

# PERBANDINGAN TINGKAT ADSORBANSI CHITIN DAN KARBON AKTIF DALAM MENJERAP LOGAM CHROMIUM DALAM TANGKI BERPENGADUK

Nunik Sri Wahjuni\*, Danny Anggara\*\*, Desty Rinjayanti\*\*

) \* Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS

) \*\* Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS

**Abstract:** *Chromium and its compounds are highly risk for human's health. According to this fact, it's not save to build an industrial which disposed its chromium metal waste straight to environment. The aim of this research were to adsorp chromium metal and to determine correlation between Concentration, Agitation Speed with volumetric mass transfer coefficient ( $k_c a$ ). It is also to compare the removal efficiency of chromium with activated carbon and chitin. The experiments were carried out using agitated tank and samples were taken every 5 minutes and analyzed using AAS system. The result of this experiment showed that volumetric mass transfer coefficient was reciprocally to concentration of chromium solution and was proportional to agitation speed.*

**Keywords:** *Adsorption, Chromium,  $k_c a$ , removal efficiency*

## PENDAHULUAN

Chromium (Cr) dan senyawanya merupakan logam yang digunakan secara luas dalam penyepuhan perak, penyamakan kulit, industri semen, industri cat, pengolahan logam, pengawetan kayu, tekstil, pembuatan baja dan industri pengalengan (Raji, 1997).

Chromium biasanya berada dalam urutan kedua setelah benzene sebagai penyebab utama pencemaran lingkungan. Chromium dalam susunan berkala pada golongan VIB dari periode ke-4, karena sifat transisi, maka zat tersebut merupakan suatu logam yang ionnya mempunyai warna-warna tertentu. Batas maksimal konsentrasi pembuangan Chromium pada air sungai dan danau adalah 0,1 mg/L dan kandungan Chromium maksimal pada air minum adalah 0,05 mg/L (EPA, 1990).

Carbon Aktif komersial merupakan zat penjerap (adsorben) yang paling banyak digunakan karena mudah diperoleh dan kemampuan penjerapannya yang cukup baik.

Zat lain yang dapat digunakan sebagai zat penjerap pada adsorpsi Chromium adalah Chitin. Chitin terdistribusi sangat luas khususnya dalam jenis-jenis binatang laut dan jasad hidup tingkat rendah termasuk protozoa. Chitin juga terdapat pada

dinding sel jamur dan serangga. (Suhardi, 1993)

Jalan peristiwa adsorpsi sangat ditentukan oleh harga koefisien transfer massa volumetris ( $k_c a$ ). Semakin besar harga  $k_c a$  yang diberikan, berarti adsorpsi yang terjadi akan semakin baik. Besarnya harga  $k_c a$  dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah konsentrasi dan kecepatan pengadukan (terutama untuk reaksi heterogen).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan hubungan koefisien transfer massa volumetris ( $k_c a$ ) terhadap variasi konsentrasi (10 ppm, 20 ppm, 30 ppm) dan variasi kecepatan pengadukan (200 rpm, 300 rpm, 400 rpm), dalam penjerapan logam Chromium dengan Chitin dan Carbon Aktif dan membandingkan persentase removal efficiency Chitin dan Carbon Aktif dalam menjerap Chromium.

## DASAR TEORI

Peristiwa adsorpsi fisis merupakan suatu fenomena permukaan dimana terjadi akumulasi suatu spesies melalui batas muka padatan-fluida. Adsorpsi dapat terjadi karena gaya tarik-menarik elektrostatis saja. Penyebab lain adalah gaya tarik-menarik yang diperbesar dengan ikatan koordinasi hidrogen atau ikatan *Van der Waals*. (Treyball, 1981).

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah :

1. Karakteristik fisika dan kimia dari adsorben
2. Karakteristik fisika dan kimia dari adsorbat
3. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.
4. Karakteristik fase cair
5. Sistem waktu adsorpsi
6. Adanya pengaruh pengadukan dan suhu.

Berdasarkan kuat interaksinya, adsorpsi dibagi menjadi adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia (Treyball,1981).

#### 1. Adsorpsi fisika (*Fisisorpsi*)

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya-gaya fisika.

#### 2. Adsorpsi Kimia (*Chemisorpsi*)

Adsorpsi kimia merupakan interaksi yang melibatkan pembentukan ikatan kimia seperti ikatan kovalen atau ikatan ion antara molekul adsorbat dan permukaan adsorben.

### Chromium

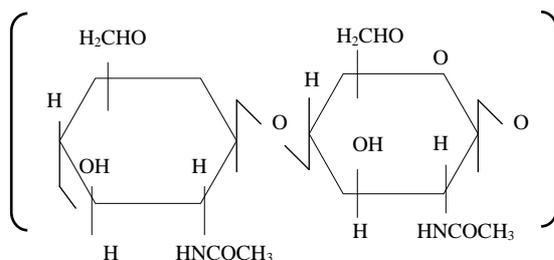
Chromium stabil dalam lingkungan dalam bentuk ion  $Cr^{3+}$  dan  $Cr^{6+}$ . Keduanya mempunyai perbedaan toksisitas dan mobilitas.

Sifat fisis logam Cr adalah:

- Warna : abu-abu
- Berat molekul : 52,01 gr/mol
- Berat jenis : 7,7 gr/cm<sup>3</sup>
- Titik leleh : 1615 °C
- Titik didih : 2200 °C

### Chitin

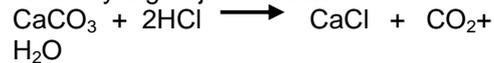
Chitin secara kimiawi adalah polimer polisakarida yang tersusun atas monomer  $\beta$ -(1-4)2-asetamida-2-deoksi-D-glukosi.



Gambar 1 Kitobiosa (monomer Chitin)

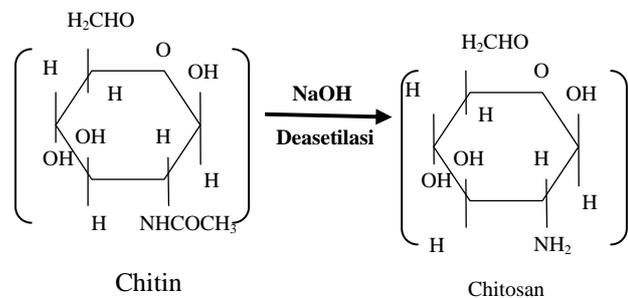
Cangkang udang mengandung mineral berupa  $CaCO_3$  yang berikatan fisis dengan Chitin.  $CaCO_3$  ini dapat dihilangkan dengan perlakuan dalam HCl encer pada suhu kamar. Proses ini ditandai dengan terbentuknya  $CO_2$ . Perlakuan ini disebut proses *demineralisasi*.

Reaksi yang terjadi adalah:



(Suhardi,1993)

Untuk meningkatkan adsorbansi Chitin terhadap logam, gugus amino dalam Chitin dihilangkan dengan *deproteinisasi* atau *deasetilasi*.



Gambar 2 Konversi Chitin menjadi chitosan dengan proteinisasi

Sifat fisis Chitosan:

- Warna : putih
- Bentuk : kristal
- Berat molekul : 1 – 5.10<sup>5</sup>
- Kadar air : 2-10%
- Kadar abu : < 1.0 %
- Nitrogen : 7.0-8.4 %

### Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon amorf yang telah mendapat perlakuan dengan uap dan panas sampai mempunyai afinitas yang kuat sekali untuk menyerap berbagai bahan.

Sifat fisis karbon adalah:

- Warna : hitam
- Bentuk kristalin : amorf
- Berat molekul : 12.1 gr/mol
- Berat jenis : 1,8 - 2,1 gr/cm<sup>3</sup>
- Titik leleh : >3500 °C
- Titik didih : 4200 °C

Sifat kimia Carbon adalah:

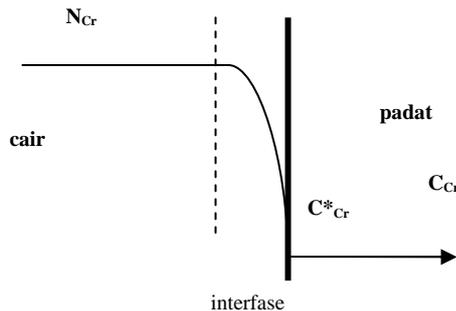
- Tidak larut dalam air dan asam, tetapi larut dalam alkali, misalnya NaOH dan KOH (Perry,1999).

Untuk bisa teradsorpsi, Chromium dari cairan mengalami proses seri sebagai berikut:

- Perpindahan massa Chromium dari cairan ke permukaan butir melalui lapisan film tipis.
- Difusi dari permukaan butir ke dalam butir melalui pori.
- Perpindahan massa cairan dalam pori ke dinding pori.
- Adsorpsi pada dinding pori.

Perpindahan massa proses c dan d berlangsung sangat cepat, sehingga yang mengontrol adalah perpindahan massa Chromium dari cairan ke permukaan butir melalui permukaan film tipis.

Ilustrasi untuk peristiwa transfer massa dari padatan ke dalam cairan:



Gambar 3 Ilustrasi transfer massa dari cairan ke padatan

Kecepatan perpindahan massa tersebut dapat ditulis dengan persamaan:

$$N_{Cr} = k_c \cdot a \cdot (C_{Cr} - C^*_{Cr}) \quad (1)$$

Dengan

$C_{Cr}$  = konsentrasi Cr dalam cairan,  $mg/cm^3$

$C^*_{Cr}$ =konsentrasi Cr dalam cairan yang setimbang dengan permukaan butir adsorben,  $mg/cm^3$

$N_{Cr}$ =kecepatan perpindahan massa volumetric,  $mg/cm^3 \cdot menit$

$k_c \cdot a$ =koefisien perpindahan massa volumetric,  $l/menit$

Hubungan kesetimbangan lokal pada setiap tempat terjadinya adsorpsi dapat didekati dengan persamaan:

$$C^*_{Cr} = H \cdot X_{Cr} \quad (2)$$

Dengan

$X_{Cr}$  = mg Cr teradsorpsi / g adsorben

Neraca massa Chromium dalam fasa cair adalah sebagai berikut;

R.input - R.output = R.accumulation

$$0 - N_{Cr} \cdot V = \frac{d(C_{Cr} \cdot V)}{dt} \quad (3)$$

Dalam penelitian ini volume larutan tetap, sehingga:

$$N_{Cr} = - \frac{d(C_{Cr})}{dt}$$

Jika persamaan 1 disubstitusikan ke persamaan 3 didapatkan persamaan 4:

$$k_c \cdot a \cdot (C_{Cr} - C^*_{Cr}) = - \frac{d(C_{Cr})}{dt} \quad (4)$$

Kemudian persamaan 2 disubstitusikan ke persamaan 4, didapatkan persamaan 5:

$$- k_c \cdot a \cdot dt = \frac{d(C_{Cr})}{(C_{Cr} - H \cdot X_{Cr})} \quad (5)$$

Neraca massa total Chromium di dalam sistem :

Massa awal Chromium di Chitin +  
Massa awal Chromium di larutan bulk  
= Massa akhir Chromium di Chitin +  
Massa akhir Chromium di larutan bulk

$$W \cdot X_{Cr,0} + V \cdot C_{Cr,0} = W \cdot X_{Cr} + V \cdot C_{Cr} \quad (6)$$

Pada kondisi awal Chitin tidak mengandung Chromium sehingga diperoleh persamaan 7:

$$V (C_{Cr,0} - C_{Cr}) = W \cdot X_{Cr} \quad (7)$$

Jika persamaan 7 dimasukkan ke persamaan 5 didapatkan persamaan 8

$$-k_c \cdot a \cdot dt = \frac{d(C_{Cr})}{(C_{Cr} - H \cdot \frac{V}{W} (C_{Cr,0} - C_{Cr}))} \quad (8)$$

Persamaan ini diselesaikan dengan kondisi batas :

1. Pada saat  $t=0$ , maka  $C_{Cr}=C_{Cr,0}$
2. Pada saat  $t=t$ , maka  $C_{Cr}=C_{Cr}$

Sehingga diperoleh hubungan antara  $C_{Cr}$  dengan waktu adsorpsi :

$$C_{Cr} = \frac{C_{Cr,0} \left( \text{Exp}(-k_c \cdot a \cdot t \left(1 + \frac{VH}{W}\right) + \left(\frac{VH}{W}\right)) \right)}{1 + \frac{VH}{W}} \quad (9)$$

Untuk menghitung keefektifan masing-masing adsorben dalam mengadsorb logam Chromium, digunakan persamaan berikut:

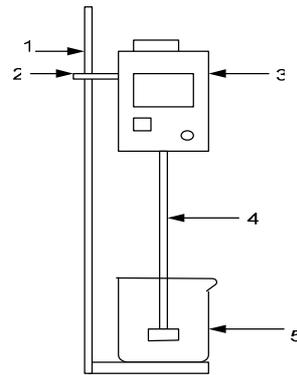
$$\% \text{ Eff} = \frac{C_{Cr,0} - C_{Cr}}{C_{Cr,0}} \times 100\% \quad (10)$$

## METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam chromium, cangkang udang, carbon aktif, aquadest, NaOH, HCl, KI, dan  $H_2SO_4$ .

Rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:



Keterangan gambar :

1. Statif
2. Klem
3. Motor pengaduk
4. Pengaduk berdaun tiga
5. Gelas beker 1000 ml

Gambar 4 Rangkaian Alat Penelitian

### Langkah penelitian

Sebelum digunakan untuk mengadsorpsi, cangkang udang yang mengandung chitin harus dideproteinisasi dan dimineralisasi.

Mula-mula seluruh cangkang udang dibersihkan dengan air, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu  $80^\circ$  selama 5 jam. Untuk proses deproteinisasi, sebanyak 125 gr cangkang udang kering dimasukkan ke dalam 500 mL larutan NaOH 1 N. Campuran ini dikontakkan dengan menggunakan rangkaian alat penelitian selama 4 jam dengan kecepatan pengadukan 900 rpm. Kemudian Chitin kasar hasil deproteinasi dibersihkan dengan air lalu dikeringkan dalam oven pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 24 jam.

Selanjutnya untuk proses dimineralisasi, cangkang udang yang telah mengalami proses deproteinisasi dimasukkan ke dalam larutan HCl 1 N. Campuran ini dikontakkan dengan menggunakan rangkaian alat penelitian selama 4 jam dengan kecepatan pengadukan 900 rpm. Hasilnya dibersihkan dengan air lalu dikeringkan dalam oven pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 24 jam.

Untuk mengetahui adanya chitin dalam cangkang udang yang telah diproses, dilakukan proses uji

keberadaan chitin dengan penambahan KI dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Jika warna cangkang udang berubah menjadi coklat pada penambahan KI dan menjadi merah ungu setelah ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> maka cangkang udang tersebut mengandung chitin dan siap diproses untuk dijadikan adsorben.

Sebelum digunakan untuk mengadsorpsi chromium, chitin dan carbon aktif dibelender untuk mendapatkan ukuran -40+50 mesh. Pada proses adsorpsi chromium, masing-masing adsorben dengan berat 5 gr dikontakkan dengan larutan chromium sebanyak 500 mL dengan variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm dan variasi kecepatan pengadukan 200 rpm, 300 rpm dan 400 rpm. Sampel diambil setiap 5 menit dan dianalisa dengan AAS.

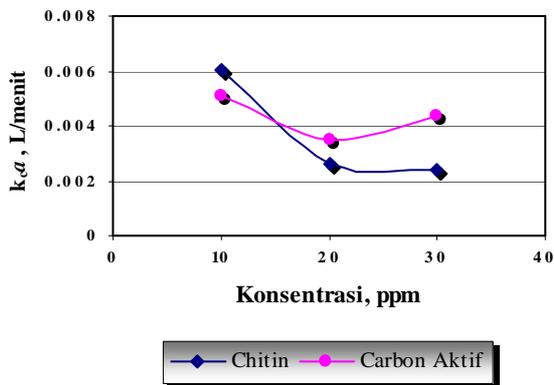
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 harga kca dan % removal adsorpsi chromium dengan chitin pada variasi konsentrasi

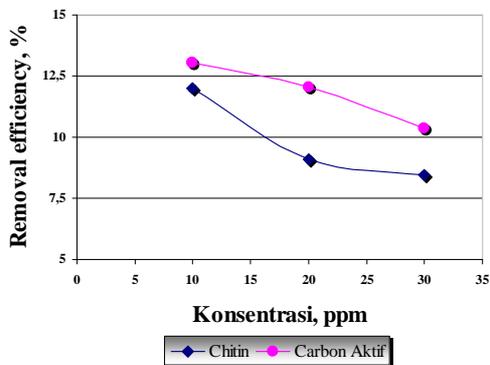
Chitin					
C Cr ppm	rpm	kca	H	% Rem	Ralat %
10	400	6,06E-03	7,32E-02	12.02	6.52
20	400	2,69E-03	0,100113	9.08	1.37
30	400	2,42E-03	0,108123	8.46	1.51

Tabel 2 harga kca dan % removal untuk adsorpsi chromium dengan carbon aktif pada variasi konsentrasi

Karbon Aktif					
C Cr ppm	rpm	kca	H	% Rem	Ralat %
10	400	5,10E-03	6,66E-02	13.06	2.00
20	400	3,50E-03	8,80E-03	12.05	2.39
30	400	4,34E-03	8,64E-02	10.37	2.97



Gambar 5. hubungan kca dan konsentrasi pada masing-masing adsorben



Gambar 6 hubungan removal efisiensi dan konsentrasi pada masing-masing adsorben

Harga koefisien transfer massa volumetris (kca) berbanding terbalik dengan konsentrasi Chromium yang akan diserap. Hal ini disebabkan penggunaan adsorben dengan massa yang konstan, kemampuan adsorben dalam menyerap Chromium juga konstan.

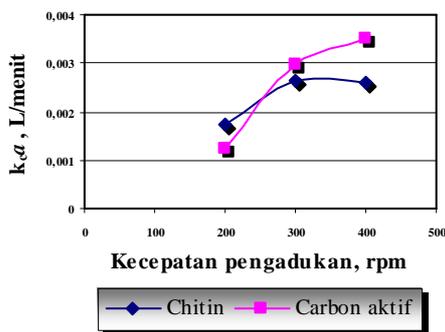
Karbon Aktif lebih efektif dalam menyerap Chromium dibandingkan dengan Chitin. Ini disebabkan Carbon Aktif yang digunakan telah mengalami aktivasi.

**Tabel 3 harga kca dan % removal adsorpsi chromium dengan chitin pada variasi kecepatan pengadukan**

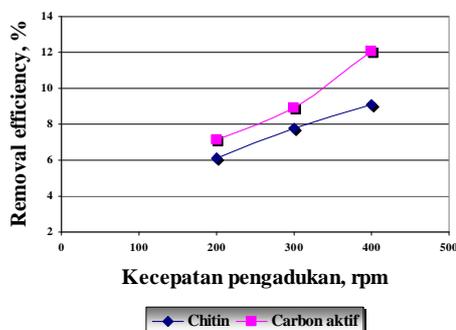
Chitin					
C Cr ppm	rpm	kca	H	% Rem	Ralat %
20	200	1,72E-03	9,22E-03	6.13	0.23
20	300	2,65E-03	9,39E-03	7.77	1.51
20	400	2,69E-03	0,100113	9.08	1.37

**Tabel 4 harga kca dan % removal adsorpsi chromium dengan carbon aktif pada variasi kecepatan pengadukan**

Carbon Aktif					
C Cr ppm	rpm	kca	H	% Rem	Ralat %
20	200	1,24E-03	9,11E-03	7.16	0.36
20	300	2,96E-03	9,28E-03	8.93	1.11
20	400	3,50E-03	8,80E-03	12.05	2.39



**Gambar 7. Hubungan kca dan kecepatan pengadukan pada masing-masing adsorben**



**Gambar 8. Hubungan removal efisiensi dan kecepatan pengadukan pada masing-masing adsorben**

Semakin besar pengadukan yang diberikan, maka semakin besar pula area kontak kedua fase. Dengan semakin besarnya area kontak, maka kemungkinan terserapnya molekul Chromium juga semakin besar.

Carbon Aktif lebih efektif dalam menyerap Chromium dibandingkan dengan Chitin. Ini disebabkan Carbon Aktif yang digunakan telah mengalami aktivasi.

## KESIMPULAN

Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa untuk variasi konsentrasi, harga Kca berbanding terbalik dengan konsentrasi. Nilai Kca optimum yang di dapat dalam variasi konsentrasi untuk Chitin dan Carbon Aktif yaitu  $6.0581E-03$  (Chitin, 10 ppm, 400 rpm) dan  $5.1004E-03$  (Carbon Aktif, 10 ppm, 400 rpm).

Sedangkan untuk variasi kecepatan pengadukan, harga Kca berbanding lurus dengan kecepatan pengadukan. Nilai Kca optimum yang di dapat dalam variasi kecepatan pengadukan untuk Chitin dan Carbon Aktif yaitu  $2.6929E-03$  (Chitin, 20 ppm, 400 rpm) dan  $3.4973E-03$  (Carbon Aktif, 20 ppm, 400 rpm).

Harga % Removal Carbon lebih baik dibandingkan dengan Chitin, sehingga dapat disimpulkan bahwa Carbon mempunyai daya penyerapan yang lebih optimum di bandingkan Chitin. % Removal optimum dari kondisi operasi diatas 12.02% (Chitin, 10 ppm, 400 rpm) dan 13.06% (Carbon Aktif, 10 ppm, 400 rpm).

## SARAN

Proses adsorpsi logam chrom dengan chitin merupakan prospek yang bagus sekali mengingat tingkat adsorbansi yang tidak berbeda jauh dalam penyerapan logam chromium dengan activated commercial carbon yang harganya jauh lebih mahal.

Penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut mengingat terbatas nya akan variasi konsentrasi dan kecepatan pengadukan,serta

system digunakan dalam tangki berpengaduk secara batch.

#### DAFTAR LAMBANG

$C_{Cr}$  = konsentrasi Cr dalam cairan,  $mg/cm^3$   
 $C^*_{Cr}$  = konsentrasi Cr dalam cairan yang setimbang dengan permukaan butir adsorben,  $mg/cm^3$   
 $N_{Cr}$  = kecepatan perpindahan massa volumetric,  $mg/cm^3 \cdot menit$   
 $Kc.a$  = koefisien perpindahan massa volumetric,  $l/menit$   
 $X_{Cr}$  =  $mg$  Cr teradsorpsi /  $g$  adsorben  
 $H$  = konstanta Henry  
 $W$  = massa adsorben,  $g$   
 $V$  = volume larutan,  $cm^3$   
 $t$  = waktu, menit

#### DAFTAR PUSTAKA

Austin, Gorge. T., 1996, *Industri Proses Kimia*, jilid 1, edisi 5, hal 134, Erlangga, Jakarta.  
Hardjono, Ir., 1989, *Operasi Teknik Kimia II*, edisi I, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.  
Noll, K.E., Gournaris, V., and Hou, W.S., 1992, *Adsorbtion Technology for Air and Water*

*Pollution Control*, pp. 1-8, Lewis Publisher Inc., Michigan.

Perry, R.H., 1999, *Perry's Chemical Engineering Handbook*, 7<sup>th</sup> ed, Mc Graw Hill Book Companies Inc, New York.  
Poernomo, S., *Limbah Udara Potensial untuk Industri, Artikel Teknologi Tepat Guna Surat Kabar Harian Jawa Pos*, 22 April 1993, Surabaya.  
Suhardi, 1993, *Khitin dan Khitosan*, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.  
Suhardi, U., Santoso dan Sudarmanto, 1992, *Limbah Pengolahan Udara untuk Produksi Chitin*, Laporan Penelitian BAPPINDO-FTP UGM, Yogyakarta.  
Treybal, Robert. E., 1981, *Mass-Transfer Operation*, Thirt ed, pp. 565-566, Mc Graw Hill Book Company, Singapore.  
Yang, T.C., and Zall, R.R., 1984, *Industrial and Engineering Chemistry Produc Research and Development*, Vol. 23, pp. 168-172