

# PENENTUAN KOEFISIEN TRANSFER MASSA PADAT CAIR PADA SISTEM TAWAS AIR DENGAN VARIASI KECEPATAN PUTARAN DAN DIAMETER PENGADUK

Ani Purwanti<sup>1\*</sup>, Muhammad Yusuf<sup>2</sup>, Wisnu Prayogo<sup>3</sup>, Uli Anita Ambarita<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup>Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

<sup>3</sup>Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan

\*E-mail: ani4wanti@akprind.ac.id

## Abstrak

Data transfer massa padat-cair sangat diperlukan dalam proses perancangan alat perpindahan massa, dimana penentuan koefisiennya dipengaruhi kecepatan putaran dan diameter pengaduk. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh variasi kecepatan pengadukan dan diameter pengaduk terhadap koefisien perpindahan massa sistem padat-cair. Penelitian ini dilakukan dalam sebuah bejana berpengaduk berbahan stainless steel dengan diameter antara 5 – 19,5 cm dan tinggi 20 cm yang dilengkapi baffle. Tawas yang digunakan berukuran lolos ayakan 20 mesh dan tertahan ayakan 30 mesh. Tawas kemudian dimasukkan ke dalam bejana bersama air sebagai pelarut dan diaduk dengan kecepatan pengadukan bervariasi dari 100-500 rpm. Setiap selang waktu 10 detik sebanyak 5 ml sampel diambil untuk dianalisis konsentrasi larutan tawasnya dengan cara mengukur densitasnya. Percobaan ini dilakukan dengan variasi kecepatan putaran pengaduk dan variasi diameter pengaduk dengan perbandingan  $D/Dt$  tetap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara koefisien transfer massa dengan variabel yang diteliti untuk sistem butiran tawas-air dalam tangki berpengaduk. Hasil perhitungan menunjukkan ralat penyimpangan rata-rata sebesar 0,66%. Persamaan tidak berdimensi yang terbentuk dapat dipergunakan untuk mengevaluasi percobaan tentang koefisien transfer massa dengan akurat.

**Kata kunci:** Analisis dimensi, Koefisien, Padat-cair, Transfer massa

## Abstract

Solid-liquid mass transfer data is very necessary for the design of mass transfer equipment, in which the coefficient determination is influenced by the rotation speed and diameter of the stirrer. Thus, this study aims to investigate the effect of variations in stirring speed and stirrer diameter on the mass transfer coefficient of a solid-liquid system. This research was conducted in a stainless steel stirred vessel with a diameter of 5 – 19.5 cm and a height of 20 cm equipped with baffles. The alum used was sized to pass a 20mesh sieve and retained by a 30mesh sieve. Alum was then put into a vessel with water as a solvent and stirred with stirring speed varies from 100-500 rpm. Every 10 seconds, 5 ml of sample was taken to analyze the concentration of alum by measuring its density. This experiment was carried out with variations in the speed of the stirrer rotation and the diameter of the stirrer with a constant  $D/Dt$  ratio. The result showed that there is a relationship between the mass transfer coefficient with the variables studied for the alum-water granular system in a stirred tank. The calculation results show an average deviation error of 0.66%. The dimensionless equation can be used to accurately evaluate the mass transfer coefficient experiment.

**Keywords:** Coefficient, Dimensional analysis, Mass transfer, Solid-liquid

## 1. Pendahuluan

Transfer massa merupakan salah satu permasalahan yang banyak dijumpai dan mempunyai peran yang penting dalam operasi teknik kimia. Proses transfer massa dapat terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi di dalam suatu sistem. Alat yang digunakan dalam proses transfer massa beraneka ragam jenisnya tergantung dari proses yang dilakukan. Salah satu alat yang banyak dijumpai dalam industri kimia adalah tangki berpengaduk. Alat tersebut banyak dipakai dalam proses ekstraksi, pencampuran, *leaching*, hidrogenasi, pelarutan, ataupun proses reaksi secara umum.

Dalam proses transfer massa, koefisien transfer massa merupakan suatu besaran yang sangat penting untuk menentukan kondisi operasi suatu alat transfer massa. Karena itu perlu dipelajari hubungan antara koefisien transfer massa dengan variabel-variabel yang berpengaruh di dalam pengoperasian suatu alat transfer massa. Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat antara lain meningkatkan pengetahuan bagi peneliti, memberikan sumbangan bagi ilmu pengetahuan dan teknologi

yaitu berupa persamaan tak berdimensi yang menyatakan hubungan antara koefisien perpindahan massa padar-cair dengan variabel pengadukan.

Penelitian mengenai perpindahan massa sistem padat-cair ini dilakukan dalam sebuah bejana berpengaduk yang dilengkapi *baffle* ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi kecepatan putaran pengaduk dan variasi diameter pengaduk (dengan perbandingan  $D/D_t$  tetap) terhadap koefisien transfer massa padat-cair sistem butiran tawas-air dalam tangki berpengaduk dengan memakai penurunan persamaan empiris yang menghubungkannya.

Transfer massa antar fase terjadi jika suatu komponen dalam suatu campuran berpindah dalam fase yang sama atau dari suatu fase ke fase lainnya karena adanya perbedaan konsentrasi [1]. Cairan pada permukaan bahan padat merupakan cairan jenuh, oleh karena itu perlu diusahakan untuk membawa cairan yang tidak jenuh secara terus menerus menuju ke permukaan padatan. Usaha yang dapat dilakukan dengan memberikan gerakan pada cairan di dalam bejana secara turbulen. Gerakan turbulen dapat dibangkitkan dengan cara memberi pengadukan ke dalam bejana, mengocok bejana, menghembuskan gas ke dalam bejana, atau menggerakkan dengan cara memutar [2].

Terdapat dua fungsi pengadukan antara lain untuk mendispersikan atau mensuspensikan fase diskontinu ke dalam fase kontinu dan menghasilkan turbulensi dengan intensitas tinggi di sekeliling tetes, gelembung atau partikel yang tersuspensi untuk meningkatkan transfer massa antar fase [3]. Dalam menyelesaikan persamaan kecepatan transfer massa antara butiran zat padat dengan zat cair menggunakan asumsi bahwa konsentrasi fluida yang bersentuhan dengan permukaan butiran zat padat sama dengan konsentrasi jenuhnya.

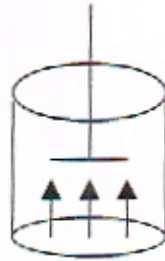
Proses transfer massa padat-cair berbanding lurus antara kecepatan transfer massa dengan hasil kali antara *interfacial surface area* dan beda konsentrasi antara kondisi jenuh dengan konsentrasi *bulk liquid* dan dengan koefisien perpindahan massanya. Kecepatan transfer massa didefinisikan sebagai gaya dorong dibagi hambatan atau gaya dorong dikalikan daya hantar. Sedangkan daya hantar merupakan luas bidang perpindahan dikalikan koefisien perpindahan [4]. Persamaan kecepatan transfer massa padat-cair dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan perpindahan massa} &= \text{gaya dorong} \times \text{daya hantar} \\ &= \text{gaya dorong} \times (\text{luas bidang perpindahan} \times \text{koefisien perpindahan massa}) \end{aligned}$$

$$Nm = \Delta C A k_L \quad (1)$$

$$Nm = (C_s - C) A k_L \quad (2)$$

Neraca massa bahan padat dalam cairan pada tangki berpengaduk seperti terlihat pada Gambar 1 yang beroperasi secara *batch* dalam keadaan *unsteady state* adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Proses transfer massa bahan padat dalam cairan pada tangki berpengaduk

$$\begin{aligned} R_{In} - R_{Out} + R_{Generated} &= R_{Accumulation} \\ 0 - 0 + k_L A (C_s - C) &= \frac{d(V C)}{dt} \end{aligned} \quad (3)$$

$$k_L A (C_s - C) = V \frac{dC}{dt} + C \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

$$k_L A (C_s - C) = V \frac{dC}{dt} \quad (5)$$

$$k_L A dt = V \frac{dC}{(C_s - C)} \quad (6)$$

$$\text{dimana } A = Nb 4\pi r^2 \quad (7)$$

Bila persamaan (7) disubstitusikan ke persamaan (6) maka didapat:

$$t = \frac{V}{(k_L Nb 4\pi)} \int \frac{dC}{(C_s - C)r^2} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{Massa tawas sebelum proses} &= \text{massa tawas sesudah proses} \\ Nb \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_s &= Nb \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s + V C \end{aligned}$$

Ukuran massa padat cair dapat ditentukan:

$$r = \left[ R^3 - \frac{V C}{Nb \frac{4}{3} \pi \rho_s} \right]^{\frac{1}{3}} \tag{9}$$

Nilai waktu (t) sebagai fungsi konsentrasi (C) dapat ditentukan dengan menyelesaikan persamaan (8) dan persamaan (9) menggunakan metode *Trapezoidal rule*. Hubungan variabel yang diperkirakan berpengaruh terhadap koefisien transfer massa sistem tawas dalam tangki berpengaduk dapat dievaluasi menggunakan metode analisa dimensi [5]. Variabel-variabel yang diperkirakan berpengaruh antara lain N, ρ, μ, D, Dt, Ht, Dv. Dengan analisa dimensi sistem MLT cara Reyleigh diperoleh persamaan sebagai berikut:

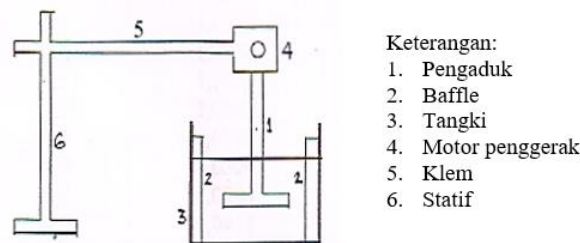
$$\left[ \frac{k_L D}{Dv} \right] = K_1 \left[ \frac{N D^2 \rho}{\mu} \right]^a \left[ \frac{D}{Dt} \right]^e \left[ \frac{Ht}{Dt} \right]^f \tag{10}$$

dengan K<sub>1</sub> = konstanta.

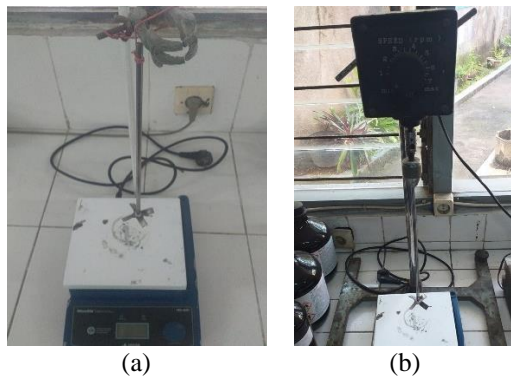
Untuk mendapatkan korelasi antara koefisien transfer massa sistem tawas-air dengan variabel yang diteliti dapat dievaluasi menggunakan Pers. (10). Dengan data yang diperoleh dari variasi kecepatan pengadukan dan variasi diameter pengaduk dengan perbandingan D/Dt tetap serta dengan mensubstitusikan harga k<sub>L</sub> yang didapat dari Pers. (8), maka harga tetapan pada Pers. (10) dapat ditentukan.

**2. Metode Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah butiran tawas dan *aquades*. Tawas diperoleh dari CV Alfa Kimia Yogyakarta dengan sifat-sifat fisis sebagai berikut rumus molekul Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; berat molekul 342,12 g/gmol; densitas 1,0394 g/ml; konsentrasi jenuh 0,090 g/ml; kenampakan kristal putih. Aquades diperoleh dari CV. Alfa Kimia Yogyakarta dan mempunyai sifat-sifat fisis pada suhu 27°C sebagai berikut rumus molekul H<sub>2</sub>O; berat molekul 18 g/gmol; densitas 0,99655 g/ml; viskositas 0,008545 g/cm detik [6]. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rangkaian seperti Gambar 2 dan Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 2. Rangkaian Alat Penelitian



Gambar 3. (a). Batang Pengaduk dan (b). Motor Pengaduk dan Batang Pengaduk

Butiran tawas dengan ukuran lolos saringan 20 mesh dan tertahan ukuran 30 mesh dilakukan pencucian dan pembilasan. Rangkaian peralatan penelitian disusun seperti pada Gambar 2. Butiran tawas ukuran tertentu dengan berat yang telah ditentukan dimasukkan ke dalam tangki yang sebelumnya telah diisi dengan air, selanjutnya motor penggerak dihidupkan. Pada selang waktu tertentu sejumlah sampel diambil untuk ditentukan konsentrasi larutan tawasnya. Percobaan ini dilakukan dengan variasi kecepatan putaran pengaduk dan variasi diameter pengaduk dengan perbandingan D/Dt tetap.

### 3. Hasil dan Analisis

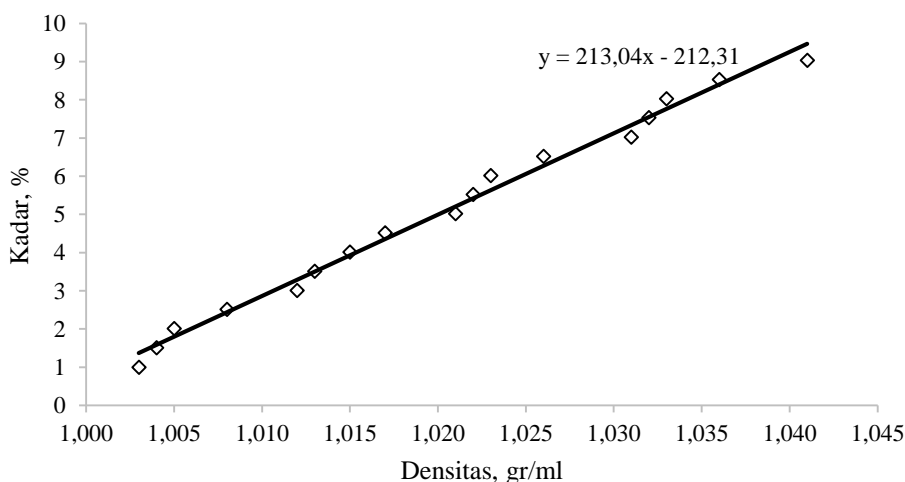
#### 3.1. Penentuan Grafik Standar Larutan Tawas

Dari hasil percobaan dan perhitungan kadar tawas yang dinyatakan sebagai berat tawas dibagi dengan berat air, dapat dihasilkan data percobaan sesuai dengan yang tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara berat, densitas dan kadar larutan tawas dalam 100 ml air.

No.	Berat tawas, gram	Densitas larutan, g/ml	Kadar larutan tawas, %
1	1,0	1,003	1,00
2	1,5	1,004	1,51
3	2,0	1,005	2,01
4	2,5	1,008	2,51
5	3,0	1,012	3,01
6	3,5	1,013	3,51
7	4,0	1,015	4,01
8	4,5	1,017	4,52
9	5,0	1,021	5,02
10	5,5	1,022	5,52
11	6,0	1,023	6,02
12	6,5	1,026	6,52
13	7,0	1,031	7,02
14	7,5	1,032	7,53
15	8,0	1,033	8,03
16	8,5	1,036	8,53
17	9,0	1,041	9,03

Berdasarkan data pada Tabel 1 diperoleh grafik hubungan antara densitas dan kadar larutan yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara berat, densitas dan kadar larutan tawas dalam 100 ml air

Berdasarkan Gambar 4 hubungan antara densitas dan kadar larutan tawas dapat dinyatakan dalam persamaan matematis seperti terlihat pada Pers. (11) sebagai berikut:

$$Y = 212,72p - 211,98 \quad (11)$$

dengan ralat rata-rata sebesar 4,002%.

### 3.2. Menentukan koefisien perpindahan massa ( $k_L$ )

Berdasarkan data hasil percobaan yang dilakukan dengan variasi kecepatan putaran pengaduk dan variasi diameter pengaduk dengan perbandingan D/Dt tetap, diperoleh hubungan antara waktu dan konsentrasi larutan tawas. Hubungan antara konsentrasi larutan tawas dengan harga densitas larutan dapat dievaluasi menggunakan persamaan yang diperoleh yaitu persamaan  $Y = 212,72\rho - 211,98$ ; dengan Y merupakan adalah kadar larutan. Untuk mendapatkan nilai konsentrasi (g/ml), nilai Y dikalikan dengan densitas air yaitu 0,99655 g/ml pada suhu pada saat percobaan (27°C).

Hubungan antara waktu dan konsentrasi larutan tawas hasil percobaan untuk masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 sedangkan hubungan antara waktu dan konsentrasi hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 2. Konsentrasi larutan hasil percobaan untuk berbagai kecepatan putaran pengaduk ( $D_p = 0,060$  cm,  $H_t = 1,6$  cm,  $V = 250$  ml,  $D = 2$  cm,  $B = 22,5$  gram,  $D_t = 5$  cm dan  $N_b = 8850$  butir)

N (ppm)	100	200	300	400	500
Waktu (detik)	Konsentrasi tawas yang terlarut, g/ml air				
0	0	0	0	0	0
10	0,016	0,018	0,034	0,046	0,057
20	0,023	0,035	0,050	0,067	0,073
30	0,032	0,046	0,059	0,078	0,085
40	0,041	0,057	0,062	0,080	0,085
50	0,050	0,060	0,069	0,086	0,087
60	0,052	0,063	0,073	0,087	0,088
70	0,057	0,069	0,081	0,089	0,090

Tabel 3. Konsentrasi larutan hasil percobaan untuk berbagai diameter pengaduk dengan perbandingan D/Dt tetap ( $D_p = 0,060$  cm,  $H_t = 1,6$  cm,  $N = 100$  ppm,  $B = 22,5$  gram,  $N_b = 8850$  butir dan  $V = 250$  ml)

Diameter pengaduk (D), cm	2	3	4	5	6
Diameter tangki (Dt) cm	5	7,5	10	19,5	15
Waktu (detik)	Konsentrasi tawas yang terlarut (g/ml air)				
0	0	0	0	0	0
10	0,016	0,020	0,030	0,040	0,050
20	0,030	0,036	0,050	0,061	0,064
30	0,038	0,045	0,061	0,071	0,074
40	0,043	0,053	0,069	0,078	0,081
50	0,050	0,060	0,072	0,080	0,084
60	0,057	0,062	0,079	0,084	0,085
70	0,061	0,067	0,081	0,085	0,088

Tabel 4. Waktu hasil simulasi untuk berbagai koefisien perpindahan massa larutan tawas dengan variasi kecepatan putaran pengaduk ( $D_p = 0,060$  cm,  $B = 22,5$  gram,  $\rho_s = 1,0394$  g/ml,  $N_b = 8850$  butir,  $V = 250$  ml dan  $C_s = 0,090$  g/ml)

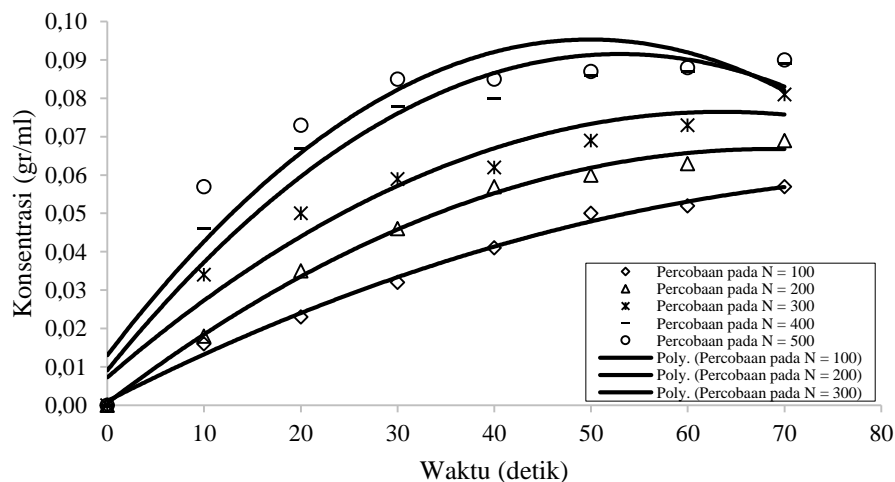
Koefisien Perpindahan Massa (cm/dt)	0,000217	0,00035	0,00061	0,00110	0,00165
Konsentrasi Larutan (p/ml)	Waktu hasil simulasi (detik)				
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,009	6,120	3,794	2,177	1,207	0,805
0,018	13,337	8,269	4,745	2,631	1,754
0,027	22,009	13,645	7,829	4,342	2,895
0,036	32,674	20,258	11,623	6,446	4,297
0,045	46,200	28,644	16,435	9,114	6,076
0,054	64,086	39,733	22,798	12,642	8,428
0,063	89,226	55,320	31,741	17,602	11,735
0,072	128,231	79,503	45,617	25,296	16,864
0,081	201,890	125,172	71,820	39,827	26,552
0,090	535,415	331,957	190,467	105,623	70,415

Tabel 5. Waktu hasil simulasi untuk berbagai koefisien perpindahan massa larutan tawas dengan variasi diameter pengaduk dengan perbandingan D/Dt tetap ( $D_p = 0,060$  cm,  $B = 22,5$  gram,  $\rho_s = 1,0394$  g/ml,  $N_b = 8850$  butir,  $V = 250$  ml dan  $C = 0,090$  Wm)

Koefisien perpindahan massa, cm/dt	0,000255	0,00033	0,000615	0,00087	0,00106
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,009	5,208	4,024	2,159	1,527	1,253
0,018	11,345	8,770	4,706	3,327	2,736
0,027	18,729	14,472	7,766	5,490	4,506
0,036	27,805	21,486	11,529	8,150	6,689
0,045	39,315	30,380	16,301	11,523	9,458
0,054	54,536	42,142	24,162	17,985	13,120
0,063	75,930	58,673	34,483	25,255	18,266
0,072	109,122	84,322	50,246	36,984	26,252
0,081	171,804	132,758	71,236	50,357	41,330
0,090	455,627	352,076	188,919	133,546	109,608

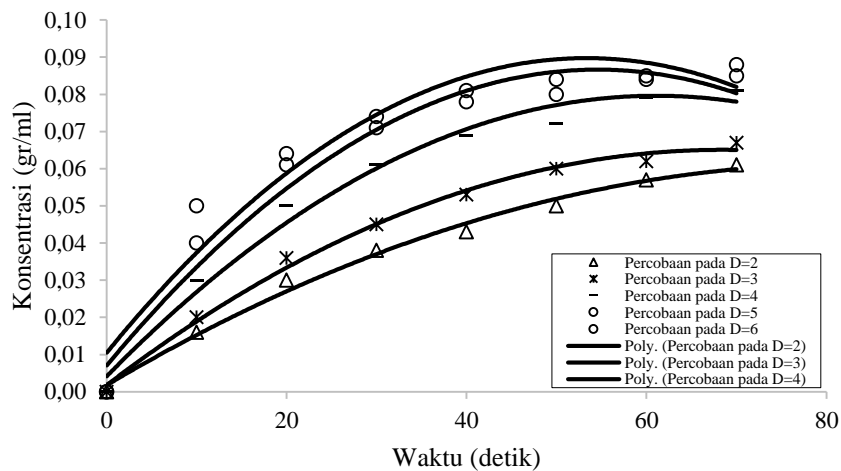
Dari hasil percobaan diperoleh data konsentrasi larutan sebagai fungsi waktu dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Dengan perhitungan numeris dan menggunakan model matematis yang telah disusun serta dengan memberikan harga  $k_L$  tertentu pada persamaan matematisnya yaitu Pers. (8) akan diperoleh harga waktu sebagai fungsi konsentrasi. Harga  $k_L$  yang dipilih adalah yang mempunyai hasil perhitungan waktu fungsi konsentrasi yang mendekati dengan data percobaan setelah diplotkan dalam bentuk grafik.

Hubungan antara waktu dan konsentrasi hasil percobaan dan simulasi untuk masing-masing variabel dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Hubungan antara waktu dan konsentrasi hasil percobaan dan simulasi dengan variasi kecepatan putaran pengaduk

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa ternyata hasil simulasi mendekati hasil percobaan, sehingga dapat disimpulkan bahwa model matematis yang disusun sesuai.



Gambar 6. Hubungan antara waktu dan konsentrasi hasil percobaan dan simulasi dengan variasi diameter pengaduk dengan perbandingan D/Dt tetap

**3.3. Penentuan Hubungan Antara Koefisien Transfer Massa (ki) dengan Kecepatan Putaran Pengaduk**

Dengan variasi kecepatan putaran pengaduk dan peubah lainnya tetap maka Pers. (10) menjadi:

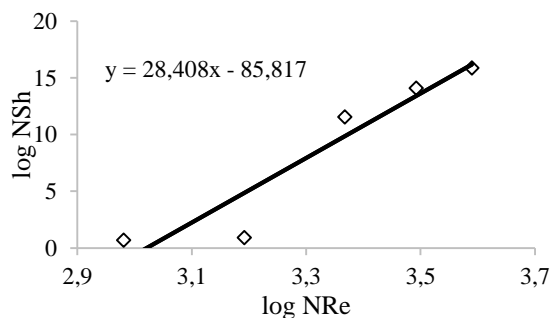
$$\log \left[ \frac{k_L D}{D_v} \right] = \log K_2 + a \log \left[ \frac{N D^2 \rho}{\mu} \right]$$

$$\log N_{Sh} - \log K_2 + a \log N_{Re} \tag{10}$$

Hubungan antara kecepatan putaran pengaduk terhadap koefisien transfer massa serta hubungan antara log N<sub>Sh</sub> terhadap log N<sub>Re</sub> dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 6 dapat dibuat grafik hubungan antara log N<sub>Sh</sub> terhadap log N<sub>Re</sub> yang dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 6. Hubungan antara log N<sub>sh</sub> terhadap log N<sub>Re</sub> (Dt = 5 cm, D = 2 cm, D<sub>v</sub> = 8,556 x 10<sup>-5</sup> cm<sup>2</sup>/detik, ρ = 0,99655 g/ml dan μ = 0,008545 g/cm detik)

No.	N (ppm)	k <sub>L</sub> (cm/dt)	log N <sub>Re</sub>	log N <sub>Sh</sub>
1	100	0,000217	2,981	0,705
2	200	0,000350	3,192	0,913
3	300	0,000610	3,368	1,154
4	400	0,001100	3,493	1,410
5	500	0,001650	3,590	1,586



Gambar 7. Hubungan antara log N<sub>Sh</sub> terhadap log N<sub>Re</sub>

Berdasarkan Gambar 7 diperoleh nilai konstanta K<sub>2</sub> = 9,6028 x 10<sup>-4</sup> dan a = 1,2615 dengan ralat rata-rata sebesar 6,85%, sehingga persamaan empiris sementara dapat ditulis dalam Pers. (11) sebagai berikut:

$$\left[ \frac{k_L D}{D_v} \right] = 9,6028 \times 10^{-4} \left[ \frac{N D^2 \rho}{\mu} \right]^{1,2615} \tag{11}$$

**3.4. Penentuan Hubungan antara Koefisien Transfer Massa (k<sub>L</sub>) dan Diameter Pengaduk (D) dengan Perbandingan Tetap**

Dengan variasi diameter pengaduk dan peubah lainnya tetap maka Pers. (10) menjadi Pers. (12):

$$\left[ \frac{k_L D}{D_v} \right] = K_1 \left[ \frac{N D^2 \rho}{\mu} \right]^a \left[ \frac{Ht}{Dt} \right]^f$$

$$\left[ \frac{k_L D}{D_v} \right] \left[ \frac{N D^2 \rho}{\mu} \right]^{-a} = K_1 \left[ \frac{Ht}{Dt} \right]^f \tag{12}$$

atau dapat dinyatakan sebagai Pers. (13) sebagai berikut:

$$Y = K_1 \left[ \frac{Ht}{Dt} \right]^f$$

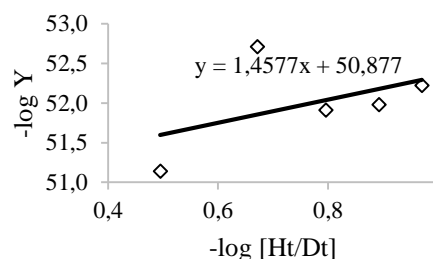
$$\log Y = \log K_1 + f \log \left[ \frac{Ht}{Dt} \right] \quad (13)$$

Karena nilai konstanta a sudah diketahui, maka dengan metode *least squares* atau kuadrat terkecil nilai konstanta f dapat ditentukan.

Hubungan antara koefisien transfer massa terhadap diameter pengaduk dengan perbandingan D/Dt tetap serta hubungan antara log Y terhadap log [Ht/Dt] dapat dilihat pada Tabel 7. Dari Tabel 7 dapat dibuat grafik hubungan antara -log Y terhadap [Ht/Dt] yang dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 7. Hubungan antara log Y terhadap log [Ht/Dt] (Ht = 1,6 cm, N = 100 ppm,  $D_v = 8,556 \times 10^{-5}$  cm<sup>2</sup>/detik,  $\mu = 0,008545$  g/cm.detik dan  $\rho = 0,99655$  g/ml)

No.	D (cm)	Dt (cm)	$k_L$ (cm/dt)	-log [Ht/Dt]	-log Y
1	2	5	0,000255	0,495	5,114
2	3	7,5	0,000330	0,672	5,271
3	4	10	0,000615	0,796	5,191
4	5	12,5	0,000870	0,893	5,198
5	6	15	0,001060	0,971	5,222



Gambar 8. Hubungan -log Y vs -log [Ht/Dt]

Berdasarkan Gambar 8 diperoleh nilai konstanta  $K_1 = 8,0723 \times 10^{-6}$  dan  $f = 0,1361$  dengan ralat rata-rata sebesar 0,662%, sehingga persamaan empiris yang diperoleh Pers. (14) adalah sebagai berikut:

$$\left[ \frac{k_L D}{D_v} \right] = 8,0723 \times 10^{-6} \left[ \frac{N D^2 \rho}{\mu} \right]^{1,2615} \left[ \frac{Ht}{Dt} \right]^{0,1361} \quad (14)$$

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Model matematis yang disusun sesuai untuk perpindahan massa padat-cair sistem butiran tawas-air dalam tangki berpengaduk berbaffle.
2. Harga koefisien transfer massa semakin besar dengan kenaikan kecepatan putaran pengaduk
3. Harga koefisien transfer massa semakin besar dengan kenaikan diameter pengaduk untuk perbandingan diameter pengaduk per diameter tangki tetap.
4. Hubungan antara koefisien transfer massa padat-cair sistem butiran tawas-air dalam tangki berpengaduk berbaffle dengan variabel yang diteliti dapat didekati dengan persamaan (14) dengan ralat rata-rata sebesar 0,662%. Persamaan di atas berlaku dengan batas-batas pengamatan untuk kecepatan putaran pengaduk dari 100 ppm sampai 500 ppm dan perbandingan diameter pengaduk terhadap diameter tangki  $D/Dt = 1/3$ .

#### Daftar Pustaka

- [1] Geankoplis CJ. *Transfer Process and Unit Operation*. 3<sup>th</sup> ed. Toronto: Allyn and Bacon In, 1997.
- [2] Richard RG, Tetiyadi, Ira I, Linda W. *Koefisien Perpindahan Massa Ekstraksi Padat Cair*. Prosiding Seminar Kejuangan. Yogyakarta, 2002.
- [3] Cho HJ, Choi J. Calculation of Mass Transfer Coefficient for the Dissolution of Multiple Carbon Dioxide Bubbles in Sea Water under Varying Conditions, *J. Mar. Sci. Eng.* 2019, 7: 457.
- [4] Treybal RE. *Mass Transfer Operation*. 3<sup>th</sup> ed. New York: McGraw - Hill Book Company Inc. 1980: 33-35, 52-53, 59-60.
- [5] Joubert R. Solid-Liquid Mass Transfer in Trickle Bed Reactors, *Master Dissertation*. Pretoria: Chemical Engineering, Faculty of Engineering, The Build Environment and Information Technology, University of Pretoria, 2009.
- [6] Green DW, Southard MZ. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 9<sup>th</sup> ed. New York: N.Y. McGraw-Hill Education, 2019.