

# PENGARUH DIAMETER PARTIKEL TERHADAP KONSENTRASI L-DOPA, $k_C$ DAN $De$ PADA EKSTRAKSI L-DOPA DARI BIJI KARA BENGUK (*Mucuna pruriens* DC.)

(EFFECT OF PARTICLE'S DIAMETER TO L-DOPA CONCENTRATION,  $k_C$ , AND  $De$  IN THE EXTRACTION L-DOPA FROM *Mucuna pruriens*'s SEED)

Eni Budiyati<sup>1</sup>, Panut Mulyono<sup>2</sup>, dan Suryo Purwono<sup>2</sup>

1)Teknik Kimia UMS, Jl. A. Yani Tromol Pos I Surakarta, Indonesia

2)Teknik Kimia UGM, Jl. Grafika Yogyakarta, Indonesia

E-mail: eni.budiyati@gmail.com

Received: 12 April 2013; revised: 19 September 2013; accepted: 20 September 2013

## ABSTRAK

*Mucuna pruriens* (biji kara benguk) merupakan tanaman penghasil bahan obat-obatan karena mengandung senyawa L-Dopa. Senyawa tersebut dapat digunakan untuk pengobatan penyakit gangguan syaraf, anti bisa ular, meningkatkan bobot dan kekuatan otot, vitalitas seksual pria, zat *anti-aging* dan obat cacing pada manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi L-Dopa dari biji kara benguk dengan menggunakan pelarut air. Di samping itu, penelitian ini juga mengevaluasi pengaruh dari diameter partikel terhadap konsentrasi L-dopa hasil ekstraksi, koefisien transfer massa ( $k_C$ ), dan difusivitas efektif ( $De$ ). Tahapan yang digunakan pada penelitian ini adalah, persiapan bahan baku, proses ekstraksi, dan analisis L-Dopa. Proses ekstraksi dilakukan dalam tangki yang dilengkapi dengan thermometer.—Analisis L-Dopa dilakukan dengan dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil diameter partikel maka konsentrasi L-Dopa terekstrak semakin besar. Konsentrasi tertinggi diperoleh pada diameter partikel 0,5 mm yaitu 1739,56 ppm. Nilai difusivitas efektif ( $De$ ) untuk variabel diameter partikel (0,5; 0,675; 2,18; dan 2,5 mm) hampir sama yaitu  $2,99 \cdot 10^{-5}$  sampai  $3,07 \cdot 10^{-5}$   $cm^2$ /menit. Sedangkan nilai koefisien transfer massa ( $k_C$ ) berbanding terbalik dengan diameter partikel. Nilai  $k_C$  berkisar antara  $2,83 \cdot 10^{-2}$  sampai  $3,98 \cdot 10^{-2}$   $g/cm^2$ .menit.

Kata kunci : Biji Kara Benguk, Difusivitas, Ekstraksi, Koefisien Transfer Massa, L-Dopa.

## ABSTRACT

*Mucuna pruriens* is a producer of pharmaceuticals ingredients, because it contains L-Dopa compound. That compound can be used for the treatment of neurological disorders, anti-snake venom, increase weight and muscle strength, male sexual vitality, as well as an anti-aging and de-worming in humans. This research objective was to extract L-Dopa from the *Mucuna pruriens*'s seeds by use water as solvent. In addition, this study also evaluated the effect of particle diameter on the concentration of extracted L-dopa, mass transfer coefficient ( $k_C$ ), and effective diffusivity ( $De$ ). The stages used in this study are raw material preparation, extraction and analysis of L-Dopa. Extraction process was carried out in a stirred tank equipped by thermometer. The analysis of L-Dopa was done by measuring the absorbance use High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The results showed that the smaller the particle diameter increasing the concentration of extracted L-Dopa. The highest concentration obtained in particle diameter of 0.5 mm is equal to 1739.56 ppm. Value of effective diffusivity ( $De$ ) for various particle diameters (0.5, 0.675; 2.18, and 2.5 mm) is almost similar,  $De$  values around  $2.99 \times 10^{-5}$  to  $3.07 \times 10^{-5}$   $cm^2$  / minutes. While the value of mass transfer coefficient ( $k_C$ ) is inversely proportional to the particle diameter. Range of  $k_C$  values between  $2.83 \times 10^{-2}$  to  $3.98 \times 10^{-2}$   $g/cm^2$ .minutes.

Key words : *Mucuna pruriens*'s seed, diffusivity, Extraction, Mass transfer coefficient, L-Dopa.

## PENDAHULUAN

*Mucuna pruriens* mempunyai kandungan nutrisi yang tidak jauh berbeda dengan kacang-kacangan yang lain. Berdasarkan hasil analisis nutrisi pada beberapa varietas *Mucuna* yang tersebar di seluruh Indonesia, *Mucuna pruriens*

memiliki kandungan protein sekitar 20,99% hingga 36,98%. Di samping itu, biji *Mucuna pruriens* juga mengandung senyawa L-Dopa yang bisa dimanfaatkan sebagai obat herbal, untuk pengobatan penyakit gangguan syaraf

(parkinson), anti bisa ular, meningkatkan bobot dan kekuatan otot, vitalitas seksual pria, serta sebagai zat *anti-aging* dan obat cacing pada manusia (Eilittä, dkk. 2000).

Pengambilan L-Dopa dari biji kara benguk (*Mucuna pruriens*) bisa dilakukan dengan proses ekstraksi. Ekstraksi merupakan proses pemindahan suatu komponen di padatan atau cairan ke dalam cairan yang lain atau zat pelarut. Ekstraksi padat-cair sering disebut dengan *leaching*. Kecepatan *leaching* menunjukkan kecepatan perpindahan zat terlarut dari satu fase ke fase yang lain. Beberapa faktor yang berpengaruh, antara lain ukuran partikel; jenis pelarut; suhu; dan pengadukan. Menurut Pinelo, et. al. (2005), beberapa variabel yang mempunyai pengaruh cukup signifikan terhadap efisiensi kecepatan transfer massa antara lain ukuran partikel, *flow rate solvent* dan *sample quantity*.

Hasil proses ekstraksi merupakan suatu fungsi seberapa cepat komponen dapat terlarut dan kesetimbangan di dalam fase cair tercapai. Ada empat tahap transfer massa yang terjadi di dalam proses perpindahan zat terlarut dari padatan ke badan utama cairan. Tahapan tersebut adalah (1) perpindahan massa dari mesopores ke macropores, (2) perpindahan massa dari macropores ke permukaan padatan, (3) perpindahan massa dari permukaan padatan ke lapisan film cairan, dan (4) perpindahan massa dari lapisan film cairan ke badan utama cairan. Namun, berdasarkan besarnya tahanan transfer massa maka dua tahapan bisa diabaikan. Dalam hal ini difusi zat terlarut dari padatan ke dalam pelarut memegang peranan penting (Gertennbach 2001).

Beberapa sistem dipakai untuk menjalankan berbagai macam proses ekstraksi. Pada umumnya *leaching* akan terjadi dalam keadaan tidak ajeg (*unsteady state*) dan keadaan ajeg (*steady state*). Proses *leaching* yang ajeg (*steady state*) biasanya akan didapati pada sistem kontinu. Proses *leaching* dapat ditingkatkan dengan menggunakan aliran berlawanan arah antara pelarut dan padatan, sehingga menaikkan intensitas dan kesempatan kontak antar kedua fase tersebut. Sistem yang relatif sederhana adalah proses *leaching batch*, yang termasuk kategori sistem tidak mantap. Bentuk proses ekstraksi yang paling sederhana adalah ekstraksi di dalam sebuah tangki berpengaduk (Yogiswara 2008).

Berdasarkan penelusuran dan studi pustaka yang telah dilakukan, sudah cukup banyak penelitian yang membahas pengambilan L-Dopa dari biji kara benguk dari tinjauan ilmu pertanian, farmasi dan ilmu pangan. Di mana penelitian-penelitian tersebut biasanya lebih menitik-beratkan pada pembahasan mengenai

kandungan nutrisi, pemanfaatannya dalam pengobatan maupun banyaknya L-Dopa yang terambil dalam proses ekstraksi (belum dilakukan pembahasan dari sisi engineering). Myhrman et. al. (2000) melakukan ekstraksi (diulang sebanyak empat kali) L-Dopa dari biji kara benguk dengan pelarut air. Szabo et. al. (2001) mengekstraksi L-Dopa dari biji kara benguk dengan 0,1 N HCl dan etanol. Laurent et. al. (2000) menggunakan air sebagai pelarut di dalam sonication bath untuk mengekstraksi L-Dopa. Siddhuraju and Becker (2001) mengekstraksi L-Dopa dengan pelarut 0,1 N HCl di dalam sonication bath. Sedangkan penelitian tentang L-Dopa dari sisi engineering dilakukan oleh Yogiswara (2008) dengan pembahasan mengenai persamaan prediksi konsentrasi L-Dopa, koefisien transfer massa volumetrik berdasarkan korelasi bilangan tak berdimensi dan prosentase berat (pelarut yang digunakan adalah air).

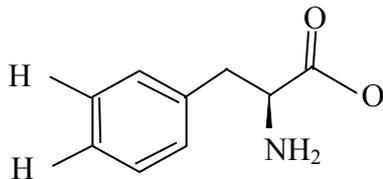
*Mucuna pruriens* merupakan tanaman yang tersebar luas dan dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis. Tanaman ini mempunyai daun yang lebar dan merambat, panjang batang hampir mencapai ukuran lengan orang dewasa. Bentuk biji *Mucuna pruriens* seperti biji kacang-kacangan yang lain, tetapi berukuran lebih besar. Selain itu bijinya mempunyai warna yang cukup banyak, yaitu: hitam, merah, merah muda, cokelat, putih dan lain-lain (Ezeagu, et. al. 2003). Tanaman kara benguk ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Tanaman Kara Benguk

L-Dopa dapat digunakan untuk pengobatan parkinson. Senyawa yang mempunyai rumus kimia  $C_9H_{11}NO_4$  merupakan senyawa amino non protein yang mempunyai berat molekul 197,19 g/mol, titik leleh 270 sampai 284°C (Owen 2006). Pada keadaan atmosferis, L-Dopa berupa padatan berwarna putih, tidak berbau dan tidak berasa. L-Dopa

merupakan senyawa yang mudah larut dalam suasana asam kuat seperti asam hidroklorida 3 N dan asam format, larut dalam air dan tidak larut dalam etanol, benzen, kloroform dan etil asetat . Sedangkan kelarutan L-Dopa dalam air adalah 66 mg/ 40 mL dengan panjang gelombang (UV) 220,5 nm dan 280 nm. Struktur molekul L-Dopa ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Struktur molekul L-Dopa

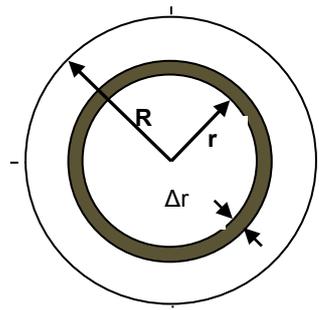
Ukuran partikel mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap ekstraksi atau *leaching*, yaitu semakin kecil ukuran partikel, maka kecepatan ekstraksi akan meningkat sehingga *yield* total produk akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran partikel (massa sama) maka luas permukaan kontak antara padatan dan pelarut akan bertambah dan jarak lintasan difusi zat terlarut di dalam partikel padat semakin pendek sehingga zat terlarut membutuhkan waktu yang lebih pendek untuk mencapai permukaan padatan (Landbo dan Meyer 2001). Menurut Texeira (dalam Eilittä dkk. 2000), ukuran partikel (biji kara benguk) mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap kecepatan ekstraksi L-Dopa. Dengan ukuran partikel sekitar 1 mm, waktu ekstraksi 2 jam, jumlah L-Dopa yang terekstrak bisa mencapai 80%.

Proses ekstraksi levodopa (L-dopa) dari biji kara benguk pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan air sebagai pelarut, dijalankan di dalam reaktor tangki berpengaduk dengan pemanasan. Koefisien transfer massa padat-cair dan difusivitas efektif diperlukan untuk data perancangan alat-alat proses seperti pelarutan, kristalisasi, ekstraksi dan fermentasi (Fogler 2006). Difusi adalah peristiwa mengalirnya atau berpindahannya suatu zat dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah. Difusi merupakan salah satu peristiwa perpindahan massa yang prosesnya sering juga dilakukan dalam industri-industri. Proses difusi minimal melibatkan dua zat, salah satu zat berkonsentrasi lebih tinggi daripada zat lainnya atau dapat dikatakan dalam kondisi belum setimbang, Keadaan ini dapat

menjadi driving force dari proses difusi. Difusi akan terus terjadi hingga seluruh partikel tersebar luas secara merata atau mencapai keadaan kesetimbangan, dimana perpindahan molekul tetap terjadi walaupun tidak ada perbedaan konsentrasi.

Perhitungan difusivitas efektif cukup penting karena tidak semua area normal dari padatan memungkinkan molekul untuk mendifusi, dan juga adanya kemungkinan variasi porositas bahan. Koefisien transfer massa dan difusivitas efektif tidak dapat diukur secara langsung, namun dapat dievaluasi menggunakan model matematis yang sesuai untuk mensimulasikan sistem. Data laboratorium yang diambil adalah konsentrasi zat A (L-Dopa terekstrak) sebagai fungsi waktu.

Dalam menyusun model matematis ini, diambil beberapa asumsi antara lain: a). Padatan berbentuk bola dengan jari-jari R seperti terlihat pada Gambar 3, b). Proses berlangsung pada suhu tetap, c). Ukuran padatan tidak berubah, dan d). Pengadukan dalam tangki sempurna sehingga konsentrasi zat terlarut dalam larutan seragam.



Gambar 3. Elemen Volume pada Biji Kara Benguk

**Neraca massa zat terlarut pada padatan di dalam elemen volum (bidang yang diblok):**

$$\left( \begin{matrix} \text{kecepatan} \\ \text{massa} \\ \text{masuk} \end{matrix} \right) - \left( \begin{matrix} \text{kecepatan} \\ \text{massa} \\ \text{keluar} \end{matrix} \right) = \left( \begin{matrix} \text{kecepatan} \\ \text{akumulasi} \end{matrix} \right)$$

$$4\pi r^2 N_A|_r - 4\pi r^2 N_A|_{r+\Delta r} = 4\pi r^2 \Delta r \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (1)$$

Dan apabila Persamaan (4) tersebut dibagi dengan  $4\pi\Delta r$ , akan diperoleh :

$$\frac{r^2 N_A|_r - r^2 N_A|_{r+\Delta r}}{\Delta r} = r^2 \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (2)$$

Jika diambil limit  $\Delta r \rightarrow 0$ , maka Persamaan (2) menjadi :

$$-\frac{\partial}{\partial r} [r^2 N_A] = r^2 \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (3)$$

Berdasarkan hukum Fick :

$$N_A = -D_e \frac{\partial C_A}{\partial r} \quad (4)$$

Dan jika persamaan (4) tersebut disubstitusikan ke Persamaan (3), diperoleh

$$\frac{\partial^2 C_A}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial C_A}{\partial r} = \frac{1}{D_e} \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (5)$$

Dengan kondisi batas sebagai berikut:

$$\text{Initial condition} \quad : \quad C_A(r, 0) = C_{A0} \quad (6)$$

$$\text{Boundary Condition:} \quad \left. \frac{\partial C_A}{\partial r} \right|_{(0,t)} = 0 \quad (7)$$

$$\left. \frac{\partial C_A}{\partial r} \right|_{(R,t)} = -\frac{k_C}{D_e} [C_{Ax}^* - C_{Ax}] \quad (8)$$

Harga  $C_{Ax}$  dihitung dengan persamaan:

$$C_{Ax}^* = H C_A(R, t) \quad (9)$$

Dengan  $C_{Ax}^*$  = konsentrasi zat terlarut yang menempel pada permukaan padatan sehingga Persamaan (8) menjadi:

$$\left. \frac{\partial C_A}{\partial r} \right|_{(R,t)} = -\frac{k_C}{D_e} [H C_A(R, t) - C_{Ax}] \quad (10)$$

**Neraca massa zat terlarut di dalam pelarut dan padatan:**

$$\begin{bmatrix} \text{massa zat} \\ \text{terlarut} \\ \text{dalam pelarut} \\ \text{saat } t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{massa zat} \\ \text{terlarut di} \\ \text{fase padat} \\ \text{mula - mula} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{massa zat} \\ \text{terlarut di} \\ \text{fase padat} \\ \text{saat } t \end{bmatrix}$$

$$W C_{Ax} - W C_{Ax0} = V_s C_{A0} - \frac{3 V_s}{4 \pi R^3} \int_0^R C_A 4 \pi r^2 dr \quad (11)$$

Atau dapat disederhanakan sebagai berikut:

$$C_{Ax} = C_{Ax0} + \frac{V_s}{W} \left[ C_{A0} - \frac{3}{R^3} \int_0^R C_A r^2 dr \right] \quad (12)$$

Dengan:

$C_A$  = konsentrasi L-Dopa dalam padatan, g/ cm<sup>3</sup>

$C_{Ax}$  = konsentrasi L-Dopa dalam pelarut, g L-Dopa /g pelarut

$C_{Ax0}$  = konsentrasi L-Dopa dalam pelarut, mula-mula, g L-Dopa /g pelarut

R = jari-jari partikel padatan, cm

T = waktu, menit

$D_e$  = difusivitas efektif, cm<sup>2</sup>/menit

$k_C$  = koefisien transfer massa, g/ cm<sup>2</sup>.menit

W = massa solvent, g

$V_s$  = volume padatan, cm<sup>3</sup>

Penyelesaian Persamaan (5), (6), (7) dan (10) menggunakan metode *Finite Difference* dengan metode eksplisit (Everstine 2010), sedangkan Persamaan (12) dengan metode *Trapezoidal's Rule* (Fogler 2006). Nilai  $k_C$  dan  $D_e$  dioptimasi menggunakan metode *Hooke-Jeeves* (Chapra and Canale 2009). Nilai  $k_C$  dan  $D_e$  dinyatakan optimal apabila memberikan harga *Error* minimum. *Error* dihitung dengan Persamaan berikut:

$$\text{Error} = \left( \frac{C_{Ax} \text{ data} - C_{Ax} \text{ hasil hitungan}}{C_{Ax} \text{ data}} \right)^2 \quad (13)$$

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kara benguk (*Mucuna pruriens DC.*) dan akuabides. Akuabides diperoleh dari CV. Asia Lab Yogyakarta, sedangkan biji kara benguk diperoleh dari daerah Boyolali.

### Metode Percobaan

Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu tahap persiapan bahan baku, proses ekstraksi, dan analisis hasil.

### Persiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku dimulai dengan proses pembersihan biji kara benguk untuk menghilangkan kotoran yang terikut. Kemudian digiling dan selanjutnya dimasukkan ke dalam ayakan untuk memisahkan partikel padat (biji kara benguk yang sudah digiling) berdasarkan ukurannya. Sebelum digunakan dalam proses ekstraksi partikel padat tersebut dikeringkan sampai diperoleh kadar air 8,8 %.

### Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi dilakukan dengan memasukkan 15 gram biji kara benguk dengan

diameter tertentu (sebagai variabel digunakan diameter partikel 0,5; 0,675; 2,18; dan 2,5 mm) dan 500 mL air sebagai *solvent* ke dalam ekstraktor (*beaker glass*). Kemudian proses ekstraksi dijalankan pada suhu tetap (32°C) dengan kecepatan pengadukan 470 rpm selama 1 jam. Pada menit ke-5, 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 diambil sampel masing-masing sebanyak 5 mL. Sampel tersebut kemudian disaring dengan kertas saring dan disimpan dalam botol sampel. Setelah itu sampel dianalisis kadar L-Dopanya.

**Analisis Produk**

Konsentrasi L-Dopa dalam sampel yang diambil dari proses ekstraksi dianalisis dengan mengukur absorbansinya menggunakan *High Performance Liquid Chromatography (HPLC)* Shimadzu™ dengan jenis kolom adsorbosi C18, suhu operasi 28°C, fase gerak 15% asetonitril dalam aquades, detektor Shimadzu SPD-10AV, kecepatan alir 1 mL/menit, dan volume injeksi 20 µL (Szabo and Tebbett 2000).

**Variabel Penelitian**

Dalam penelitian ini digunakan variabel tetap tekanan (1 atm), kecepatan putaran pengaduk (470 rpm), suhu (32°C), massa biji kara bengkok (15 gram), dan volume air sebagai pelarut (500 mL). Data-data tersebut diambil berdasarkan hasil penelitian sebelumnya.

Variabel bebas yang diambil dalam penelitian proses ekstraksi L-Dopa dari biji kara bengkok ini adalah diameter biji kara bengkok yaitu 0,5; 0,675; 2,18; dan 2,5 mm

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Konsentrasi L-Dopa dalam pelarut (sampel) ditentukan dengan membandingkan luas area kurva pada hasil analisis sampel dengan luas area kurva pada grafik kurva standar. Grafik kurva standar merupakan grafik hubungan luas area kurva larutan standar dengan konsentrasi.

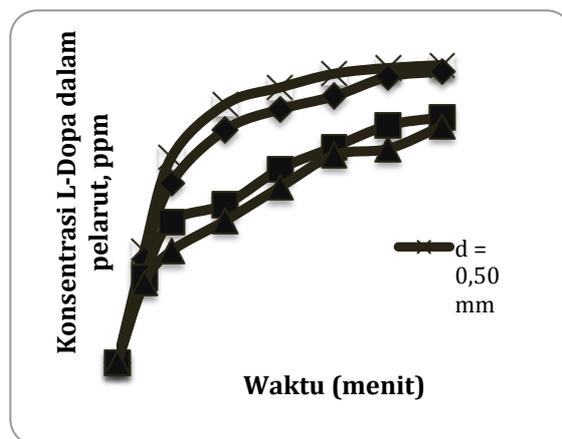
**Pengaruh Ukuran (Diameter) Biji Kara Bengkok**

Ukuran (diameter) biji kara bengkok berpengaruh pada luas permukaan padatan sehingga akan berpengaruh pada luas kontak antara biji kara bengkok dan pelarut. Variasi ukuran partikel yang dilakukan pada penelitian ini adalah 0,50; 0,675; 2,18; dan 2,50 mm. Hasil laboratorium yang menunjukkan pengaruh diameter biji kara bengkok terhadap konsentrasi L-Dopa hasil ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4 berikut:

Tabel 1. Pengaruh diameter biji kara bengkok (T = 32°C, S/L = 15 g/ 500 mL, N = 470 rpm)

No	Waktu (menit)	Konsentrasi L-Dopa , ppm			
		0,50 mm	0,675 mm	2,18 mm	2,50 mm
1	0	0	0	0	0
2	5	655	605	501	466
3	10	1200	1051	825	654
4	20	1511	1363	927	832
5	30	1608	1481	1132	1026
6	40	1689	1558	1262	1214
7	50	1723	1672	1388	1251
8	60	1739	1702	1435	1384

Dari Tabel 1 dan Gambar 4 terlihat bahwa secara keseluruhan, semakin kecil ukuran biji kara bengkok yang digunakan, konsentrasi L-Dopa dalam air (sebagai pelarut) semakin besar. Hal ini disebabkan karena dengan ukuran biji kara bengkok yang semakin kecil, maka luas permukaan kontak antara biji kara bengkok dengan pelarut semakin besar sehingga kecepatan transfer massa juga semakin besar. Disamping itu, semakin kecil diameter biji kara bengkok yang digunakan, maka jarak atau lintasan difusi dari dalam biji kara bengkok ke permukaan biji kara bengkok juga semakin pendek sehingga akan memperbesar kecepatan perpindahan massa. Hasil ini sesuai dengan yang dilakukan oleh Yogiswara (2008) yang memvariasikan diameter biji kara bengkok, dimana L-Dopa terekstrak akan meningkat dengan semakin kecil ukuran biji kara bengkok yang digunakan.



Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi L-Dopa dalam pelarut dengan waktu pada berbagai ukuran biji kara bengkok

Gambar 4 juga menunjukkan adanya penurunan gradien kurva terhadap waktu. Hal ini disebabkan karena semakin lama konsentrasi di cairan semakin mendekati konsentrasi jenuhnya (gradien konsentrasi semakin kecil) sehingga kecepatan transfer massa semakin kecil. Kecepatan transfer massa ditentukan oleh adanya perbedaan (*driving forcé*) dari keadaan kesetimbangan (Smith and Van Ness 2001). Dari kurva dapat disimpulkan waktu optimal untuk proses ekstraksi L-Dopa dari biji kara benguk adalah 20-40 menit.

**Hasil Perhitungan  $C_{Ax}$ , *error*,  $De$  dan  $kc$  pada Berbagai Diameter Biji Kara Benguk**

Nilai  $De$  dan  $kc$  dapat ditentukan dengan menggunakan model matematis yang sesuai untuk mensimulasikan sistem yang ditinjau berdasarkan data fisik di laboratorium. Data laboratorium yang diambil adalah konsentrasi zat A (L-Dopa terekstrak) sebagai fungsi waktu. Perhitungan  $C_{Ax}$  menggunakan metode *Finite Difference* (eksplisit) dan *Trapezoidal's Rule*. Sedangkan nilai  $k_C$  dan  $De$  dioptimasi menggunakan metode *Hooke-Jeeves*. Nilai  $k_C$  dan  $De$  dinyatakan optimal apabila memberikan harga *Error* minimum. Konsentrasi L-Dopa terlarut dalam air hasil perhitungan matematis, nilai  $De$ ,  $kc$  dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa rerata error yang dihasilkan cukup kecil, yaitu 0,0118. Hal ini berarti bahwa model matematis yang digunakan sudah cukup sesuai.  $C_{Ax}$  hitungan digunakan untuk menentukan nilai  $De$  dan  $kc$ . Nilai difusivitas efektif ( $De$ ) untuk variabel diameter biji kara benguk (0,5; 0,675; 2,18; dan 2,5 mm) yang dihasilkan dalam optimasi secara umum hampir sama yaitu  $2,99 \cdot 10^{-5}$  sampai  $3,07 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{menit}$ . Jadi diameter biji kara benguk relatif tidak mempengaruhi nilai difusivitas efektif ( $De$ ) karena  $De$  hanya dipengaruhi oleh sifat fisis biji kara benguk dan suhu.

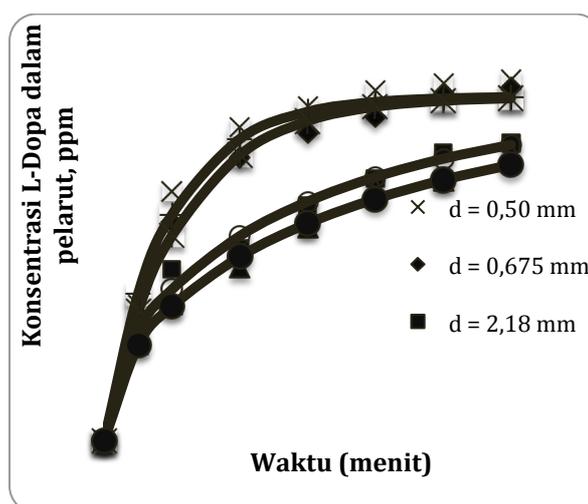
Gambar 5 menunjukkan untuk diameter 0,0675 cm diperoleh hasil konsentrasi L-Dopa terekstrak yang tidak jauh berbeda dengan 0,05 cm (*slope* di awal naik drastis). Peristiwa ini terjadi karena untuk ukuran biji kara benguk yang relatif sangat kecil, lintasan atau jarak difusi dari dalam biji kara benguk sangat kecil dan transfer massa secara konveksi lebih menentukan atau mengontrol.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai atau harga koefisien transfer massa ( $kc$ ) berbanding terbalik dengan diameter biji kara benguk. Pengaruh diameter biji kara benguk terhadap  $kc$  dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

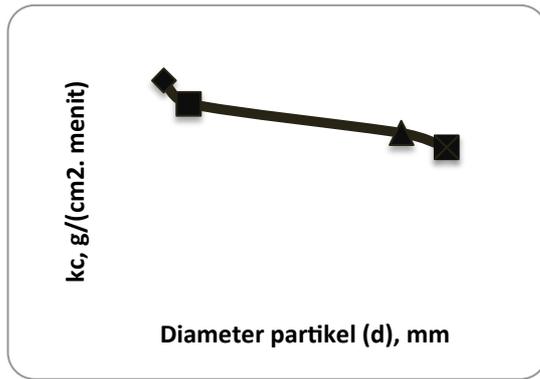
Tabel 2. Hasil perhitungan  $C_{Ax}$ , *error*,  $De$  dan  $kc$  pada berbagai diameter biji kara benguk (suhu =  $32^\circ\text{C}$ , S/L = 15 g/ 500 mL, N = 470 rpm)

Waktu (menit)	Konsentrasi L-Dopa, ppm			
	0,5 mm	0,675 mm	2,18 mm	2,5 mm
	$C_{Ax}$ hit	$C_{Ax}$ hit	$C_{Ax}$ hit	$C_{Ax}$ hit
0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	707,7	622,1	521	459,7
10	1088,6	987,1	728,5	647,1
20	1452,7	1375,5	985,5	886,1
30	1583,9	1539,0	1151,2	1045,8
40	1631,2	1607,8	1269,5	1163,9
50	1648,3	1636,8	1357,8	1255,6
60	1654,4	1649,0	1425,1	1328,5
$\Sigma error$	0,0223	0,0091	0,0201	0,0175
$De$	2,99E-05	3,06E-05	3,04E-05	3,07E-05
$kc$	3,98E-02	3,58E-02	3,08E-02	2,83E-02
Total error				0,0473
Rerata error				0,0118

$De$  dalam  $\text{cm}^2/\text{menit}$  dan  $kc$  dalam  $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{menit}$



Gambar 5. Hubungan antara  $C_{Ax}$  data dan  $C_{Ax}$  hit dengan waktu pada berbagai diameter biji kara benguk.



Gambar 6. Hubungan antara koefisien transfer massa ( $k_c$ ) dengan diameter biji kara benguk

Dari Gambar 6 terlihat bahwa nilai koefisien transfer massa turun dengan kenaikan ukuran (diameter) biji kara benguk. Hal ini dikarenakan dengan semakin kecil butiran partikel (untuk massa padatan yang sama), maka jumlah butiran partikel semakin banyak sehingga luas permukaan kontak dan olakan (turbulensi) partikel lebih besar. Turbulensi yang besar akan menurunkan tebal lapisan film, sehingga tahanan transfer massa pada lapisan film turun yang artinya koefisien transfer massa ( $k_c$ ) menjadi lebih besar. Sebagai dampak kenaikan koefisien transfer massa diperoleh konsentrasi L-Dopa yang terekstrak akan meningkat. Hal ini dikarenakan dengan adanya kenaikan  $k_c$  berarti laju perpindahan massa senyawa L-Dopa dari dalam biji kara benguk ke dalam pelarut (air) menjadi lebih cepat.

## KESIMPULAN

Diameter biji kara benguk mempunyai korelasi berbanding terbalik terhadap konsentrasi L-Dopa terekstrak. Demikian pula hubungan antara diameter biji kara benguk dengan koefisien transfer massa ( $k_c$ ). Sedangkan nilai difusivitas efektif cenderung konstan dengan perubahan ukuran biji kara benguk. Pada penelitian diperoleh nilai  $D_e$  berkisar antara  $2,99 \cdot 10^{-5}$  sampai  $3,07 \cdot 10^{-5}$   $\text{cm}^2/\text{menit}$  sedangkan nilai  $k_c$  berkisar antara  $2,83 \cdot 10^{-2}$  sampai  $3,98 \cdot 10^{-2}$   $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{menit}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

Chapra, S. dan Canale, R., 2009, "Numerical Methods for Engineers", McGraw-Hill Education

- Eilittä, M., Bressani, R., Carew, L. B., Carsky, R. J., Flores, M., Gilbert, R., Huyck, L., St-Laurent, L., dan Szabo, N. J., 2000, "Mucuna pruriens as a Food and Feed Crop: An Overview, *International Cover Crops Clearinghouse*, 1, 18-45.
- Everstine, G. 2010. Numerical Solution of Partial Differential Equations : Finite Difference Method, Gaithersburg, Maryland
- Ezeagu, I.E., Maziya-Dixon, B., and Tarawali, G. 2003. Seed Characteristics and Nutrient and Antinutrient Composition of 12 *Mucuna pruriens* Accessions from Nigeria, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1, 129-139.
- Fogler, H.S. 2006. Elements of Chemical Reactor Engineering, 4rd ed., Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey
- Gertennbach, D. D. 2001. *Solid-Liquid Extraction Technologies for Manufacturing Nutraceuticals from Botanical*, CRC Press Inc., Boca Raton, FL.
- Landbo, A. K., and Meyer, A. S. 2001. Enzyme-Assisted Extraction of Antioxidative Phenols from Black Currant Juice Press Residues (*Ribes nigrum*), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3169-3177.
- Myhrman, R. 2000. Detection and Removal of L-Dopa in the Legume *Mucuna pruriens*, *International Cover Crops Clearinghouse*, 1, 142-162
- Owen, Sonia. 2006. Material Safety Data Sheet, Spectrum Chemical, New Jersey.
- Pinelo, M., Del Fabbro, P., Manzocco, L., Núñez, M. J., dan Nicoli, M. C. 2005. Optimization of Continuous Phenol Extraction from Vitis Vinivera Byproducts, *Food Chemistry*, 92, 109-117.
- Sediawan, W.B., Prasetya, A. 1997. *Pemodelan Matematis dan Penyelesaian Numeris dalam Teknik Kimia*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Szabo, N. J. and Tebbett, I. R. 2000. The Chemistry and Toxicity of *Mucuna pruriens* Species, *International Cover Crops Clearinghouse*, 1, 120-141.
- Treybal, R. E. *Mass Transfer Operation.*, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw\_Hill Book Company, Ltd., Tokyo.
- Yogiswara, D. 2008. Pengambilan Levodopa pada Biji Kara Benguk (*Mucuna pruriens*) dengan Cara Ekstraksi, Tesis diajukan pada Fakultas Teknik Pascasarjana UGM, Yogyakarta.

