

## KOEFISIEN TRANSFER MASSA PADA PROSES EKSTRAKSI KAYU MANIS (*CINNAMOMUM BURMANNI*)

Faleh Setia Budi<sup>\*)</sup> dan Setia Budi Sasongko

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Tlp.:62-24-7460058, Fax.: 62-24-76480675

<sup>\*)</sup>Penulis korespondensi: faleh@alumni.undip.ac.id

### Abstrak

Tanaman kayu manis mengandung minyak atsiri yang mempunyai banyak manfaat seperti bahan antiseptis, pewangi/peningkatan cita rasa untuk menyegarkan bau sabun, deterjen, lotion, parfum, dan cream. Pengambilan minyak atsiri kayu manis pada penelitian ini dilakukan dengan cara ekstraksi dengan pelarut n-heksana teknis. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konstanta kesetimbangan ekstraksi kulit kayu manis serta mempelajari pengaruh diameter pengaduk dan kecepatan putar pengaduk terhadap nilai koefisien transfer massa dan juga nilai difusivitas efektifnya. Setiap 40 gram kayu manis yang telah dihaluskan dan diayak dengan ukuran tertentu diekstraksi dengan 200 ml n-heksana teknis pada labu leher tiga dengan pengaduk magnetik selama 150 menit pada suhu 55 °C. Setiap 25 menit diambil cuplikan untuk dianalisa kadar minyaknya dengan cara penimbangan. Data-data konsentrasi solut dalam solven dari penelitian diolah lebih lanjut untuk mendapatkan nilai  $K_c$  dan  $D_e$  dengan menyelesaikan persamaan diferensial parsial menggunakan metode Finite Difference Approximation cara implisit dan optimasi 2 peubah menggunakan minimasi Hooke-Jeeves. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah harga  $K_c$  naik sebanding dengan kenaikan kecepatan putar pengaduk dan diameter pengaduk, sedangkan harga  $D_e$  yang diperoleh relatif tetap, sehingga dapat diperoleh hubungan persamaan kelompok tak berdimensi  $Sh = 4,8136 \times 10^{-3} \cdot Re^{0,6716}$  dengan kesalahan relatif rata-rata 2,620%.

**Kata kunci:** ekstraksi, minyak kayu manis, koefisien transfer massa

### Abstract

The Cinnamon Burmanni crop contains the essential oil having a lot of benefit such as antiseptic substance, fragrance (the increasing of performance to refresh aroma soap), detergent, lotion, perfume and cream. In this research the isolation of essential oil in Cinnamon Burmanni crop was conducted by extracting with the n hexane as the solvent. This research aimed to get the Cinnamon Burmanni extraction equilibrium constant and to study the effect of the agitator diameter and the turn around speed of agitator on the value of mass transfer coefficient and the value of effectively diffusivity. Every 40 gram of Cinnamon Burmanni which has been powdered and sieved with the certain size was extracted by n hexane 200 ml in the three neck flask with magnetic stirrer during 150 minute at temperature 55°C. In the period 25 minute the sample is taken to be measured the content of its oil by weighing. The data of solute concentration in the solvent from this research was processed furthermore to get value of  $K_c$  and  $D_e$  by solving the differential partial equation with Finite Difference Approximation Method and the optimization of 2 independent variables by using of Hooke-Jeeves minimization. The Conclusion obtained from this research were the value of  $K_c$  go up proportional with the increasing of speed turn around of stirrer and the agitator diameter, while the value of obtained  $D_e$  was relative stable so that the equation of dimensionless group  $Sh = 4.8136 \cdot 10^{-3} Re^{0.6716}$  could be obtained with the average relative error of 2.620%.

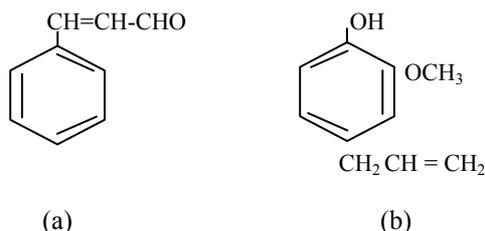
**Key words:** extraction, Cinnamon oil, mass transfer coefficient

### PENDAHULUAN

Tanaman kayu manis termasuk famili Lauraceae, yang dalam dunia perdagangan dikenal

dengan nama Cinnamom atau Cinnamomum. Di beberapa negara maju rempah-rempah yang dihasilkan oleh tanaman kayu manis ini sangat digemari.

Minyak atsiri berada di seluruh bagian tanaman, dari akar hingga kuntum maupun bunganya. Namun kandungan minyak kayu manis terbesar berada pada kulit batangnya. Minyak kayu manis terletak di dalam kulit bagian dalam (*phloem*). Penyelidikan komposisi kimia minyak kayu manis, pertama kali dilakukan oleh Blanchet satu abad yang lalu. Dumas dan Peligot menulis bahwa komponen utama minyak kayu manis adalah *sinamat aldehid* dan *Eugenol* (Guenther, 1948).



Gambar 1. Struktur molekul *sinamat aldehid* (a) dan *eugenol* (b)

Tabel 1. Sifat Fisik dan Kimia Minyak Kayu Manis (Ketaren, 1986)

Karakteristik	Cinnamon	Cassia
Bobot jenis (15°C)	1,020-1,030	1,055-1,070
Indeks bias (20°C)	1,568-1,570	1,600-1,606
Sinamat Aldehid (%)	51,8-56,0	75-90
Eugenol (%)	14-18	6-15
Kelarutan/volume Alkohol 70%	1,5-2,5	2,0-3,0

Minyak atsiri dapat menguap pada suhu kamar dan penguapan semakin besar dengan kenaikan suhu, umumnya larut dalam alkohol dan pelarut organik lainnya, kurang larut dalam alkohol encer yang konsentrasinya kurang dari 70%. Daya larut tersebut lebih kecil jika minyak mengandung fraksi terpena dalam jumlah besar. Sifat kimia minyak atsiri ditentukan oleh persenyawaan terpena, ester, asam, aldehid, dan beberapa jenis persenyawaan golongan *oxygenated* hidrocarbon, misalnya alkohol, eter, dan keton. Perubahan sifat kimia minyak atsiri merupakan ciri dari kerusakan minyak yang mengakibatkan penurunan mutu. Beberapa proses yang dapat mengakibatkan perubahan sifat kimia minyak adalah proses oksidasi, hidrolisa, polimerisasi (resinifikasi) dan penyabunan.

Minyak atsiri bisa diambil dari bahan aslinya dengan cara pengempaan (*pressing*), distilasi uap ataupun dengan cara ekstraksi. Pengempaan hanya dapat dilakukan pada bahan yang kadar minyak tinggi, selain itu pengempaan hanya mengeluarkan minyak pada permukaan bahan saja, tidak sampai ke serat-serat bahan sehingga hanya menghasilkan minyak yang sedikit. Cara distilasi uap membutuhkan energi yang besar dan hasil minyak yang sedikit. Cara yang paling baik untuk mengambil minyak dari bahan yang berkadar minyak rendah adalah dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut organik (Alexander dkk., 1964).

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mencari harga konstanta kesetimbangan ekstraksi padat cair kulit kayu manis, mencari lama waktu untuk mencapai kondisi setimbang, untuk mengetahui pengaruh variabel kecepatan pengaduk dan diameter pengaduk terhadap harga koefisien perpindahan massa dan mendapatkan persamaan yang menjelaskan hubungan antara kecepatan pengaduk dan diameter pengaduk terhadap koefisien transfer massa.

**Penyusunan Model Matematis**

Penyusunan model matematis pada ekstraksi padat-cair dilakukan dengan mengambil asumsi bahwa ukuran padatan seragam dan berbentuk bola dengan jari-jari R.

Dari penyusunan neraca massa solut dalam elemen volum padatan didapatkan persamaan 1 (Bird dkk., 1976).

$$\frac{\partial^2 C_a}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_a}{\partial r} = \frac{1}{De} \cdot \frac{\partial C_a}{\partial t} \tag{1}$$

dengan kondisi batas :

- Kondisi awal :  $C_a(r,0) = C_{ao}$
- Kondisi batas :  $C_a(0,t) = \text{tertentu}$ ,

$$-De \frac{\partial C_a}{\partial r} \Big|_{R,t} = K_c (C_{af}^* - C_{af}) \tag{2}$$

$$C_{af}^* = H C_a$$

Persamaan diferensial tersebut diselesaikan dengan metode *finite difference approximation*. Dengan cara ini persamaan tersebut diubah menjadi *difference equation* berupa persamaan aljabar. Jari-jari padatan dan waktu dibagi menjadi interval-interval kecil setebal  $\Delta r$ , sejumlah N, batas-batas interval diberi indeks  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ , untuk jari-jari, sedangkan untuk waktu dibagi sebesar  $\Delta t$ , sejumlah T dan diberi indeks  $j = 1, 2, 3, \dots, T$ . Pendekatan dilakukan dengan menggunakan cara implisit sebagai berikut :

$$\left[1 - \frac{1}{i}\right] C_{a_{i-1,j+1}} + \left[-2 - \frac{(\Delta r)^2}{De \cdot \Delta t}\right] C_{a_{i,j+1}} + \left[1 + \frac{1}{i}\right] C_{a_{i+1,j+1}} = - \left[\frac{(\Delta r)^2}{De \cdot \Delta t}\right] C_{a_{i,j}}$$

Jika didefinisikan  $M = \frac{(\Delta r)^2}{De \cdot \Delta t}$ , maka :

$$\left[1 - \frac{1}{i}\right] C_{a_{i-1,j+1}} + [-2 - M] C_{a_{i,j+1}} + \left[1 + \frac{1}{i}\right] C_{a_{i+1,j+1}} = -(M) C_{a_{i,j}} \tag{3}$$

Persamaan (3) ini berlaku untuk daerah  $i = 1, 2, 3, \dots, (N-1)$ .

Untuk daerah pada  $i = 0$

$$\left(-1 - \frac{M}{6}\right) C_{a_{0,j+1}} + C_{a_{1,j+1}} = \left(-\frac{1}{6} M\right) C_{a_{0,j}} \tag{4}$$

Untuk daerah disekitar  $i = N$

$$\left[ R - \frac{\Delta r}{2} \right]^2 Ca_{N-1,j+1} + \left[ - \left( R - \frac{\Delta r}{2} \right)^2 - \frac{R^2 Kc \cdot H \cdot \Delta r}{De} - \left( R - \frac{\Delta r}{4} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} M \right] Ca_{N,j+1} \\ = - \frac{R^2 Kc \cdot \Delta r}{De} Caf_{j+1} - \left[ \left( R - \frac{\Delta r}{4} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} M \right] Ca_{N,j} \quad (5)$$

Jika didefinisikan  $\frac{R^2 \cdot Kc \cdot \Delta r}{De} = \beta$ , maka persamaan

diatas menjadi :

$$\left[ R - \frac{\Delta r}{2} \right]^2 Ca_{N-1,j+1} + \left[ - \left( R - \frac{\Delta r}{2} \right)^2 - \beta H - \left( R - \frac{\Delta r}{4} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} M \right] Ca_{N,j+1} \\ = - \beta \cdot Caf_{j+1} - \left[ \left( R - \frac{\Delta r}{4} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} M \right] Ca_{N,j} \quad (6)$$

Nilai Caf dapat dicari dengan menyusun neraca massa solut di fase padat dan cair .

Jumlah solut (pada saat  $t = 0$ ) = Jumlah solut mula-mula

$$Caf = Cafo + \frac{V}{W} \left[ Cao - \frac{1}{R} \int_0^R Ca \cdot dr \right] \quad (7)$$

Jika harga-harga Ca dan Caf dengan indeks j tersedia, maka berdasarkan persamaan (3), (4), dan (6) yang telah disusun di atas harga-harga Ca dan Caf dengan indeks waktu j+1 bisa dihitung. Selanjutnya dihitung harga Caf<sub>j+1</sub> yang lebih baik, dengan integrasi numeris persamaan (7). Demikian seterusnya, dilakukan proses iterasi sampai diperoleh harga-harga yang cukup baik (Sediawan dan Prasetya, 1997). Nilai koefisien transfer massa dan difusivitas efektif diperoleh dengan cara optimasi *Hooke Jeeves* dengan hingga didapatkan nilai *Sum of Square of Errors* (SSE) terkecil dengan membandingkan nilai Caf data dan Caf hasil hitungan komputer.

$$SSE = \sum (Caf_o - Caf_c)^2 \quad (8)$$

Variabel-variabel yang mungkin muncul terhadap koefisien transfer massa pada ekstraksi padat-cair pada bejana berpengaduk adalah :  $\rho$ ,  $\mu$ , Ds, dp, N, db, diameter dan tinggi *baffle*. Sedangkan dalam penelitian ini variabel yang diperhatikan hanya  $\rho$ ,  $\mu$ , Ds, dp, N sedangkan diameter butir (db) diambil konstan, dan tidak digunakan *baffle* sebagai parameter, sehingga bila dinyatakan dalam bilangan tak berdimensi dengan memakai sistem MLT :

$$Kc = K \cdot \rho^{c1} \cdot \mu^{c2} \cdot Ds^{c3} \cdot dp^{c4} \cdot N^{c5}$$

Setelah dilakukan analisis dimensi, secara umum dapat dirumuskan bahwa hubungan koefisien transfer massa dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya adalah :

$$\left( \frac{Kc \cdot dp}{\rho \cdot Ds} \right) = A \left( \frac{\rho \cdot N \cdot dp^2}{\mu} \right)^{B'} \left( \frac{\mu}{v \cdot Ds} \right)^C \quad (9)$$

$$Sh = A \cdot Re^{B'} \cdot Sc^C \quad (10)$$

dengan, Sh : Bilangan Sherwood

Re : Bilangan Reynolds termodifikasi

Sc : Bilangan Schmidt

Bilangan Sherwood mewakili proses transfer massa padatan ke cairan dan bilangan Reynolds menyatakan perlakuan proses terhadap bahan, sedangkan bilangan Schmidt menyatakan sifat-sifat fisis bahan. Dengan asumsi bahan yang digunakan mempunyai sifat-sifat yang seragam dan sifat cairan tidak berubah selama proses, maka untuk harga bilangan Schmidt yang tetap, berlaku persamaan :

$$Sh = A' \cdot Re^{B'} \quad (11)$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan percobaan pendahuluan untuk mendapatkan waktu kesetimbangan, konstanta kesetimbangan, dan perbandingan berat bahan dan volume solven yang akan digunakan dalam langkah penelitian selanjutnya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit kayu manis yang didapatkan dari Pasar Johar Semarang dan solven n-heksana. Percobaan pendahuluan ini dilakukan dengan berbagai perbandingan berat bahan dan volume solven yaitu 20 g : 150 mL; 25 g : 150 mL; 30 g : 175 mL; 35 g : 175 mL; 40 g : 200 mL; dan 45 g : 250 mL. Ekstraksi dilakukan pada suhu 55°C, kecepatan pengadukan 300 rpm dan diameter pengaduk 3 cm.

Alat-alat yang digunakan selama percobaan antara lain labu leher tiga, pendingin balik, termometer, pengaduk magnetik, pemanas (*hotplate*) dan statif. Alat-alat tersebut dirangkai seperti pada Gambar 2.

Setelah dilakukan percobaan pendahuluan, penelitian ini dilanjutkan untuk mempelajari pengaruh variabel kecepatan pengadukan dan diameter pengaduk dan pengaruhnya terhadap koefisien transfer massa (Kc) dan Difusivitas efektif (De). Ekstraksi dilakukan dengan kondisi operasi tetap pada suhu 55°C (1 atm), ukuran serbuk kayu manis 48 mesh, waktu ekstraksi 150 menit dan perbandingan berat bahan dan volume solven adalah 40 g : 200 mL. Variabel yang dipilih sebagai variabel berubah adalah kecepatan pengadukan (250 rpm, 300 rpm, 350 rpm, dan 400 rpm). Sedangkan untuk variabel diameter pengaduk digunakan diameter 2, 3 dan 4 cm. Respon yang diamati selama penelitian ini adalah berat minyak yang diperoleh, densitas solven, viskositas solven, dan densitas kayu manis.

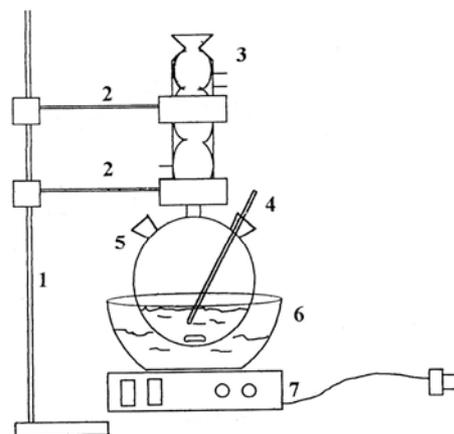
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penentuan Konstanta Kesetimbangan

Dari data-data hubungan antara Ca dan Caf\* pada keadaan setimbang, dipergunakan untuk menentukan konstanta kesetimbangan. Dengan regresi linier diperoleh persamaan linier yang menghubungkan Ca dan Caf\*.

$$Caf^* = 0,8353 Ca \quad (12)$$

Konstanta kesetimbangan merupakan slope dari persamaan garis yaitu 0,8353.



**Keterangan :**

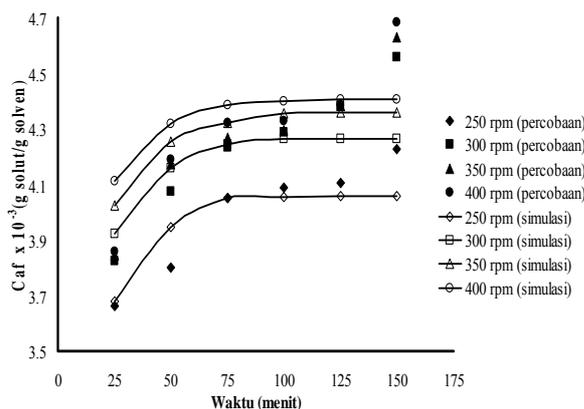
1. Statif
2. Klem
3. Pendingin
4. Termometer
5. Labu alas bulat
6. Water bath
7. Pemanas Listrik
8. Batang pengaduk magnetik

8

Gambar 2. Rangkaian alat ekstraksi

**Pengaruh Waktu Ekstraksi Terhadap Konsentrasi Solut dalam Solven**

Hubungan antara konsentrasi solut dalam cairan dengan waktu ekstraksi hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Caf dan waktu untuk variasi kecepatan putar pengaduk (hasil percobaan dan simulasi)

Semakin lama waktu ekstraksi, semakin tinggi kadar solute dalam cairan, sampai suatu keadaan tetap pada saat kadar solut tidak bertambah dengan bertambahnya waktu, karena kesetimbangan padat cair telah tercapai, dimana dalam penelitian ini kesetimbangan terjadi pada waktu ekstraksi 150 menit.

**Pengaruh Kecepatan Putar Pengaduk**

Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3, dapat dijelaskan bahwa untuk kecepatan putar pengaduk yang semakin meningkat, konsentrasi solut dalam solven akan bertambah besar. Hal ini disebabkan kenaikan kecepatan putar pengaduk akan meningkatkan turbulensi dalam larutan sehingga akan mengakibatkan menipisnya lapisan film yang mengelilingi butir. Dengan menipisnya lapisan film yang mengelilingi butir partikel kayu manis, solut yang

tertransfer dari permukaan padatan ke solven bertambah besar. Besarnya turbulensi dalam pengadukan diwakili oleh Bilangan Reynold yang bisa diekspresikan pada persamaan 13 (Brown dkk., 1950).

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot dp^2 \cdot Np}{\mu} \tag{13}$$

dimana,  $\rho$  = densitas cairan  
 $dp$  = diameter pengaduk  
 $Np$  = kecepatan pengadukan  
 $\mu$  = viskositas cairan

Oleh karena itu faktor kecepatan di dalam ekspresi bilangan Re tidak dinyatakan sebagai selisih kecepatan permukaan partikel padatan kayu manis dengan kecepatan cairan yang diaduk. Faktor diameter di dalam ekspresi bilangan Re juga bukan merupakan diameter partikel padatan. Sebenarnya faktor kecepatan di dalam ekspresi bilangan Re juga bisa dinyatakan sebagai selisih kecepatan permukaan partikel padatan kayu manis dengan kecepatan cairan yang diaduk. Tetapi ada kesulitan untuk mengukur selisih kecepatan tersebut. Di samping itu selisih kecepatan itu juga diakibatkan oleh kecepatan putaran pengaduk. Oleh karena itu bilangan Re diekspresikan seperti persamaan 13.

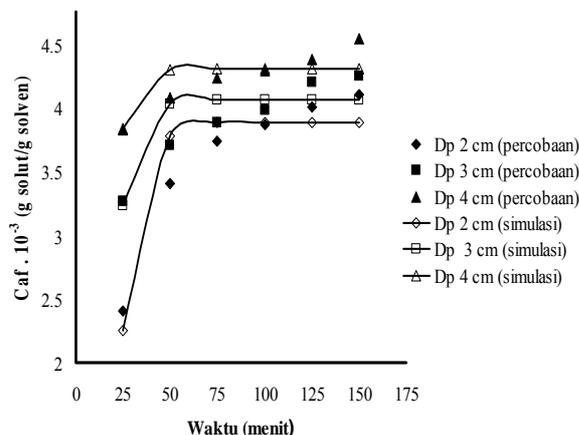
Semakin besar kecepatan pengaduk, maka semakin besar pula bilangan Reynold yang menunjukkan semakin besar pula turbulensi dalam proses ekstraksi. Hubungan antara konsentrasi solut dalam solven dengan waktu untuk hasil simulasi dapat dijelaskan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa harga-harga konsentrasi larutan yang diperoleh dari hasil simulasi mendekati harga-harga yang diperoleh dari penelitian, hal ini menunjukkan bahwa model matematis yang disusun cocok untuk proses ekstraksi padat-cair untuk butiran berbentuk bola. Kesesuaian model matematis yang disusun bisa juga dilihat dari harga SSE untuk tiap-tiap garis model yang nilainya cukup kecil (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai SSE tiap kecepatan putar pengaduk

No	Kecepatan pengaduk (rpm)	SSE
1	250	0,054455
2	300	0,115705
3	350	0,118436
4	400	0,167299

**Pengaruh Diameter Pengaduk**

Hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 4, memperlihatkan bahwa semakin besar diameter pengaduk, konsentrasi solut dalam solven akan semakin meningkat. Semakin besar diameter pengaduk, semakin besar pula bilangan Reynold, yang berarti menunjukkan adanya kenaikan turbulensi dalam proses ekstraksi. Sejalan dengan penjelasan sebelumnya, kenaikan jumlah solut dalam solven ini juga disebabkan oleh kenaikan turbulensi dalam cairan, sehingga solut yang ditransfer dari permukaan padatan ke dalam solven akan semakin banyak.

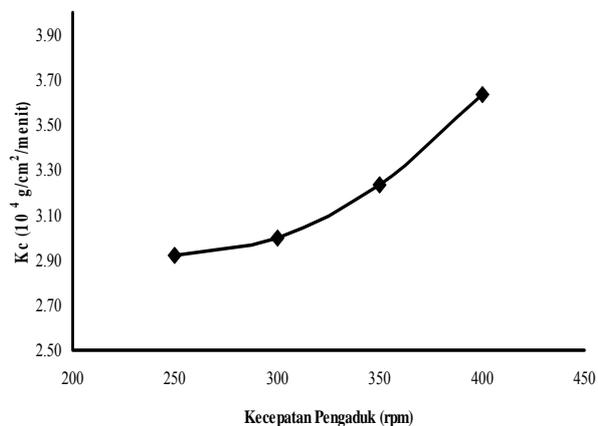


Gambar 4. Hubungan Caf dan waktu untuk variasi diameter pengaduk (hasil percobaan dan simulasi).

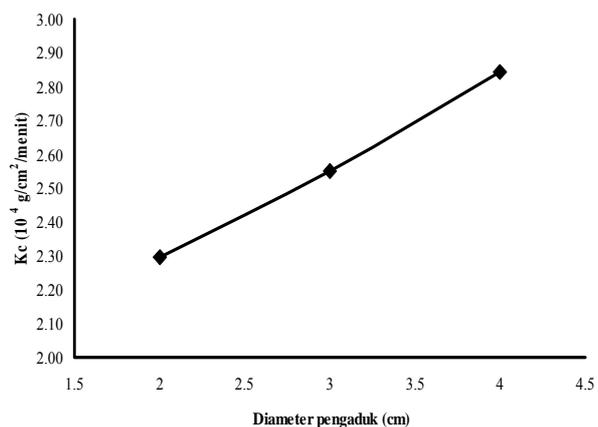
Berdasarkan harga Caf (konsentrasi solut dalam solven) pada variasi kecepatan pengaduk dan diameter pengaduk dapat dicari harga  $K_c$  dan  $D_e$  pada berbagai kecepatan putar pengaduk dan diameter pengaduk dengan optimasi dua peubah ( $K_c$  dan  $D_e$ ) untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial dari model yang telah disusun di bagian depan. Penyelesaian dilakukan menggunakan *Finite Difference Approximation* cara implisit dan minimasi Hooke-Jeeves, yang dikerjakan dengan bantuan program komputer *Qbasic*. Hubungan  $K_c$  dan  $D_e$  baik dengan kecepatan pengaduk maupun diameter pengaduk dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.

Pada ekstraksi padat-cair (*solid-liquid extraction*), perpindahan massa solut dari dalam padatan ke cairan berlangsung melalui dua tahapan proses, yaitu difusi dari dalam padatan ke permukaan padatan dan perpindahan massa dari permukaan padatan ke cairan. Kedua proses tersebut berlangsung seri. Jika salah satu langkah berlangsung lebih cepat, maka kecepatan ekstraksi ditentukan oleh langkah kecepatan yang lambat. Apabila ukuran padatan relatif

kecil, maka yang mengatur kecepatan ekstraksi adalah transfer massa dari permukaan padatan ke cairan.



Gambar 5. Hubungan  $K_c$  dengan kecepatan pengadukan



Gambar 6. Hubungan  $K_c$  dengan diameter pengaduk

Dari Gambar 7 terlihat bahwa nilai  $K_c$  semakin besar dengan meningkatnya kecepatan putar pengaduk dan diameter pengaduk. Hal ini terjadi karena pada kecepatan putar pengaduk yang makin besar, turbulensi yang ditimbulkan akan semakin besar sehingga mengakibatkan tahanan difusinya menjadi semakin kecil, sehingga transfer massa dari cairan ke padatan makin besar.

Hubungan kecepatan putar pengaduk dan kenaikan turbulensi mempunyai batasan. Kecepatan pengaduk tidak boleh terlampaui besar karena dapat menyebabkan tidak terjadinya pemisahan butir-cairan, dimana pada saat itu butiran dan cairan tidak memiliki perbedaan kecepatan gerak. Kecepatan putar pengaduk pada penelitian ini dibatasi paling besar 400 rpm, selain untuk menghindari adanya vorteks disebabkan juga karena keterbatasan alat.

Persamaan kelompok tak berdimensi yang didapat, menunjukkan bahwa Bilangan Sherwood ( $Sh$ ) berbanding lurus dengan Bilangan Reynold ( $Re$ ). Bilangan  $Sh$  menyatakan besarnya  $K_c$  pada rapat massa, difusifitas dan diameter pengaduk tertentu.

Tabel 3. Harga  $K_c$  ( $\text{g}/\text{cm}^2/\text{menit}$ ) pada berbagai Bilangan Reynold.

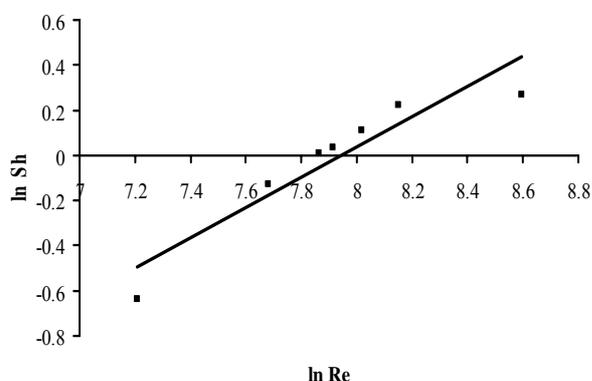
Dp, cm	Np, rpm	Bilangan Reynold	$K_c$ , $\text{g}/\text{cm}^2/\text{menit}$	Bilangan Sherwood
2	350	1350,5722	2,2969E-04	0,5279
3	350	2170,5625	2,5495E-04	0,8790
4	350	2604,6750	2,8438E-04	1,0074
3	250	2734,9087	2,9219E-04	1,0343
3	300	3038,7875	3,0000E-04	1,1151
3	350	3472,9000	3,2344E-04	1,2531
3	400	5402,2889	3,6348E-04	1,3072

Jika kecepatan putar pengaduk dan diameter pengaduk semakin besar maka harga bilangan Reynold juga semakin besar, sehingga harga bilangan Sh juga akan semakin besar.

Untuk harga bilangan Schmidt yang tetap, hubungan antara  $K_c$  dengan kecepatan putar pengaduk dan diameter pengaduk umumnya digunakan dalam bentuk persamaan kelompok tak berdimensi sebagai berikut :

$$Sh = A \cdot Re^B$$

Dari hasil penelitian ini didapatkan persamaan hubungan antara Sh dengan  $Re$  untuk sistem ekstraksi kayu manis dengan pelarut n heksana untuk proses batch, pada suhu  $55^\circ\text{C}$ , yaitu :  $Sh = 4,8136 \cdot 10^{-3} Re^{0,6716}$  untuk kisaran harga bilangan Reynold 1350-5402.



Gambar 7. Hubungan antara Bilangan Sherwood dengan Bilangan Reynold

Tabel 4. Komposisi Kimia Minyak Kayu Manis Hasil Uji GC/MS

No.	Nama Senyawa	Persentase Relatif (%)
1.	Asam heksanoat	28,06
2.	Sinamaldehyd	62,55
3.	Eugenol	3,27
4.	Asam palmitoleat	1,31
5.	Asam eicosenoat	0,85
6.	Senyawa lain	3,96

### Pengujian Sampel Minyak Kayu Manis

Pengujian sampel dimaksudkan untuk mengetahui komposisi kimia minyak kayu manis yang didapatkan dari hasil penelitian. Pengujian sampel menggunakan analisis instrumen dengan GC/MS dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA UGM yang tersaji pada Tabel 4.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diambil kesimpulan bahwa harga konstanta kesetimbangan ekstraksi padat-cair pada ekstraksi kulit kayu manis adalah  $0,8353 \text{ cm}^3/\text{g}$  padatan. Semakin lama waktu ekstraksi, semakin tinggi kadar solut dalam solven hingga mencapai kondisi setimbang. Kondisi kesetimbangan dicapai pada waktu ekstraksi 150 menit. Harga koefisien perpindahan massa ( $K_c$ ) semakin besar untuk kecepatan putar dan diameter pengaduk yang semakin besar karena mengakibatkan kenaikan turbulensi sehingga tahanan difusi makin kecil. Hubungan antara bilangan Sh dengan bilangan  $Re$ , untuk kisaran harga bilangan Reynold 1350-5402 dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Sh = 4,8136 \cdot 10^{-3} Re^{0,6716}$$

### DAFTAR NOTASI

- $C_a$  = konsentrasi solut dalam padatan, g solut/volume padatan
- $C_{a_0}$  = konsentrasi solut dalam bahan mula-mula, g solut/volume padatan
- $C_{a_f}$  = konsentrasi solut dalam solven, g solut/g solven
- $C_{a_f^*}$  = konsentrasi solut dalam solven pada keadaan setimbang, g solut/g solven
- $C_{a_{f_0}}$  = konsentrasi solut dalam solven hasil percobaan, g solut/g solven
- $C_{a_{f_c}}$  = konsentrasi solut dalam solven hasil perhitungan dengan persamaan, g solut/g solven
- $D_e$  = difusivitas efektif,  $\text{cm}^2/\text{menit}$
- $d_p$  = diameter pengaduk, cm
- $D_s$  = difusivitas molekular cairan,  $\text{cm}^2/\text{menit}$
- $H$  = konstanta kesetimbangan

K<sub>c</sub> = koefisien transfer massa, g/cm<sup>2</sup>/menit  
N = kecepatan putar pengaduk, rpm  
N<sub>A</sub> = kecepatan transfer massa, g solut/cm<sup>2</sup>/menit  
r = jari-jari, cm  
R = jari-jari butir padatan, cm  
Re' = angka Reynold termodifikasi  
Sc = angka Schmidt  
Sh = angka Sherwood  
t = waktu, menit  
V = volume padatan, cm<sup>3</sup>  
W = berat solven, g  
ρ = densitas larutan, g/ml  
μ = viskositas larutan, g/cm/menit  
V<sub>a</sub> = volume molar, cm<sup>3</sup>/gmol

#### DAFTAR PUSTAKA

Alexander, J. *et al.*, (1964), *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 3<sup>rd</sup> edition, John Wiley & Sons, New York, London, Sydney.

Bird, R. B. *et al.*, (1976), *Transport Phenomena*, p.503, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Brown, G. G. *et al.*, (1950), *Unit Operation*, 14<sup>th</sup>ed., pp. 277-295, 512, 518, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Guenther, (1948), *The Essential Oils*, Volume III, D. Van Nostrand Company Inc. New York.

Ketaren, S., (1986), *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, hal. 191, UI Press, Jakarta.

Perry, R. H. and Green, D. W., (1984), *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6<sup>th</sup>ed., pp. 3-75, 3-265, 3-273, 3-286, McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.

Sediawan, W. B. dan Prasetya, A., (1997), *Pemodelan Matematis dan Penyelesaian Numeris dalam Teknik Kimia*, hal. 43-45, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Treybal, R. E., (1984), *Mass Transfer Operations*, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.

Wertheim, E. and Jeskey, H., (1956), *Introductory Organic Chemistry*, ed. 3, p. 288, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.