

KOEFISIEN PERPINDAHAN MASSA DALAM EKSTRAKTOR TANGKI BERPENGADUK

Muthia Elma¹

Abstrak – liquid-liquid extraction in a mixer tank was widely used to reach a certain mass transfer rate. Mass transfer rate in a mixer tank extractor is declared as mass transfer coefficient. This research intends to learn how mass transfer coefficient does in a mixer tank extractor and variables that influence mass transfer coefficient. Determination of mass transfer coefficient in a mixer tank extractor is a function of mixer rate and characteristic of physical system. This system study about water – acetic acid – methyl acetic between CMC as a phase concentration in a solvent. The influences of variable to mass transfer coefficient in a equation of non-dimention group is; $Sh=7396.05 Re^{0.82} Sch^{-0.35}$. For whirlmixer, rate is between 1 to 4 circle/s and solvent viscosity is between 1 to 6.18 cP, and for whirlReynold, rate is between 2500 to 1000 and whirlSchmidt is between 689.655 to 4262.07.

Keywords – mixer tank, mass transfer coefficient, mixing rate, solvent, viscosity

PENDAHULUAN

Ekstraktor cair-cair digunakan bila pemisahan dengan operasi lainnya tidak tercapai, seperti destilasi, evaporasi, kristalisasi dan lain-lain. Ekstraksi cair-cair dapat terjadi dalam tangki berpengaduk dan dalam kolom ekstraksi (Bernasconi, dkk, 1995).

Ekstraktor cair-cair dalam tangki berpengaduk telah diterapkan secara luas untuk mencapai laju perpindahan massa tertentu. Laju perpindahan dalam beberapa proses perpindahan dipengaruhi oleh luas kontak, efektivitas gaya penggerak dan koefisien perpindahan (Hanson, 1971). Laju perpindahan massa dalam ekstraktor berpengaduk dinyatakan dalam koefisien perpindahan massa.

Koefisien perpindahan massa dipengaruhi oleh sifat fisis system, bentuk geometri tangki, geometri pengaduk dan kecepatan pengadukan (Lewis, 1954).

Ekstraktor berpengaduk sering digunakan dalam ekstraksi cair-cair, ekstraktor jenis ini mempunyai keunggulan sebagai berikut (Kung dan Beckmann, 1961):

1. Efisiensi volumetric yang tinggi
2. Konstruksi yang kuat
3. Biaya pembuatan relative murah
4. Dapat di *scale-up* pada diameter yang lebih besar tanpa penurunan efisiensi.

Perancangan alat ekstraksi cair-cair tangki berpengaduk sangat bergantung pada efektifnya pengadukan untuk mencapai laju perpindahan massa

¹ Staff Pengajar Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

tertentu. Dalam hal ini laju perpindahan massa dinyatakan dengan koefisien perpindahan massa. Koefisien perpindahan massa dipengaruhi oleh sifat fisis system, bentuk geometri tangki, geometri pengaduk dan kecepatan pengaduk. Untuk mengetahui lebih lanjut tentang koefisien perpindahan massa, dilakukan ekstraksi cair-cair yang terjadi dalam tangki berpengaduk dan akan diperoleh manfaat yaitu bertambahnya data tentang perpindahan massa.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari koefisien perpindahan massa dalam ekstraktor berpengaduk dan mempelajari hubungan koefisien perpindahan massa dengan variable-variabel yang mempengaruhinya. Ruang lingkup penelitian ini adalah kecepatan pengadukan dan sifat fisis system.

KAJIAN TEORITIS

Ekstraksi Cair-cair

Ekstraksi cair-cair adalah proses pemisahan suatu komponen dari fasa cair ke fasa cair lainnya. Operasi ekstraksi cair-cair terdiri dari beberapa tahap (Laddha, 1976) :

1. Kontak antara pelarut (*solvent*) dengan fasa cair yang mengandung komponen yang akan diambil (*solute*), kemudian *solute* akan berpindah dari fasa umpan (*diluent*) ke fasa pelarut (*solvent*).
2. Pemisahan dua fasa yang tidak saling melarutkan yaitu fasa yang banyak mengandung pelarut disebut fasa ekstrak dan fasa yang banyak mengandung umpan disebut fasa *rafinat*.

Untuk ekstraksi yang baik, pelarut yang digunakan harus memenuhi criteria sebagai berikut (Cusack, 1996):

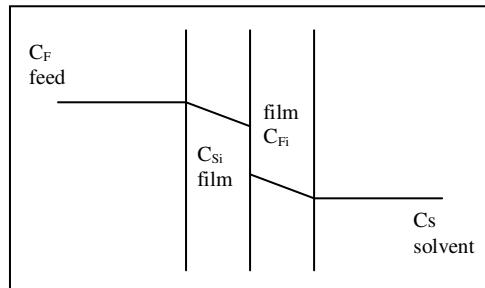
1. Kemampuan tinggi untuk melarutkan komponen di dalam campuran.
2. Kemampuan tinggi untuk dapat diambil kembali.
3. Perbedaan berat jenis antara ekstrak dalam *rafinat* lebih besar.
4. Pelarut dan larutan yang akan diekstraksi harus tidak mudah dicampur.
5. Harus tidak mudah bereaksi dengan zat yang akan diekstraksi.
6. Harus tidak mudah merusak alat secara korosi.
7. Tidak mudah terbakar, tidak beracun dan harga relative murah.

Alat ekstraksi cair-cair terbagi atas alat ekstraksi tak kontinu dan kontinu. Ekstraktor cair-cair tak kontinu yang sederhana digunakan misalnya untuk mengolah bahan dalam jumlah kecil atau bila hanya dilakukan sekali-sekali. Sedangkan ekstraktor cair-cair kontinu digunakan bila bahan ekstraksi yang harus dipisahkan dalam jumlah besar atau bila bahan tersebut diperoleh dari proses-proses sebelumnya secara terus-menerus (Bernasconi,dkk, 1995).

Perpindahan Massa

Proses perpindahan massa pada operasi ekstraksi dari fasa *rafinat* ke fasa ekstrak mengikuti mekanisme difusi antar fasa. Teori dua film dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme perpindahan massa *solute* (B) dari fasa umpan ke pelarut. Teori tersebut menjelaskan bahwa perpindahan massa B di mulai dari badan utama fasa cair pertama ke batas antar faas dan perpindahan massa B dari batas antar fasa ke badan utama fasa cair kedua (Laddha, 1976).

Bila fasa cair pertama atau fasa umpan disebut *feed* (F) dan fasa cair kedua *solvent* (S) maka mekanisme perpindahan massa zat terlarut B (*solute*) dari fasa F ke fasa S dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Gradien konsentrasi yang terjadi antara fasa F dan fasa S

Laju perpindahan massa B dari fasa umpan (F) ke badan antar fasa dalam keadaan *unsteady* di tulis sebagai berikut (Lewis, 1954):

$$N_B = k_F (C_{F\infty} - C_{Fi}) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dan laju perpindahan massa B dari batas antar fasa ke fasa pelarut (S) adalah:

$$N_B = k_S (C_{S\infty} - C_{Si}) \dots\dots\dots (2.2)$$

Laju perpindahan massa B pada kondisi *unsteady*:

$$N_B = \frac{V}{A} \frac{dC_S}{dt} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan $\frac{A}{V} = a$

Eliminasi N_B pada persamaan (2.2) dan (2.3) diperoleh persamaan koefisien perpindahan massa fasa pelarut pada kondisi *unsteady state*, dapat dituliskan:

$$k_S a = - \frac{dC_S}{(C_{S\infty} - C_S) dt} \frac{1}{dt} \dots\dots\dots (2.4)$$

atau

$$k_S a = -2,303 \frac{d}{dt} \log(C_{S\infty} - C_S) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dari hasil perhitungan persamaan (2.5) diperoleh nilai k_{SA} , kemudian menentukan hubungan nilai k_{SA} terhadap peubah-peubah yang mempengaruhinya di dalam kelompok tidak berdimensi. Secara matematis, hubungan antar peubah dapat dituliskan:

$$k_S a = f(\rho_S, \rho_F, \mu_S, \mu_F, \sigma, D_{AB}, D_i, D_t, N, H, B) \dots\dots\dots (2.6)$$

Penurunan nilai k_{SA} terhadap peubah yang mempengaruhinya dapat di lihat pada keterangan di bawah ini: Penentuan hubungan antar kelompok tak berdimensi cara Bucingham (Foust, 1985):

$$k_S a = f(\rho_S, \rho_F, \mu_S, \mu_F, \sigma, D_{AB}, D_i, D_t, N, H, B)$$

$$1 = K (k_{SA})^{C1} (\rho_S)^{C2} (\rho_F)^{C3} (\sigma)^{C4} (D_{AB})^{C5} (N)^{C6} (D_i)^{C7} (D_F)^{C8} (\mu_S)^{C9} (\mu_F)^{C10} (B)^{C11} (H)^{C12}$$

$$k_{SA} = k_s \frac{A}{V} = (\text{cm/s}) (\text{cm}^2/\text{cm}^3) = \text{s}^{-1} = \text{T}^{-1}$$

$$\rho_S = \rho_F = \text{gr/cm}^3 = \text{ML}^{-3}$$

$$\mu_S = \mu_F = \text{gr/(cm.s)} = \text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$$

$$D_{AB} = \text{cm}^2/\text{s} = \text{L}^2\text{T}^{-1}$$

$$\sigma = \text{gr/s}^2 = \text{MT}^{-2}$$

$$N = \text{s}^{-1} = \text{T}^{-1}$$

$$1 = K (T^{-1})^{C1} (ML^{-3})^{C2} (ML^{-3})^{C3} (MT^{-2})^{C4} (L^2T^{-1})^{C5} (T^{-1})^{C6} (L)^{C7} (L)^{C8} (ML^{-1}T^{-1})^{C9} (ML^{-1}T^{-1})^{C10} (L)^{C11} (L)^{C12}$$

Untuk system M L T :

$$M \Rightarrow 0 = C_2 + C_3 + C_4 + C_9 + C_{10} \dots\dots\dots (a)$$

$$L \Rightarrow 0 = -3C_2 - 3C_3 + 2C_5 + C_7 + C_8 - C_9 - C_{10} + C_{11} + C_{12} \dots\dots\dots (b)$$

$$T \Rightarrow 0 = -C_1 - 2C_4 - C_5 - C_6 - C_9 - C_{10} \dots\dots\dots (c)$$

Ada 12 bilangan tak diketahui dengan 3 persamaan akan diperoleh 9 kelompok tak berdimensi ($12 - 3 = 9$).

Dipilih 3 bilangan bebas untuk menyatakan 6 bilangan lainnya. Bilangan bebas adalah bilangan yang determinannya $\neq 0$.

Dipilih : C_3 , C_5 dan C_7 .

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -3 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = (0+0+0) - (0-1+0) = 1$$

$C_1 = 1 \Rightarrow C_2, C_4, C_6, C_8, C_9, C_{10}, C_{11}$
dan C_{12}

$$\begin{aligned} \text{Persamaan (1)} : 0 &= 0 + C_3 + 0 + 0 + 0 \\ &\Rightarrow C_3 = 0 \end{aligned}$$

$$\text{Persamaan (2)} : 0 = 2C_5 + C_7$$

$$\begin{aligned} \text{Persamaan (3)} : C_5 &= -1 \\ &\Rightarrow 0 = 2(-1) + C_7 \\ C_7 &= 2 \end{aligned}$$

$$\alpha_1 = \left[\frac{k_s a D_i^2}{D_{AB}} \right]^{C1}$$

Dengan cara yang sama diperoleh:

$$\alpha_2 = \left[\frac{N D_i^2 \rho_s}{\mu_s} \right]^{C1}$$

$$\alpha_3 = \left[\frac{\mu_s}{\rho_s D_{AB}} \right]^{C3}$$

$$\alpha_4 = \left[\frac{\mu_s}{\mu_f} \right]^{C4}$$

$$\alpha_5 = \left[\frac{\rho_s}{\rho_f} \right]^{C5}$$

$$\alpha_6 = \left[\frac{D_t}{D_i} \right]^{C6}$$

$$\alpha_7 = \left[\frac{B}{D_i} \right]^{C7}$$

$$\alpha_8 = \left[\frac{H}{D_i} \right]^{C8}$$

Sehingga diperoleh hubungan kelompok antar tak berdimensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \left[\frac{k_s a D_i^2}{D_{AB}} \right]^{C1} &= K \left[\frac{N D_i^2 \rho_s}{\mu_s} \right]^{C1} \\ \left[\frac{\mu_s}{\rho_s D_{AB}} \right]^{C2} \left[\frac{\mu_f}{\rho_f D_{AB}} \right]^{C3} \\ \left[\frac{\mu_s}{\mu_f} \right]^{C4} \left[\frac{\rho_s}{\rho_f} \right]^{C5} \left[\frac{D_t}{D_i} \right]^{C6} \\ \left[\frac{B}{D_i} \right]^{C7} \left[\frac{H}{D_i} \right]^{C8} \end{aligned} \quad \dots \dots (d)$$

Untuk sifat fisis fasa umpan, bentuk geometri tangki dan diameter pengaduk tetap, maka persamaan (d) menjadi:

$$\begin{aligned} \left[\frac{k_s a D_i^2}{D_{AB}} \right]^{C1} &= K \left[\frac{N D_i^2 \rho_s}{\mu_s} \right]^{C1} \\ \left[\frac{\mu_s}{\rho_s D_{AB}} \right]^{C2} \left[\frac{\mu_s}{\mu_f} \right]^{C4} \\ \left[\frac{\rho_s}{\rho_f} \right]^{C5} \end{aligned} \quad \dots \dots (e)$$

Bilangan Sherwood $\left[\frac{k_s a D_i^2}{D_{AB}} \right]$
merupakan fungsi dari bilangan Reynold dan Schmidt, maka persamaan (e) dapat dituliskan:

$$\left[\frac{k_s a D_i^2}{D_{AB}} \right]^{C1} = K_I \left[\frac{N D_i^2 \rho_s}{\mu_s} \right]^{C1} \left[\frac{\mu_s}{\rho_s D_{AB}} \right]^{C2} \quad \dots \dots (f)$$

atau

$$Sh = K_I Re^{C1} Sch^{C2} \quad \dots \dots (g)$$

Bila dinyatakan dalam hubungan antar kelompok tidak berdimensi:

$$\left[\frac{k_s a D_i^2}{D_{AB}} \right] = K \left[\frac{N D_i^2 \rho_s}{\mu_s} \right]^{C1} \\ \left[\frac{\mu_s}{\rho_s D_{AB}} \right]^{C2} \left[\frac{\mu_F}{\rho_F D_{AB}} \right]^{C3} \\ \left[\frac{\mu_s}{\mu_F} \right]^{C4} \left[\frac{\rho_s}{\rho_F} \right]^{C5} \left[\frac{D_t}{D_i} \right]^{C6} \\ \left[\frac{B}{D_i} \right]^{C7} \left[\frac{H}{D_i} \right]^{C8} \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

Untuk sifat fisis fasa umpan, bentuk geometri tangki dan diameter pengaduk tetap, maka persamaan (2.7) menjadi:

$$\left[\frac{k_s a D_i^2}{D_{AB}} \right] = K \left[\frac{N D_i^2 \rho_s}{\mu_s} \right]^{C1} \\ \left[\frac{\mu_s}{\rho_s D_{AB}} \right]^{C2} \left[\frac{\mu_s}{\mu_F} \right]^{C4} \\ \left[\frac{\rho_s}{\rho_F} \right]^{C5} \quad \dots \dots \dots (2.8)$$

Bilangan Sherwood merupakan fungsi dari bilangan Reynold dan Schmidt sehingga persamaan (2.8) menjadi:

$$\left[\frac{k_s a D_i^2}{D_{AB}} \right] = K \left[\frac{N D_i^2 \rho_s}{\mu_s} \right]^{C1} \left[\frac{\mu_s}{\rho_s D_{AB}} \right]^{C2} \quad \dots \dots \dots (2.9)$$

Atau

$$S_h = K_1 Re^{C1} Sch^{C2} \quad \dots \dots \dots (2.10)$$

Untuk sifat fisis fasa pelarut tetap, maka persamaan (2.10) menjadi:

$$S_h = K_2 Re^{C1} \quad \dots \dots \dots (2.11)$$

Sedangkan untuk kecepatan pengadukan tetap, maka persamaan (2.10) menjadi:

$$S_h = K_3 Sch^{C2} \quad \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan

$$K_3 = K_1 Re^{C1} \quad \dots \dots \dots (2.13)$$

$$K_2 = K_1 Sch^{C2} \quad \dots \dots \dots (2.14)$$

Jika persamaan (2.11) dan (2.12) diselesaikan secara bersama, maka dapat dituliskan:

$$S_h = K_4 (Re^{C1} Sch^{C2})^{C3} \quad \dots \dots \dots (2.15)$$

dengan

$$K_4 = K_2 \cdot K_3 \quad \dots \dots \dots (2.16)$$

K_1, K_2, K_3, K_4 dan C_1, C_2, C_3 merupakan konstanta dalam persamaan kelompok tak berdimensi.

Berbagai penelitian perpindahan massa dalam tangki berpengaduk telah banyak dilakukan sebelumnya, yaitu: Rushton, dkk. Menggunakan tangki dengan $D_t/D_i = 0,25 - 0,67$ dan viskositas fasa disfersi: 10, 50 dan 100 cP. Dari penelitian ini diperoleh : $C_1 = 0,833$; $C_2 = 0,5$ dan $C_3 = 1$ untuk kondisi *steady state* (Laddha, 1976).

Gon Seo, dkk (1987) menggunakan tangki berbaffle dengan sistem CCl_4 – benzene – air dan $D_t = 12$ cm. Hasil penelitian ini diperoleh: $C_1 = 0,7$; $C_2 = 0,5$ dan $C_3 = 1$ untuk kondisi *steady state*.

Vanni dan Baldi (1993) menggunakan tangki berbaffle dengan sistem isobutanol – asam propionate – air dan volume tangki 1.000 cm^3 . Dari penelitian ini diperoleh: $C_1 = 0,83$; $C_2 = 0,32$ dan $C_3 = 1$ untuk kondisi *steady state*.

METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Tahap Pendahuluan

1. Membersihkan semua alat yang digunakan
2. Merangkai alat untuk proses ekstraksi dan titrasi
3. Membuat larutan Natrium Hidroksida 2M dan distandarisasi dengan larutan asam oksalat 2M
4. Menambahkan 0.25g CMC ke dalam air dengan volume tertentu untuk memperbesar viskositas air pada sifat fisis yang berbeda
5. Percobaan pendahuluan untuk mengetahui watak alat dan kisaran variabel

Tahap Ekstraksi

1. Dilarutkan asam asetat ke dalam larutan metal asetat dengan volume tertentu, kemudian diaduk.
2. Masukan campuran ke dalam tangki, kemudian ditambahkan air sebagai pelarut dengan kecepatan tertentu.
3. Jalankan pengaduk dengan kecepatan tertentu
4. Setiap selang waktu tertentu pengadukan tertentu
5. Kemudian dipisahkan dalam corong pisah, diambil fasa ekstraknya untuk dititrasi.

Tahap Titrasi

1. Diambil sample fasa ekstrak hasil pemisahan dan ditambahkan 3 tetes indicator pp
2. Fasa ekstrak dengan larutan natrium Hidroksida sampai mencapai titik ekivalen yaitu di saat warna sample fasa ekstrak berubah

3. Titrasi fasa ekstrak dilakukan sampai konsentrasi fasa ekstrak tidak berubah
4. Tahap ekstraksi dan titrasi ini diulangi untuk waktu dan kecepatan pengadukan yang berbeda pada sifat fisis yang tetap
5. Tahap ekstraksi dan titrasi ini dilakukan pula untuk waktu dan sifat fisis yang berbeda pada kecepatan pengadukan yang tetap

Analisa Hasil

Asam asetat yang telah diekstraksi dengan pelarut air atau fasa ekstrak yang diperoleh dari proses ekstraksi di hitung konsentrasiya dengan cara:

1. Mengambil sample ekstrak sebanyak 10 ml
2. Menambahkan sebanyak 3 tetes indicator pp (Phenol Ptalein) ke dalam sample sebelum dititrasi.
3. Melakukan titrasi terhadap sample dengan menggunakan NaOH 2M sample terjadi perubahan warna sample ekstrak.
4. Membaca jumlah volume NaOH yang terpakai untuk menitrasi ekstrak.
5. Menghitung konsentrasi ekstrak dengan rumus pengenceran

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2 \quad (3.1)$$

dimana :

V_1 : Jumlah volume NaOH

M_1 : Jumlah volume ekstrak

V_2 : Konsentrasi NaOH

M_2 : Konsentrasi ekstrak

Setelah diketahui konsentrasi fasa ekstrak dilakukan analisa sifat fisis pelarut (air) sebelum digunakan, yaitu:

1. Densitas
- a. Membersihkan dan me-ngeringkan piknometer
- b. Menimbang piknometer kosong

- c. Mengisi piknometer dengan aquadest sampai penuh
- d. Menimbang piknometer yang berisi aquadest
- e. Membaca densitas aquadest pada suhu kamar dari literature
- f. Membersihkan dan me-ngeringkan piknometer
- g. Mengisi piknometer dengan air sampai penuh
- h. Menimbang piknometer yang berisi air
- i. Dengan perhitungan di bawah ini diperoleh densitas air:

$$\rho_{\text{bahan}} = \frac{\text{berat bahan}}{\text{berat aquadest}} \times \rho_{\text{aquadest}} \quad (3.2)$$

2. Viskositas

- a. Membersihkan viskositas menggunakan pelarut yang cocok dan setelah bersih, keringkan, biarkan udara masuk melalui instrument tersebut untuk meng-hilangkan bekas terakhir dari pelarut.
- b. Isi viscometer dengan sample ekstrak melalui tabung G memasuki reservoir yang bawah, masukkan sample secukupnya hingga level antara garis J dan K
- c. Tempatkan viscometer di atas penyangga atau di pegang dan pasangkan sampai temperature kamar konstan, tegakkan viscometer dalam ruangan jika penyangga tidak bisa digunakan
- d. Sediakan kira-kira 20 menit untuk sample mencapai temperature kamar
- e. Letakkan jari di atas tabung B dan hisap tabung A sampai liquid mencapai pertengahan bulb C. Lepaskan isapan dari tabung A, lepaskan jari dari tabung B dan segera tempatkan ke atas tabung A, lepaskan sample turun dari bawah dan dari kapiler ke bulb I. Kemudian lepaskan jari dan hitung efflux timenya.

- f. Untuk menghitung efflux time, biarkan liquid sample mengalir turun dengan bebas sampai tanda D, pengukuran waktu di mulai saat liquid sample melewati dari tanda D ke tanda F.

Metoda pengolahan data

Data percobaan yang diperoleh meliputi kecepatan pengadukan dan sifat fisis system.

Fungsi kecepatan pengadukan

Persamaan (2.12) di evaluasi dengan cara kuadrat terkecil sehingga dapat di tulis: $Y_1 = K_{2=} \cdot X_1^{C_1} \dots \dots \dots (3.3)$

Fungsi sifat fisis system

Persamaan (2.13) di evaluasi dengan cara kuadrat terkecil sehingga dapat di tulis: $Y_2 = K_{3=} \cdot X_2^{C_2} \dots \dots \dots (3.4)$

K_2 , K_3 , C_1 dan C_2 merupakan konstanta-konstanta persamaan (2.12), (2.13), (2.15), (2.16), (3.3) dan (3.4) yang di evaluasi dengan cara kuadrat terkecil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D_t &: 12 \text{ cm} \\ D_i &: 5 \text{ cm} \\ Z_A &: 2 \text{ cm} \\ W_A &: 1 \text{ cm} \\ W_B &: 1 \text{ cm} \\ H &: 4.65 \text{ cm} \\ V &: 500 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

1. Variasi kecepatan pengadukan
- | | |
|---------------------|----------------------|
| Volume air | : 300 cm^3 |
| Volume metal asetat | : 125 cm^3 |
| Volume asam asetat | : 75 cm^3 |
| Tekanan ekstraksi | : 1 atm |

Suhu ekstraksi : 30^0C
 Densitas fasa pelarut : 1 g/cm^3
 Viskositas fasa pelarut: : 1 cP

Tabel 1 Variasi kecepatan pengadukan

Kece. Pengadukan (put/det)	Waktu (det)	Volume NaOH (cm^3)	Konsentrasi asam asetat (M)	Efflux time (det)
1	240	6	1.2	212.3
	480	10.35	2.07	
	720	14.6	2.92	
	960	14.6	2.92	
1.5	240	7.85	1.57	212.3
	480	11.85	2.37	
	720	15.8	3.16	
	960	15.8	3.16	
2	240	9.9	1.98	212.3
	480	13.5	2.7	
	720	17.1	3.42	
	960	17.1	3.42	
3	240	13	2.6	212.3
	480	16.4	3.28	
	720	19.8	3.96	
	960	19.8	3.96	
4	240	16.15	3.23	212.3
	480	19.15	3.83	
	720	22.1	4.42	
	960	22.1	4.42	

2. Variasi sifat fisis

Kecepatan pengadukan : 4 put/det
 Suhu ekstraksi : 30^0C
 Tekanan ekstraksi : 1 atm
 Volume tangki : 500 cm^3

Tabel 2 Variasi sifat fisis dengan kecepatan pengadukan 240 put/det

Viskositas (cP)	Waktu (det)	Volume NaOH (cm^3)	Konsentrasi asam asetat (M)	Efflux time (det)
1	240	16.15	3.23	212.3
	480	19.15	3.83	
	720	22.1	4.42	
	960	22.1	4.42	
2.18	240	14.15	2.83	212.3
	480	18	3.60	
	720	21.2	4.24	
	960	21.2	4.24	
3.31	240	12.65	2.53	212.3
	480	16.4	3.28	
	720	19.8	3.96	
	960	19.8	3.96	
4.86	240	9.7	1.94	212.3
	480	13.8	2.76	
	720	17.4	3.48	
	960	17.4	3.48	
6.18	240	7.7	1.54	212.3
	480	12	2.40	
	720	15.8	3.16	
	960	15.8	3.16	

3. Difusivitas asam asetat dalam air (D_{AB})

ϕ_s : faktor assosiasi air = 2.26

M_s : berat molekul air = 18

μ_s : viskositas air = 1 cP

V_A : volume molar asam asetat = $45.4 \text{ cm}^3/\text{gmol}$

T : temperature operasi = 30^0C = 303 K

$$D_{AB} = 7.4 \times 10^{-8} \frac{(\phi_s M_s)^{0.5} T}{\mu_s V_A^{0.6}}$$

$$D_{AB} = 1.45 \times 10^{-5}$$

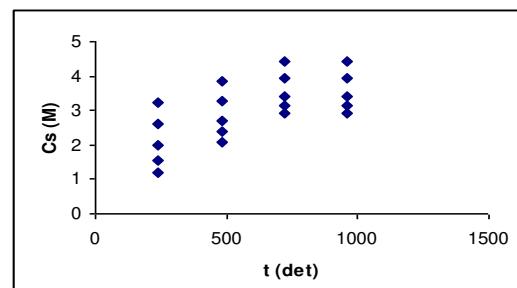
Pembahasan

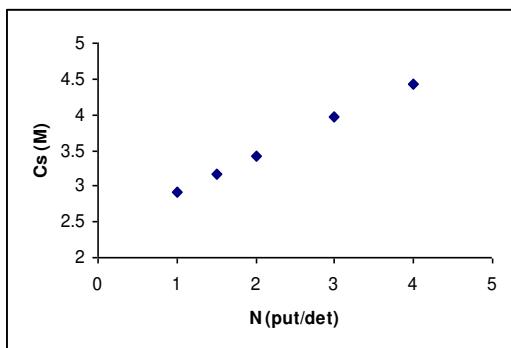
Pengaruh kecepatan pengadukan

Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap koefisien perpindahan massa dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini:

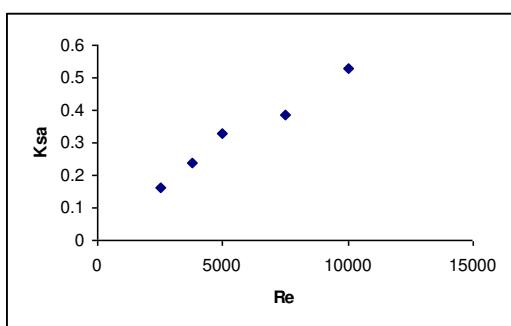
Tabel 3 Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap koefisien perpindahan massa

No	Keterangan	Kecepatan pengadukan ekstraksi (put/det)				
		1	1.5	2	3	4
1.	Konsentrasi asam asetat setimbang	2.92	3.16	3.42	3.96	4.42
2.	Koefisien perpindahan massa	0.162	0.236	0.329	0.386	0.528
3.	Bilangan Reynold	2500	3750	5000	7500	10000
4.	Bilangan Sherwood ($\times 10^3$)	2.793	4.069	5.672	6.655	9.103

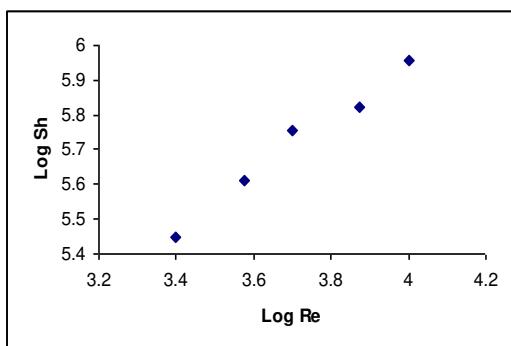
**Gambar 2.** Hubungan waktu ekstraksi terhadap konsentrasi asam asetat pada variasi kecepatan pengadukan



Gambar 3. Hubungan kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi



Gambar 4. Hubungan bilangan Reynold terhadap koefisien per-pindahan massa



Gambar 5. Hubungan log bilangan Reynold terhadap log bilangan Sherwood

Berdasarkan hasil penelitian yang ditampilkan pada Gambar 2 terlihat bahwa semakin lama waktu ekstraksi dengan kenaikan rata-rata 240 detik sampai waktu setimbang yaitu 720 detik (12 menit), maka konsentrasi asam asetat meningkat sampai waktunya telah setimbang (t_∞) adalah 12 menit.

Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi asam asetat dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 3. Semakin tinggi kecepatan pengadukan, maka konsentrasi asam asetat yang diperoleh juga akan semakin tinggi. Pada penelitian ini kecepatan pengadukan optimum yang diperoleh adalah 4 put/det. Pada kondisi ini konsentrasi yang diperoleh adalah maksimum walaupun kecepatan dinaikkan lebih dari 4 put/det, maka konsentrasi yang diperoleh cenderung konstan.

Pengaruh kecepatan pengadukan (N) terhadap koefisien perpindahan massa (k_{sa}) dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 yang merupakan fungsi bilangan Reynold (Re). Semakin tinggi bilangan Reynold (2500 sampai 10000), maka koefisien perpindahan massa semakin tinggi (0.162 sampai 0.528) dan bilangan Sherwood (Sh) juga semakin tinggi (2.793×10^5 sampai 9.103×10^5).

Hasil optimum yang dicapai adalah pada $Re = 10000$, pada kondisi ini nilai $k_{sa} = 0.528$. Pada $Re > 10000$, maka nilai k_{sa} dan Sh yang diperoleh cenderung konstan. Dari Gambar 5 di atas didapatkan persamaan yang menyatakan hubungan antara bilangan Sherwood dan bilangan Reynold sebagai berikut :

$$Sh = 467.735 (Re) - 0.82$$

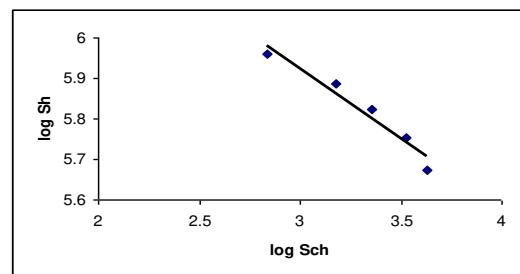
Dinilai nilai $C_1 = 0.82$ dan $K_2 = 467.735$ dan ralat rerata sebesar 4.653%.

Pengaruh sifat fisis

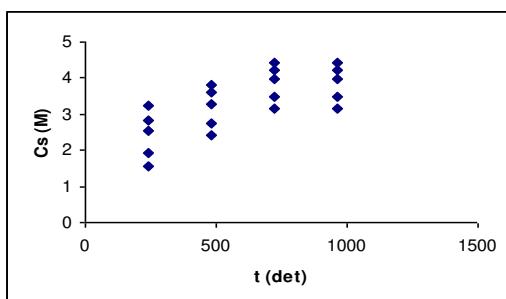
Pengaruh sifat fisis terhadap koefisien perpindahan massa dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4 Pengaruh sifat fisis ter-hadap koefisien perpindahan massa

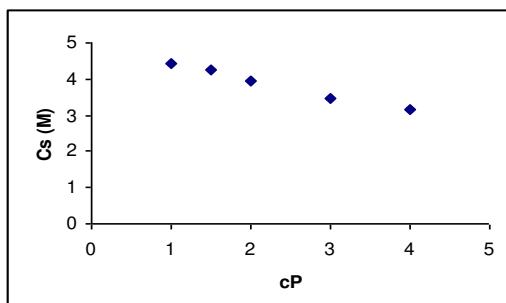
No	Keterangan	Kecepatan pengadukan ekstraksi (put/det)				
		1	1.5	2	3	4
1.	Konsentrasi asam asetat setimbang (M)	4.42	4.24	3.96	3.48	3.16
2.	Koefisien perpindahan massa	0.528	0.44	0.385	0.32	0.274
3.	Bilangan Schmidt	689.655	1506.607	2280.342	3349.654	4265.795
4.	Bilangan Sherwood (x 10 ⁵)	9.103	7.69	6.638	5.67	4.724



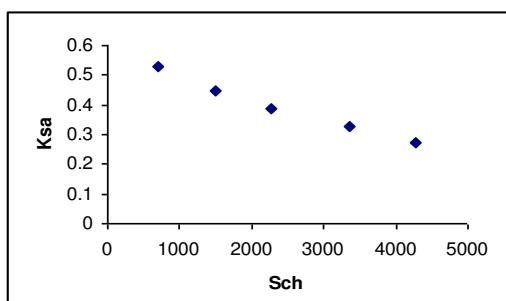
Gambar 5.8 Hubungan log bilangan Schmidt terhadap log bilangan Sherwood



Gambar 6 Hubungan waktu ekstraksi terhadap konsentrasi asam asetat pada variasi sifat fisis



Gambar 7 Hubungan viskositas terhadap konsentrasi



Gambar 5. Hubungan bilangan Schmidt terhadap koefisien perpindahan massa

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Gambar 4.5 terlihat bahwa semakin besar viskositas fasa pelarut, maka konsentrasi asam asetat sebagai ekstrak akan semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh semakin pekatnya fasa pelarut, sehingga ekstrak akan semakin sedikit terserap dari fasa umpan ke fasa pelarut. Pada saat viskositas pelarut sudah cukup tinggi sebesar 6.18 cP, konsentrasi asam asetat cenderung konstan. Pengaruh sifat fisis terhadap konsentrasi asam asetat dapat dilihat pada gambar 4.6, semakin besar viskositas pelarut, maka konsentrasi asam asetat akan semakin kecil. Pengaruh sifat fisis terhadap koefisien perpindahan massa dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8 yang merupakan fungsi bilangan Schmidt (Sch). Semakin besar bilangan Schmidt (689.66 sampai 4265.795), maka koefisien perpindahan massa akan semakin kecil (0.528 sampai 0.274) dan bilangan Sherwood (Sh) juga akan semakin kecil pula (9.103 x 10⁵ sampai 4.724 x 10⁵). Hasil optimum yang dicapai adalah pada Sch = 689.655, pada kondisi ini nilai k_{s,a} = 0.528. Dari Gambar 4.8 di atas diperoleh persamaan yang menyatakan hubungan antara bilangan Sherwood dan bilangan Schmidt sebagai berikut:

$$Sh = 9462371.614 (Sch)^{-0.35}$$

Dimana nilai $C_2 = -0.35$ dan $K_3 = 9462371.614$ dengan ralat rerata 4.911 %.

Dari hasil perhitungan persamaan (2.15) diperoleh :

$$Sh = K_4 (Re^{C_1} \cdot Sch^{C_2})^{C_3}$$

Dengan nilai $C_3 = 1$ dan $K_4 = 7396.053$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Peningkatan kecepatan pengadukan dapat memperbesar nilai koefisien perpindahan massa, sedangkan peningkatan sifat fisis system yaitu pada viskositas pelarut dapat memperkecil nilai koefisien perpindahan massa.
2. Pengaruh peubah-peubah terhadap koefisien perpindahan massa ditunjukkan dalam kelompok tak berdimensi sebagai berikut:
 $Sh = 7396.053 Re^{0.82} Sch^{-0.35}$

Untuk kisaran kecepatan pengadukan 1 sampai 4 put/det dan viskositas pelarut 1 sampai 6.18 cP pada system air – asam asetat – metal asetat.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan senyawa lain serta pelarut yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Bernasconi, G., Gester, H., Hauser, H., and Schneiter, E., 1995, 'Teknologi Kimia', Pradnya Paramita, Jakarta.

Cusack, R. W., 1996, "Solve Waste Water With Liquid-Liquid Extraction", Chem. Eng. Prog., 56 – 63.

Foust, 1985, "Principle of Unit Operation", Jhon Willey & Sons, New York.

Gon Seo, Y., Bo Park, S., and Kook Lee, W., 1987, "Mass Transfer in A Atirred Transfer Cell with A Flat Interface", Korean J. of Chem. Eng. 4, 120 – 127.

Hanson, C., 1971, "Recent Advances in Liquid-Liquid Extraction", Pergamen Press Ltd., Keadington Hall, Oxpord.

Kung, E. Y., and Beckmann, R. B., 1961, "Dispered – Phase Hold Up in Extraction Column", AlChe Journal, 7, 319 – 324.

Laddha, G. S., and Degaleesan, T. E., 1976, "Transport Fenomena in Liquid Extraction", Tata Mc Graw – Hill Publishing Co. Ltd, New Delhi.

Lewis, J. B., 1954, "The Mechanism of Mass Transfer of Solute Across Liquid-Liquid Interfaces: The Determination of Individual Mass Transfer Coeficient for Binary Systems", Chem. Eng. Sci., 3, 248 – 259.

Vanni, M., and Baldi, G., 1993, "Equilibrium and Kinetics Analysis of The Extraction of Propanoic Acid Water to Isobutanol", Chem. Eng. Sci., 71, 119 – 126.

