F dalam tabel distribusi. Nilai F ini secara statistik menunjukkan regresi yang signifikan pada level 5%.

Tabel 2 Tabel ANOVA untuk ekstraksi oleoresin jahe

Sumber Variasi	Sum of square (SS)	Degree of freedom (Df)	Mean squares (Ms)	F Value
SS Regresi	1377.967	9	153.11	8.52
SS Error	189.719	95	2.00	
SS Total	1567.686	104		
R <sup>2</sup>	0.879			

#### 4. Kesimpulan

Rendemen ekstraksi tertinggi dapat diperoleh dengan menggunakan etanol 99,8 % sebagai pelarut pada suhu 40°C selama 6 jam yakni sebesar 12,65%. Selain itu, ekstraksi oleoresin jahe akan lebih efektif jika hanya menggunakan 1 stage ekstraksi. Variabel bebas yang paling berpengaruh adalah waktu ekstraksi, diikuti variabel konsentrasi etanol dan suhu ekstraksi. Dengan menggunakan pemodelan matematik diperoleh nilai koefisien difusivitas efektif ( $D_b$ ) tertinggi sebesar  $9,538 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  dan nilai tetapan laju perpindahan massa volumetrik ( $k_c$ ) tertinggi sebesar  $6,207 \times 10^{-9} /\text{s}$ .

#### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada Dr. Andri Cahyo Kumoro, ST., MT. atas bimbingan dan motivasi yang diberikan kepada penulis.

#### Daftar Notasi

$c_a$	konsentrasi cairan di mikropori (% ( $b/b$ ))
$c_b$	konsentrasi cairan di makropori (% ( $b/b$ ))
$D_a, D_b$	diffusivitas pada mikropori ; makropori ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$E$	konsentrasi oleoresin pada larutan solven (% ( $b/b$ ))
$k_c$	koefisien transfer massa ( $\text{s}^{-1}$ )
$M_p$	massa partikel padatan (gr)
$n$	konstanta bentuk, bernilai 1 untuk bentuk datar, 2 untuk bentuk silinder dan 3 untuk bentuk bola
$R_a$	jari-jari mikropori (m)
$R_b$	jari-jari partikel padatan (m)
$r$	koordinat radius di dalam mikropori (m)
$r^* = r/R_a$	bilangan tak berdimensi untuk r (-)

$t$	waktu (menit)
$t^* = t/\theta_b$	bilangan tak berdimensi untuk waktu (Fourier Number) (-)
$V$	volume fase cair (dari luar ke padatan) (ml)
$x$	koordinat posisi di dalam partikel padatan (m)
$x^* = x/R_b$	bilangan tak berdimensi untuk $x$ (-)
$\beta = (M_p \epsilon_p)/(V \rho_p)$	volume cairan di dalam partikel dibandingkan dengan volume cairan di luar (-)
$\gamma = (R_b k_c) / D_b$	bilangan tak berdimensi untuk koefisien transfer massa (-)
$\epsilon_a$	porositas mikro ( $\text{cm}^3/\text{gr}$ )
$\epsilon_b$	porositas makro ( $\text{cm}^3/\text{gr}$ )
$\epsilon_p = \epsilon_b + (1-\epsilon_b) \epsilon_a$	porositas total partikel ( $\text{cm}^3/\text{gr}$ )
$\epsilon = \epsilon_p/\epsilon_b - 1$	parameter tak berdimensi, karakteristik struktur biporous (-)
$\rho_p$	densitas partikel ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
$\theta_a = R_a^2/(D_a/\epsilon_a)$	waktu karakteristik (mikro) (menit)
$\theta_b = R_b^2/(D_b/\epsilon_b)$	waktu karakteristik (makro) (menit)
$\theta = \theta_a/\theta_b$	parameter tak berdimensi, karakteristik partikel biporous (-)

### Daftar Pustaka

- Drago, J., (1984), "The bipore model in solid-liquid extraction : the batch process", *Warme-und Stoffubertragung*, hal. 43-48.
- Foust, A.S., (1959), "*Principles of Unit Operations*", McGraw-Hill Book Company, Singapore, hal. 88-90.
- Gaedcke, F and Feistel, B., (2005), "Ginger Extract Preparation", *U.S. Patent No. 10/496885*.
- Gamse, T., (2002), "*Liquid-Liquid Extraction and Solid-Liquid Extraction*", Institute of Thermal Process and Environmental Engineering, Graz University of Technology, hal. 2-24.
- Li, J.C.M. and Change, P., (1955), "Self-diffusion coefficient and viscosity in liquids", *Journal of Chemical Physics*. 23, hal. 518.
- Ravindran, P.N., and Babu, K. N., (2005), "*Ginger The Genus Zingiber*", CRC Press, New York, hal. 87-90.
- Shadmani, A., Azhar, I., Mazhar, F., Hassan, M.M., Ahmed, S.W., Ahmad, I., Usmanhany, K., and Shamim, S., (2004), "Kinetic Studies On Zingiber Officinale", *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, Vol. 17, hal. 47-54.
- Spiro, M., Kandiah, M. and Price, W., (1990), "Extraction of ginger rhizome: kinetic studies with dichloromethane, ethanol, 2-propanol and acetone-water mixture", *International Journal of Food Science and Technology*, 25, hal. 157-167.
- Treyball, R.E., (1981), "*Mass-Transfer Operations*", 3<sup>rd</sup> ed, Mc Graw-Hill, New York, hal. 717-723.
- Wongkittipong, R., Prat, L., Damronglerd, S. and Gourdon, C., (2000), "Solid-liquid extraction of andrographolide from plants-experimental study, kinetic reaction and model", *Separation and Purification Technology*, 40, hal. 147-154.