

# KOEFISIEN PERPINDAHAN MASSA NATRIUM BENZOAT DENGAN AIR DALAM KOLOM ISIAN

**L.Urip Widodo**

Jurusan Teknik Kimia UPN "Veteran" Jatim  
Jl. Raya Rungkut Madya, Gununganyar, Surabaya 60294

## *Abstrak*

*Perpindahan massa padat cair sangat penting dan sangat luas penerapannya dalam berbagai proses teknik kimia baik yang disertai reaksi kimia maupun yang tidak disertai reaksi kimia seperti halnya pada pelarutan; distilasi maupun pada ekstraksi. Penelitian ini mencari koefisien perpindahan massa (k<sub>la</sub>) antara natrium benzoate dengan air dalam kolom isian (sistem sirkulasi pipa) dengan tinggi unggun : 3cm; 4cm; 5cm; 7cm; 9cm dan laju alir : 4,29cm<sup>3</sup>/detik; 5,3cm<sup>3</sup>/detik; 6,16cm<sup>3</sup>/detik; 7,62cm<sup>3</sup>/detik; 9,05cm<sup>3</sup>/detik. Dengan menetapkan diameter kolom: 3,2 cm dan diameter partikel (Natrium benzoate) : 0,22mm. Selain itu penelitian ini bertujuan membuat model matematis yang dipengaruhi oleh peubah diatas dan berlaku secara umum sehingga berguna dalam perancangan alat. Model matematis digunakan metode linier berganda dengan semua peubah mempengaruhi secara simultan diperoleh persamaan:*

$$\left[ \frac{k_{la}.Dt^2}{Dv} \right] = 2696,4732 \left[ \frac{Dt.V.\rho}{\mu} \right]^{0,701} \left[ \frac{h}{Dt} \right]^{-1,682}$$

**Kata Kunci :** Air; koefisien perpindahan; kolom isian; natrium benzoate.

## *Abstract*

*Solid liquid mass transfer is important and wide application in many kind of chemical engineering process which followed by chemical reaction or non chemical reaction like solution, distillation and extraction processes. The research is to find the mass transfer coefficient between sodium benzoate with water on the fixed bed ( pipe circulation system) at the height of the bed as follows: 3 cm; 4cm; 5cm; 7cm; 9cm and the flow rate as follows : 4.29cm<sup>3</sup>/second; 5.3cm<sup>3</sup>/second; 6.16cm<sup>3</sup>/second; 7.62cm<sup>3</sup>/second; 9.05cm<sup>3</sup>/second. With 3.2cm fix coulomb diameter and the particle diameter of 0.22mm sodium benzoate. Reside, the objective of this research was to find the mathematic model wich is influenced by the variable above used as general application especially for designing the equipment. By using the non lenear programe with all variables simultaneously found the equation model as follows :*

$$\left[ \frac{k_{la}.Dt^2}{Dv} \right] = 2696,4732 \left[ \frac{Dt.V.\rho}{\mu} \right]^{0,701} \left[ \frac{h}{Dt} \right]^{-1,682}$$

**Key word :** fixed bed; mass transfer coefficient; sodium benzoate; water.

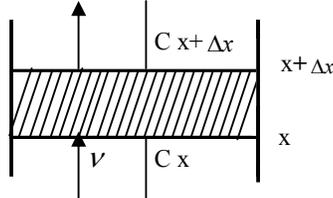
## **Pendahuluan**

Perpindahan massa terjadi ketika suatu komponen dalam suatu campuran berpindah dari satu fase ke fase lainnya oleh karena adanya perbedaan konsentrasi atau tekanan diantara dua titik. Perpindahan ini terjadi dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian berkonsentrasi rendah, sehingga diperoleh beda konsentrasi yang

minimal. Dari tiga fase yaitu fase padat, gas dan cair disini bisa terjadi beberapa kemungkinan terjadi kontak fase yaitu halnya gas dengan gas, gas-padat, gas-cair, cair-cair dan cair-padat. Dalam hal untuk mencapai kesetimbangan maka secara perlahan fase yang berkonsentrasi tinggi akan mendiffusi ke fase yang berkonsentrasi rendah. ( Mc Cabe dkk , 2005 )

**Teori**

Untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu ditinjau Neraca dalam kolom bahan isian pada keadaan steady state untuk elemen volume (A. Δx).



Gambar 1. Elemen volume dalam kolom bahan isian.

Kecepatan aliran masuk – kecerpatan aliran keluar + akumulasi = 0 (Bird, 1960)

$$v \cdot A \cdot C_x - v \cdot A \cdot C_{x+\Delta x} + k_l a \cdot A \cdot \Delta x (C_s - C) = 0 \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan diatas dibagi A. Δx diambil limit Δx → 0 maka diperoleh :

$$v \frac{dc}{dx} = k_l a (C_s - C)$$

$$\frac{dc}{(C_s - C)} = \frac{k_l a}{v} (x_1 - x_0) \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan diatas di integralkan dengan kondisi batas cairan masuk dan cairan keluar akan diperoleh persamaan , untuk C<sub>0</sub> = 0 ; x<sub>0</sub> = 0 dan x<sub>1</sub> = h yaitu :

$$k_l a = \frac{v}{h} \ln \left[ \frac{C_s}{(C_s - C)} \right] \dots\dots\dots(3)$$

Dalam percobaan ini diperkirakan variable - variable yang berpengaruh pada harga koefisien perpindahan massa padat – cair antara lain : Kecepatan aliran (v); tinggi unggun (h); diameter kolom (Dt); diameter partikel (Dp); diffusivitas (Dv); densitas (ρ); viskositas (μ) dan pengaruh gravitasi (g). Sehingga koefisien perpindahan massa (k<sub>l</sub>a) dapat dinotasikan sebagai berikut :

$$k_l a = f(v, h, Dt, Dp, Dv, \rho, (\rho_s - \rho) \mu, -g)$$

$$f(k, v^a, (h)^c, (Dt)^d, (Dp)^e, (Dv)^f, (\rho)^g, (\rho_s - \rho)^h, (\mu)^i, (-g)^j = 1 \dots\dots\dots(4)$$

Selanjutnya persamaan (4) diselesaikan dengan menggunakan cara analisa dimensi akan diperoleh persamaan (5) : (Russell, 1972 dan Broadkey, 1988)

$$\left[ \frac{k_l a D_t^2}{D_v} \right] = K \left[ \frac{D_t v \rho}{\mu} \right]^b \left[ \frac{h}{D_t} \right]^c \dots\dots\dots(5)$$

atau dapat dituliskan :

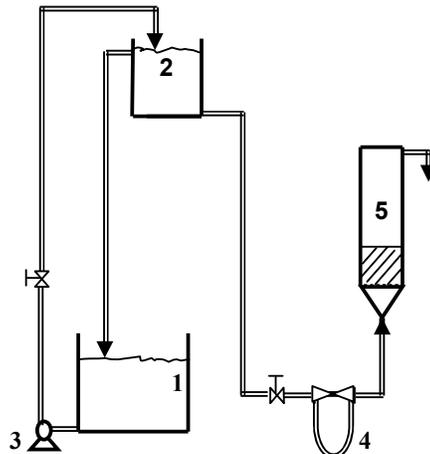
$$\left[ \frac{k_l a D_t^2}{D_v} \right] = K [N Re]^b \left[ \frac{h}{D_t} \right]^c \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan (5) diselesaikan sehingga diperoleh persamaan model matematisnya :

$$\left[ \frac{k_l a D_t^2}{D_v} \right] = 2696,4732 \left[ \frac{D_t v \rho}{\mu} \right]^{-0,701} \left[ \frac{h}{D_t} \right]^{-1,682} \dots(7)$$

**Metode**

Bahan butiran halus Natrium Benzoat 0,22 mm dimasukkan kedalam kolom isian, dengan diameter kolom sebesar 3,2 cm seperti pada gambar alat. Pompa dihidupkan dan kran diatur sedemikian rupa sehingga diperoleh laju alir air tertentu, setelah diperoleh aliran yang steady ambil sample yang keluar dari kolom dan dilakukan analisa konsentrasi natrium benzoatnya. Percobaan ini dilakukan dengan memvariasikan tinggi unggun ( Natrium Benzoat) : 3cm; 4cm; 5cm; 7cm; 9cm.. dan laju alir volumetrik : 4,29 cm<sup>3</sup>/detik; 5,3 cm<sup>3</sup>/detik; 6,16 cm<sup>3</sup>/detik; 7,62 cm<sup>3</sup>/detik; 9,05 cm<sup>3</sup>/detik.



Gambar 2. Rangkaian alat percobaan

Keterangan gambar :

1. Tangki penampung
2. Tangki umpan
3. Pompa
4. Manometer
5. Kolom isian

**Hasil dan Pembahasan**

Dari hasil penelitian diperoleh data kelarutan Natrium benzoate (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COONa) dalam air dengan tinggi unggun dan kecepatan aliran yang berubah-ubah dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Kelarutan Natrium Benzoat Dalam Air Dengan Tinggi Unggun Dan kecepatan Aliran Yang berubah.

Tinggi ungnn (Cm)	Kecepatan aliran ( Cm/ detik)				
	6,0	7,464	8,67	10,7	12,746
	42			6	
Konsentrasi Natrium benzoate terlarut (gr/ml)					
3	0,0569	0,05184	0,049	0,0454	0,0400
4	0,04636	0,041	0,039	0,0386	0,038064
5	0,03218	0,032024	0,03117	0,03113	0,0311088
7	0,0291	0,0282	0,02728	0,02664	0,02584
9	0,026352	0,025768	0,024768	0,024468	0,024336

Dari tabel diatas terlihat bahwasannya semakin tinggi kecepatan aliran dengan tinggi ungnn yang sama maka konsentrasi Natrium Benzoat terlarut semakin rendah. Hal tersebut disebabkan karena waktu kontak yang terjadi antara air dengan Natrium benzoat menjadi semakin kecil. ( Sherwood, 1975 )

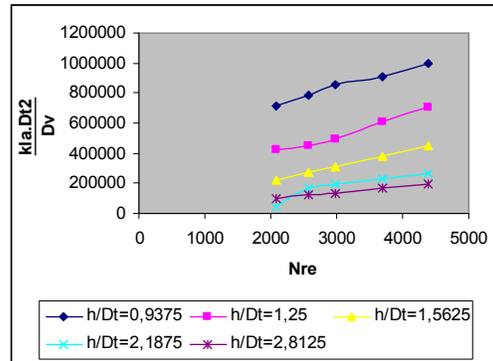
Tabel 2. hasil  $\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$  dengan  $\frac{h}{Dt}$  dan Bilangan Reynold yang bervariasi.

$\frac{h}{D}$	Bilangan Reynold (NRe)				
	2080,103	2567,096	2981,876	3700,691	4381,673
$\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$					
0,9375	715,636,172	789,214,92	859.376,07	907.984,68	999.502,39
1,25	421,162,87	451,931,86	495.831,57	608.520,57	708.470,81
1,5625	222,438,27	274,373,20	308.142,58	383.142,58	453.597,70
2,1875	42.870,047	170,503,349	191.081,339	230.277,512	264.574,16
2,8125	99.754,25	120,332,24	133.266,98	165.603,82	193.041,14

**Pengaruh Bilangan Reynold terhadap  $\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$  :**

Pengaruh bilangan reynold terhadap  $\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$

dapat dilihat pada gambar 3 , terlihat bahwa semakin besar bilangan reynold maka semakin besar pula harga dari  $\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$



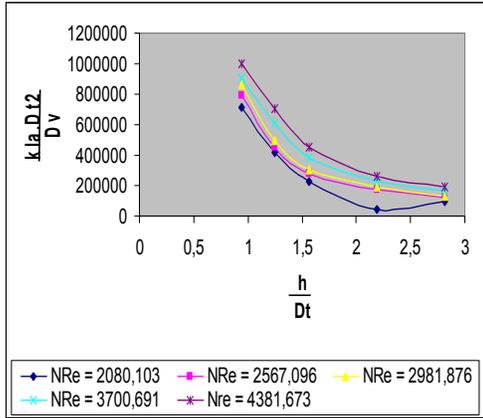
Gambar 3. Hubungan antara Bilangan Reynold (Nre) dengan  $\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$  , (hasil percobaan)

Ini dapat dijelaskan, dengan semakin besarnya bilangan reynold maka gejala aliran pada kolom menjadi semakin turbulensi, akibatnya kelarutan dari asam benzoate dalam air akan menjadi semakin besar seiring dengan naiknya harga dari pada koefisien perpindahan massanya ( kla ). Sehingga dari gambar 3. menunjukkan bahwa bilangan reynold berbanding lurus dengan koefisien perpindahan massanya (kla) sehingga berpengaruh pula pada harga dari  $\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$ .

**Pengaruh  $\frac{h}{Dt}$  terhadap  $\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$  :**

Pengaruh  $\frac{h}{Dt}$  terhadap  $\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$  dapat dilihat pada

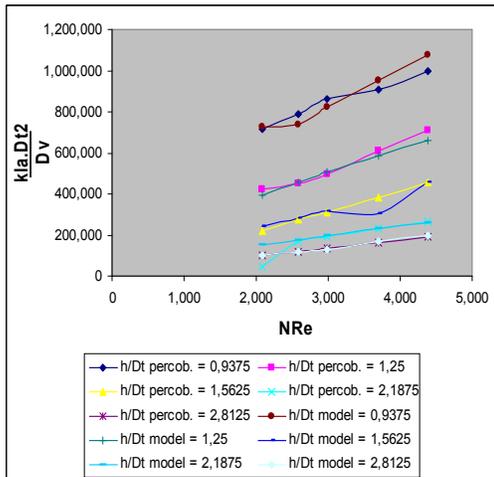
gambar 4., terlihat bahwa semakin besar harga perbandingan antara h dengan Dt maka semakin kecil harga dari  $\left[ \frac{kla.Dt^2}{Dv} \right]$ .



Gambar 4. Hubungan antara  $\frac{h}{Dt}$  dengan  $\left[\frac{kLa.Dt^2}{Dv}\right]$ , (hasil percobaan)

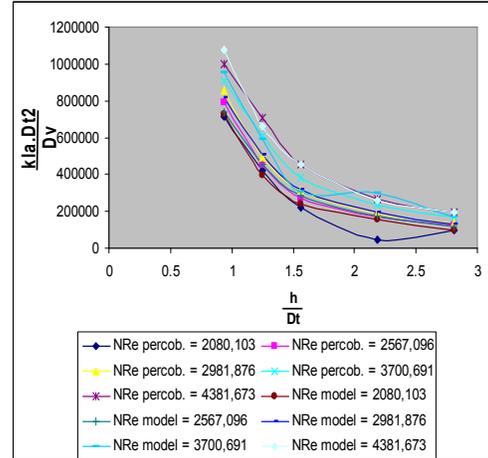
Ini disebabkan karena tinggi unggun akan berpengaruh pada kecepatan aliran dalam kolom, sehingga apabila semakin tinggi unggun kecepatan aliran dalam kolom semakin rendah dan akan berpengaruh pada perpindahan massanya, akibatnya koefisien perpindahan massa (kLa) akan semakin kecil. Itulah sebabnya semakin besar  $\frac{h}{Dt}$  nya maka nilai  $\left[\frac{kLa.Dt^2}{Dv}\right]$  semakin kecil.

**Pengaruh Bilangan Reynold terhadap  $\left[\frac{kLa.Dt^2}{Dv}\right]$ :**



Gambar 5. Hubungan antara Bilangan Reynold (Nre) dengan  $\left[\frac{kLa.Dt^2}{Dv}\right]$ , (hasil percobaan dan model)

**Pengaruh  $\frac{h}{Dt}$  terhadap  $\left[\frac{kLa.Dt^2}{Dv}\right]$ :**



Gambar 6. Hubungan antara  $\frac{h}{Dt}$  dengan  $\left[\frac{kLa.Dt^2}{Dv}\right]$  (hasil percobaan dan model)

Dari gambar 5. dan gambar 6. terlihat bahwa hasil kurva model matematis dengan kurva hasil percobaan menunjukkan kecenderungan yang sama. Sehingga dapat dikatakan bahwa penurunan model matematisnya sudah memenuhi semua dimensi yang berpengaruh pada proses ini. Kurva dari penelitian yang mempunyai kesalahan besar (sekitar 3 % keatas) akan nampak jelas berada jauh dari model matematis.

**Kesimpulan**

1. Berdasarkan hasil penelitian diatas diperoleh hubungan fungsional antara koefisien perpindahan massa dengan peubah perancangan sebagai berikut :

$$\left[\frac{kLa.Dt^2}{Dv}\right] = 2696,4732$$

$$\left[\frac{Dt.v.\rho}{\mu}\right]^{-0,701} \left[\frac{h}{Dt}\right]^{-1,682}$$

2. Dapat disimpulkan bahwa koefisien perpindahan massa berbanding lurus dengan kecepatan aliran dan berbanding terbalik dengan tinggi unggun, hal ini sesuai dengan rumus :

$$KLa = \frac{v}{h} \ln \left[ \frac{Cs}{(Cs-C)} \right]$$

3. Persamaan empiris yang diperoleh dari hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien perpindahan massa merupakan fungsi dari bilangan Reynold.

**Daftar notasi**

- Ct : Konsentrasi larutan pada saat diambil, gr/ml
- Co : Konsentrasi mula-mula, gr/ml
- Cs : Konsentrasi jenuh, gr/ml
- g : Percepatan gravitasi bumi, 980 cm/dt<sup>2</sup>

kla : Koefisien perpindahan Massa, 1/detik  
Dt : Diameter tabung, cm  
Dv : Diffusivitas, cm<sup>2</sup>/detik  
V : Kecepatan linier, cm/detik  
 $\rho$  : Massa Jenis larutan, gram/ cm<sup>3</sup>  
 $\mu$  : Viskositas larutan, gram/ cm detik  
h : Tinggi unggun, cm

#### Daftar Pustaka

- Bird, R.B., Steward, W.E., and Lighthfoot, E.N., 1960, "Transport Phenomena", John Wiley & Sons Inc. Singapore, pp.521-522
- Broadkey, R.S., and Hershey, H.C., 1988 "Transport Phenomena", A Unified Approach, International Edition, McGraw-Hill Book Co, Singapore, pp.335-354
- McCabe W.L., Smith J.C and Harriott P., 2005, "Unit Operation of Chemical Engineering", 7<sup>th</sup> ed, McGraw-Hill Education, pp.527-559.
- Russell T.W.F, and Denn M.M., 1972, "Introduction to Chemical Engineering Analysis", John Wiley & Sons, Inc, New York, London, Sydney, Toronto, pp 45-70
- Sherwood, T.K., Pigford, R.L., and Wilke, C.R., 1975, "Mass Transfer", McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, pp.548-567.