
ADSORPSI ZAT ORGANIK NITROBENZENE DARI LARUTAN DENGAN MENGGUNAKAN BUBUK DAUN INTARAN

Yentaria Juli Wijaya, Rinita, Felycia Edi Soetaredjo, Suryadi Ismadji
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala
Jalan Kalijudan 37, Surabaya 60114
email: felyciae@yahoo.com

Abstrak

Nitrobenzene merupakan salah satu zat organik yang biasanya terkandung dalam limbah industri dimana Nitrobenzene sangat sulit diolah sebelum dibuang karena sifatnya yang sangat kompleks. Limbah yang mengandung nitrobenzene ini dapat ditemukan pada industri pestisida, sabun, dan farmasi. Nitrobenzene yang juga disebut nitrobenzol, merupakan bahan kimia organik yang berbahaya bagi makhluk hidup karena dapat menyebabkan kematian. Adsorpsi adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi limbah nitrobenzene ini. Dalam proses adsorpsi, bahan penyerap yang umum digunakan adalah karbon aktif dan bahan penyerap organik. Daun intaran merupakan salah satu dari bahan penyerap organik yang efektif digunakan dalam proses adsorpsi karena biayanya yang murah dan mudah didapat. Pada penelitian ini, daun intaran digunakan untuk menyerap zat organik nitrobenzene. Karakterisasi bubuk daun intaran sendiri dilakukan dengan titrasi Boehm dan analisa proximat yang meliputi kandungan abu, air, karbon, dan volatile matter. Proses isoterm adsorpsi nitrobenzene ini disesuaikan dengan persamaan Freundlich dan persamaan Langmuir, sedangkan hasil kinetika adsorpsi disesuaikan dengan menggunakan pseudo first order dan pseudo second order. Dari hasil percobaan, didapatkan hasil bahwa proses adsorpsi nitrobenzene dengan menggunakan bubuk daun intaran ini mengikuti persamaan Langmuir pada isoterm adsorpsinya dan mengikuti persamaan pseudo first order pada kinetika adsorpsinya.

Kata Kunci : Adsorpsi, bubuk daun intaran, nitrobenzene

Abstract

Nitrobenzene is one of organic compound that usually contained in industrial wastewater, which is toxic. Nitrobenzene can be found in the chemical and pesticides industry. Nitrobenzene, which also known as nitrobenzol, is dangerous organic chemical for organism because can cause death. Organic waste in aqueous solution are usually removed by adsorption. In the adsorption process, adsorbent that usually used are carbon active and organic adsorbent. Neem leaf one of organic adsorbent that effective used in the adsorption process because it has a low cost dan easy to get. In this adsorption process, neem leaf used as a adsorbent. Neem leaf powder characterization with Boehm's titration and proxymate analysis, which contain moisture content, water content, carbon, and volatile matter. Isoterm adsorption process of nitrobenzene is appropriated with Freundlich equation and Langmuir equation. And the result of kinetic adsorption is appropriated with pseudo first order and pseudo second order. From the experimenal result, it can be seen that adsorption of nitrobenzene by neem leaf powder is using Langmuir equation in isoterm adsorption and follow pseudo first order in kinetic adsorption.

Key Words : Adsorption, neem leaf powder, nitrobenzene

1. Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya perkembangan industri, maka limbah yang dihasilkan juga meningkat. Limbah yang akan dibuang tersebut dapat mengandung senyawa organik maupun logam berat berbahaya yang dapat mencemari lingkungan. Macam-macam senyawa organik yang biasanya terkandung dalam limbah industri adalah Nitrobenzene, Aniline, Benzene, dan berbagai macam *solvent* yang umumnya digunakan dalam campuran komposisi bahan-bahan kimia. Senyawa organik ini sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena dapat menyebabkan berbagai macam penyakit yang serius dan bahkan dapat menyebabkan kematian.

Nitrobenzene merupakan salah satu senyawa organik yang biasanya terkandung dalam limbah industri kimia dimana Nitrobenzene cukup sulit diolah sebelum akhirnya dibuang karena sifatnya yang sangat kompleks. Limbah yang mengandung nitrobenzene ini dapat ditemukan pada industri pestisida dan sabun. Nitrobenzene disebut juga sebagai nitrobenzol yang merupakan senyawa organik yang beracun dan dapat digunakan sebagai pelarut atau *agent* pengoksida.

Beberapa metode untuk meminimalkan ataupun menghilangkan kandungan senyawa organik dalam limbah cair adalah dengan metode adsorpsi atau *ion exchange*. Metode *ion exchange* sangat jarang dilakukan sebab membutuhkan biaya yang mahal dan hanya digunakan pada skala yang kecil saja. Adsorpsi adalah metode yang paling efektif dan efisien (Amarasinghe & Williams, 2007). Dalam proses adsorpsi, adsorbent yang umum digunakan adalah karbon aktif, zeolit, *aluminosilicate*, *ion exchange resin* (Levine, 2002), tetapi bahan-bahan ini membutuhkan biaya yang mahal. Daun intaran merupakan salah satu dari bahan-bahan penyerap yang efektif digunakan dalam proses adsorpsi karena biayanya yang murah dan mudah didapat (Bhattacharyya & Sharma, 2004). Adsorpsi dengan menggunakan daun intaran ini telah dilakukan pada penelitian sebelumnya untuk penyerapan logam berat, seperti Pb(II) (Bhattacharyya & Sharma, 2004) dan Cd(II) (Sharma & Bhattacharyya, 2005) dimana daun intaran sangat efektif.

Dalam penelitian ini daun intaran digunakan untuk mengadsorpsi Nitrobenzene dan diharapkan daun intaran ini mampu menyerap senyawa organik tersebut. Untuk melakukan karakterisasi daun intaran, dilakukan dengan titrasi Boehm dan analisa proximat yang meliputi kandungan air, karbon, abu, dan *volatile matter*. Hasil percobaan dianalisa dengan menggunakan spektrofotometri UV/VIS. Variabel yang

mungkin berpengaruh pada adsorpsi adalah suhu, waktu adsorpsi, massa adsorben, dan ukuran pori adsorben.

2. Fundamental

Mekanisme adsorpsi sering melibatkan reaksi kimia antara kelompok fungsional pada permukaan adsorben dan zat organik. Mekanisme yang melibatkan proses perpindahan massa adalah perpindahan dari *bulk liquid* dilanjutkan difusi film liquid di sekeliling partikel padatan dan akhirnya difusi ke dalam *micropore* dan *macropore*. Karakteristik ukuran pori dari adsorben menentukan kapasitas dan laju kesetimbangan luas permukaan. Sistem parameter seperti suhu dan pH dapat juga berpengaruh pada proses adsorpsi yang mempengaruhi satu atau lebih dari parameter di atas. Dalam menentukan kapasitas adsorpsi dari adsorben, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan yaitu waktu saat adsorben tidak mampu lagi menyerap solut karena permukaan adsorben tertutup oleh molekul solut. Secara umum persamaan yang digunakan dalam kinetika adsorpsi ini menggunakan persamaan *pseudo-first-order* dan *pseudo-second-order* (Ho & McKay, 1998; Khan dkk., 2005; Koyuncu, 2007).

Proses adsorpsi dengan difusi melalui sebuah batas mengikuti persamaan sebagai berikut :

1. Persamaan *Pseudo-first-order*

Persamaan *pseudo-first-order* merupakan suatu model kinetika yang dapat menggambarkan kecepatan adsorpsi berdasarkan pada kapasitas adsorpsi, dimana hal ini menunjukkan mekanisme adsorpsi fisika (Ho, 2006; Thio, 2006).

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

Persamaan (1) diintegral dengan kondisi $t = 0$ sampai $t = t$ dan $q_t = 0$ sampai $q_t = q_t$, maka persamaan (1) menjadi (Thio, 2006) :

$$q_t = q_e(1 - \exp(-k_1 t)) \quad (2)$$

2. Persamaan *Pseudo-second-order*

Persamaan *Pseudo-second-order* adalah pendekatan model kinetika yang menggambarkan kecepatan adsorpsi berdasarkan reaksi kimia (Ho, 2006) :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (3)$$

Persamaan (3) diintegral kondisi batas $t = 0$ sampai $t = t$ dan $q_t = 0$ sampai $q_t = q_t$, persamaan (3) menjadi (Ho, 2006) :

$$q_t = q_e \left(\frac{q_e k_2 t}{1 + q_e k_2 t} \right) \quad (4)$$

Isotherm adsorpsi menyatakan hubungan antara jumlah substansi yang diserap oleh adsorben dengan konsentrasi pada saat setimbang (q_e) dengan suhu yang konstan. Persamaan isotherm biasanya digunakan untuk menentukan kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat. Persamaan Langmuir dan Freundlich banyak digunakan untuk menggambarkan isotherm adsorpsi fase liquid.

1. Persamaan Freundlich (Bhattacharyya dkk., 2007; Hameed dkk., 2007) mengasumsikan bahwa permukaan adsorben heterogen.

$$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad (5)$$

2. Persamaan Langmuir (Bhattacharyya dkk., 2007; Hameed dkk., 2007; Maron, 1974): menggambarkan adsorpsi yang terjadi pada permukaan adsorben yang homogen. Persamaan yang digunakan adalah:

$$q_e = q_{\max} \frac{K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (6)$$

3. Metodologi

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap pembuatan adsorben dalam bentuk serbuk daun intaran, tahap karakterisasi daun intaran dengan titrasi Boehm dan analisa proksimat (kandungan abu, air, *volatile matter*, dan karbon), dan tahap adsorpsi senyawa organik nitrobenzene dengan menggunakan serbuk daun intaran.

Pada tahap pembuatan serbuk daun intaran, daun intaran yang masih segar dicuci sampai bersih kemudian dikeringkan di bawah panas matahari sampai layu. Setelah itu, daun intaran dimasukkan kedalam oven selama 30 jam dengan suhu 60°C - 70°C. Daun intaran yang sudah kering dimasukkan ke dalam alat *grinder* hingga didapatkan ukuran $^{-60}_{+75}$, $^{-40}_{+60}$, dan $^{-30}_{+45}$ mesh. Serbuk daun intaran yang didapatkan, disimpan dalam desikator agar tetap bersih dan kering (Bhattacharyya & Sharma, 2004).

Karakterisasi bubuk daun intaran dilakukan dengan titrasi Boehm. Pertama-tama, 0,5 gram serbuk daun intaran ditimbang dan dicampur dengan 50 mL larutan NaHCO_3 , Na_2CO_3 , NaOH dengan normalitas masing-masing 0,05 N untuk analisa asam dan 50 mL dari larutan HCl 0,05 N untuk analisa basa. Setelah itu, campuran tersebut disimpan pada suhu kamar selama 24 jam, kemudian disaring untuk memisahkan serbuk daun intaran. Untuk analisa asam, 10 mL dari filtrat NaHCO_3 ,

Na_2CO_3 , NaOH diambil dan tambahkan dengan 2-3 tetes indikator metil merah kemudian dititrasi dengan larutan HCl 0,05 N yang telah dibakukan dengan larutan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Sedangkan untuk analisa basa, 10 mL dari filtrat HCl diambil dan ditambah dengan 2-3 tetes indikator phenolphthalein kemudian dititrasi dengan 0,05 N larutan NaOH yang telah dibakukan dengan larutan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Untuk tahap isotherm adsorpsi, pertama-tama zat organik yaitu nitrobenzene dilarutkan dalam air dengan konsentrasi ± 250 mg/L (Wikipedia, 2008). Larutan nitrobenzene sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian serbuk daun intaran sebanyak 0,2 gram (diulangi dengan variasi massa adsorben: 0,4 gram, 0,6 gram, 0,8 gram, dan 1 gram) dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi larutan nitrobenzene dan ditutup. Larutan dikocok dalam *shaker bath* selama 120 menit pada suhu 30°C (diulangi dengan variasi suhu: 40°C, 50°C, 60°C, dan 70°C). Kemudian dianalisa konsentrasi nitrobenzene dengan spektrofotometer UV/VIS pada $\lambda_{\max} = 270$ nm.

Tahap kinetika adsorpsi dilakukan dengan cara: zat organik berupa larutan nitrobenzene dengan konsentrasi 250 mg/L (Wikipedia, 2008) sebanyak 50 ml dimasukkan dalam erlenmeyer, kemudian serbuk daun intaran dengan massa sebanyak 1 gram (didapatkan dari percobaan isotherm adsorpsi yang memiliki % *removal* paling besar) dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi larutan Nitrobenzene. Setelah itu, larutan dikocok dalam *shaker bath* dengan kecepatan konstan selama 20 menit (diulangi dengan variasi waktu: 40 menit, 60 menit, 80 menit, 100 menit, dan 120 menit). Kemudian diambil sampel larutan dan konsentrasi Nitrobenzene dalam sampel dianalisa dengan spektrofotometer UV/VIS pada $\lambda_{\max} = 270$ nm.

4. Hasil dan Pembahasan

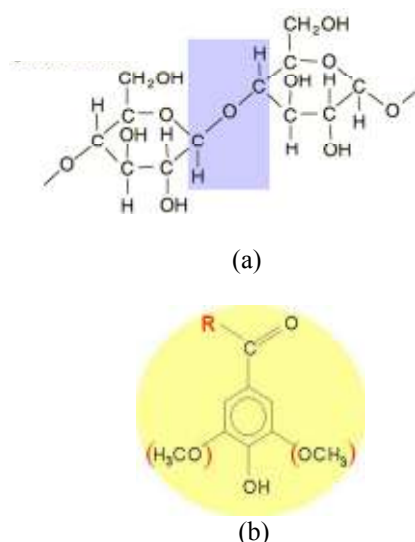
Hasil analisa proksimat serbuk daun intaran: kandungan air, kandungan karbon, kandungan abu, kandungan *volatile matter* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Proksimat Serbuk Daun Intaran

No	Analisa	%
1	Kandungan Air	10,00
2	Kandungan Karbon	31,38
3	Kandungan Abu	17,32
4	Kandungan <i>volatile matter</i>	41,30

Gugus fungsi kimia dari bubuk daun intaran dapat dianalisa menggunakan FTIR. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa gugus fungsi yang

ada pada permukaan dari bubuk daun intaran terdiri dari C-H stretching ($2847,7\text{-}2947,03\text{cm}^{-1}$), C-H bending ($1055,95\text{-}1317,29\text{cm}^{-1}$), sulfur ($1055,95\text{-}1317,29\text{cm}^{-1}$), senyawa aromatik ($711,68\text{-}808,12\text{cm}^{-1}$), alkohol dan fenol ($1274,86\text{-}2947,03\text{cm}^{-1}$), C-O-C stretching ($1134,07\text{cm}^{-1}$), karboksilat ($1317,29\text{cm}^{-1}$). Penyusun utama dari daun intaran adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin yang juga teridentifikasi oleh FTIR. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1, dimana struktur selulosa terbentuk dari ikatan C-H, C-O-C yang sama dengan ikatan yang terdapat pada daun intaran. Sedangkan untuk struktur lignin, komponen penyusun utamanya terdiri dari ikatan C-OH, senyawa aromatik dan C-O-C yang menunjukkan bahwa daun intaran mengandung lignin.



Gambar 1. Struktur dari (a) selulosa dan (b) lignin

Permukaan gugus fungsional ditentukan oleh metode titrasi boehm yang dapat dilihat pada Tabel 3. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa gugus fungsional asam lebih besar dibandingkan dengan gugus basa. Gugus fungsional asam dalam bubuk daun intaran sebesar $100,97 \mu\text{eq/g}$ bubuk daun intaran dan gugus fungsional basa sebesar $8,012 \mu\text{eq/g}$ bubuk daun intaran. Dari hasil titrasi Boehm, dapat diketahui gugus fungsi pada permukaan bubuk daun intaran, sehingga dapat disimpulkan bahwa sifat dari bubuk daun intaran adalah asam.

Adsorpsi Nitrobenzene dalam bentuk larutan dilakukan dengan variasi massa adsorben pada 5 macam suhu larutan, yaitu 30°C , 40°C , 50°C , 60°C , 70°C . Dari hasil penelitian diperoleh data konsentrasi nitrobenzene dalam larutan pada keadaan equilibrium (C_e) untuk setiap variasi massa adsorben pada kelima suhu. Massa

nitrobenzene yang teradsorpsi per satuan massa adsorben (q_e) dihitung dengan persamaan :

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \cdot V}{m} \quad (7)$$

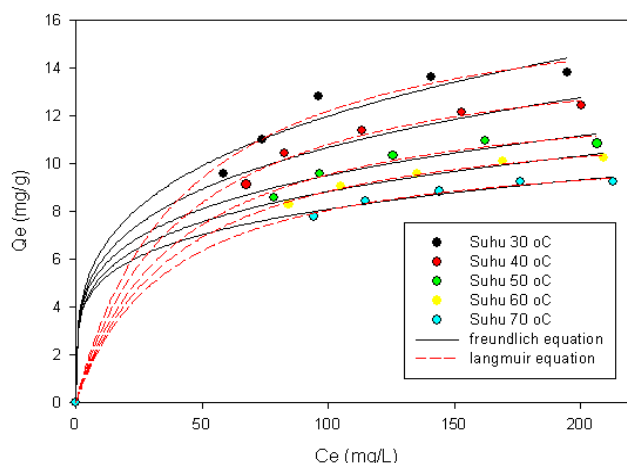
Tabel 2. Gugus fungsi pada bubuk daun intaran

Gugus Fungsi	Wavenumber Bubuk Daun Intaran
C-H bending	1055,95 1134,07 1274,86 1284,5
C-H stretching	2915,2 2947,03
C-H stretching	2847,7
Asam karboksilat	1317,29
Alkohol dan Fenol	
O-H stretching	2323,1
(Chelate compounds)	2359,74
O-H bending and	1274,86
C-O stretching	1284,5
vibrations	1317,29
OH association	1134,07
C-H (aromatic hydrogen)	711,68 808,12
C-O-C stretching	1134,07
Sulfur compounds	
C=S stretching	1055,95 1134,07
S=O stretching	1274,86 1284,5 1317,29

Tabel 3. Permukaan Gugus Fungsional dari Bubuk Daun Intaran

Gugus Fungsional	$\mu\text{eq/g}$ bubuk daun intaran
Karboksil	4,850
Lakton	0,000
Fenol	96,120
Basa	8,012

Selanjutnya data q_e dan C_e dikorelasikan dengan persamaan isoterm adsorpsi yaitu persamaan isoterm Freundlich dan Langmuir yang dapat dilihat pada persamaan (5) dan (6). Hasil penelitian adsorpsi Nitrobenzene menggunakan bubuk daun intaran yang dikorelasikan dengan persamaan isoterm Freundlich dan Langmuir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Isoterm Adsorpsi dari Nitrobenzene dengan menggunakan bubuk daun intaran

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin banyak massa adsorben yang diberikan maka konsentrasi setelah kesetimbangan (C_e) semakin menurun. Gambar 2 menunjukkan pula bahwa semakin besar konsentrasi nitrobenzene dalam larutan pada saat kesetimbangan (C_e) maka semakin besar pula kapasitas adsorpsi saat kesetimbangan pada fase solid (q_e). Berdasarkan persamaan (7) terlihat bahwa nitrobenzene yang terserap tiap satuan massa bubuk daun intaran sebanding dengan kapasitas adsorpsi. Selain itu pada Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu maka jumlah yang diserap pada waktu kesetimbangan (q_e) semakin kecil.

Data-data kesetimbangan adsorpsi nitrobenzene dengan menggunakan bubuk daun intaran dapat digambarkan dengan baik menggunakan persamaan isoterm Langmuir dibandingkan dengan persamaan isoterm Freundlich, seperti yang terlihat dari Gambar 2 atau dari harga koefisien korelasi R^2 seperti yang disajikan pada Tabel 4. Persamaan Langmuir diperoleh dengan menggunakan asumsi bahwa adsorpsi terjadi pada *sites* spesifik yang homogen. Harga konstanta persamaan Freundlich dan Langmuir yang diperoleh dari penelitian beserta harga R^2 nya dapat dilihat pada Tabel 4.

Parameter Freundlich, K_F menunjukkan kapasitas adsorpsi suatu adsorben. Semakin besar harga K_F maka kapasitas adsorpsinya semakin besar, demikian pula sebaliknya. Pada suhu 30°C – 70°C parameter K_F berada pada kisaran 3,3516 sampai dengan 3,1646 ($\text{mg/g} \cdot (\text{L/mg})^{1/n}$). Bila ditinjau dari harga n yang berkisar antara 3,6153 – 4,9067, adsorpsi nitrobenzene menggunakan bubuk daun intaran dapat dikatakan sebagai proses adsorpsi yang *favorable*. Harga konstanta n antara 1 sampai 10

menunjukkan proses adsorpsi bersifat *favorable* (Chen & Wang, 2007).

Parameter Langmuir, q_{max} , menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum nitrobenzene pada bubuk daun intaran. Kapasitas adsorpsi maksimum nitrobenzene pada bubuk daun intaran berada pada kisaran 17.3965 mg/g – 11.0140 mg/g pada suhu 30°C – 70°C. Dari data-data tersebut, terlihat bahwa dengan meningkatnya suhu adsorpsi, kapasitas adsorpsi adsorben semakin menurun. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya suhu, kelarutan nitrobenzene dalam air meningkat sehingga penyerapan adsorben terhadap solut akan semakin kecil sebab. Penurunan kapasitas adsorpsi seiring dengan peningkatan suhu ini juga menunjukkan bahwa adsorpsi nitrobenzene menggunakan bubuk daun intaran bersifat eksotermis yang berarti tergolong adsorpsi fisika. Selain itu afinitas pelarut terhadap bubuk daun intaran lebih kuat dibandingkan afinitas larutan nitrobenzene dengan bubuk daun intaran oleh karena itu pelarut akan cenderung diserap oleh bubuk daun intaran sehingga jumlah nitrobenzene yang diserap pada waktu kesetimbangan (q_e) menjadi semakin kecil (Kipling, 1965; Treyball, 1981).

Termodinamika menjelaskan proses adsorpsi yang berjalan spontan atau tidak. Parameter dari termodinamika adsorpsi seperti entalpi (ΔH), entropi (ΔS), dan energi bebas (ΔG). Energi bebas adalah syarat utama dari proses yang spontan dan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

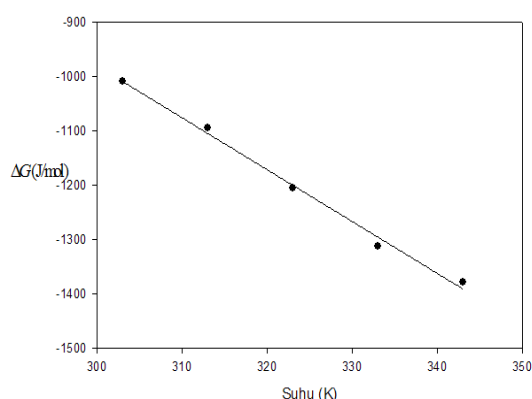
$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_L \quad (8)$$

Hubungan antara energi bebas, entalpi (ΔH°) dan entropi (ΔS°) adalah:

$$\Delta G^\circ = T \cdot \Delta S^\circ - \Delta H^\circ \quad (9)$$

Tabel 4. Parameter Langmuir, Freundlich dan Koefisien Korelasi Isoterm Adsorpsi Nitrobenzene dengan Bubuk Daun Intaran

Suhu (°C)	Freundlich			Langmuir		
	$1/n$	K_F ($\text{mg/g} \cdot (\text{L/mg})^{1/n}$)	R^2	q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2
30	3,6153	3.3516	0.9846	17.3965	0.0235	0.9916
40	3,8745	3.2506	0.9850	15.2497	0.0243	0.9963
50	4,3252	3.2774	0.9935	13.3021	0.0254	0.9973
60	4,4385	3.1276	0.9981	12.2894	0.0256	0.9993
70	4,9067	3.1646	0.9979	11.0140	0.0272	0.9995



Gambar 3. Energi Gibbs terhadap Suhu

Parameter termodinamika untuk adsorpsi nitrobenzene dengan menggunakan daun intaran dapat dilihat pada Tabel 5.

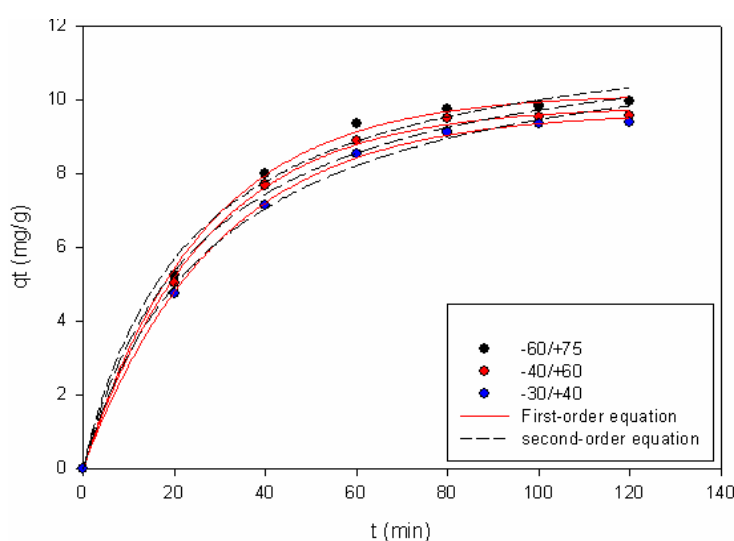
Plot antara energi Gibbs terhadap suhu dapat dilihat pada Gambar 3. Harga ΔG° yang negatif berarti proses adsorpsi berjalan secara

spontaneous (Ho & Ofomaja, 2006). Harga ΔH° negatif menunjukkan bahwa proses adsorpsi berjalan eksotermis dan juga merupakan proses adsorpsi fisika (Zhou dkk., 2005).

Data hasil penelitian kinetika adsorpsi nitrobenzene menggunakan adsorben bubuk daun intaran yang dikorelasikan dengan model kinetika *pseudo-first-order* dan *pseudo-second-order* dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 5. Parameter Termodinamika untuk adsorpsi nitrobenzene dengan menggunakan daun intaran

T (°C)	K_L (L/mol)	ΔG° (kJ/mol)	ΔH° (kJ/mol)	ΔS° (kJ/mol.K)
30	1,4930	-1,0097	-2,89	-9,55
40	1,5438	-1,0940		
50	1,6137	-1,2055		
60	1,6836	-1,3123		
70	1,7281	-1,3780		



Gambar 4. Kinetika adsorpsi nitrobenzene menggunakan bubuk daun intaran berdasarkan persamaan *Pseudo-first-order* dan *Pseudo-second-order*

Tabel 6. Parameter Kinetika Adsorpsi Nitrobenzene Menggunakan Bubuk Daun Intaran dengan Ukuran $-30/+40$, $-40/+60$ dan $-60/+75$ mesh berdasarkan *Pseudo-first-order* dan *Pseudo-second-order* pada suhu 30°C

Ukuran daun intaran (mesh)	<i>pseudo-first-order</i>			<i>pseudo-second-order</i>		
	k_1 (menit $^{-1}$)	q_e (mg/g)	R^2	$k_2, 10^3$ (g/mg)(menit $^{-1}$)	q_e (mg/g)	R^2
$-30/+40$	0,0198	9.6714	0.9995	0.0816	1.9009	0.9948
$-40/+60$	0,0206	9.8227	0.9996	0.0818	2.1041	0.9934
$-60/+75$	0,0223	10.1632	0.9996	0.0810	2.4061	0.9918

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu adsorpsi (t) maka konsentrasi nitrobenzene pada bubuk daun intaran tiap waktu (q_t) semakin besar. Hal ini dikarenakan seiring dengan bertambahnya waktu adsorpsi, nitrobenzene yang teradsorpsi semakin banyak sehingga q_t semakin besar. Dari Gambar 4 dapat pula terlihat bahwa ukuran partikel bubuk daun intaran mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Bubuk daun intaran dengan ukuran $-60/+75$ mesh memberikan kapasitas adsorpsi yang paling besar.

Untuk *pseudo first-order* mengindikasikan mekanisme *physisorption* dan *pseudo second-order* mengindikasikan mekanisme *chemisorption* (Thio, 2006). Data kinetika adsorpsi nitrobenzene menggunakan bubuk daun intaran dapat digambarkan dengan lebih baik menggunakan model kinetika *pseudo-first-order* dibandingkan dengan *pseudo-second-order* seperti terlihat dari kesesuaian data pada Tabel 6 serta harga R^2 yang terlihat pada Tabel 6. Dari Tabel 6 terlihat bahwa model kinetika *pseudo-first-order* harga R^2 lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi nitrobenzene menggunakan bubuk daun intaran mengikuti mekanisme *physisorption*.

Pada saat awal, kecepatan adsorpsi nitrobenzene untuk ketiga jenis ukuran bubuk daun intaran hampir sama karena hanya terjadi *mass transfer* eksternal. Pada periode waktu selanjutnya, terlihat pengaruh ukuran partikel. Semakin kecil ukuran adsorben, diperoleh q_t yang semakin besar. Hal ini disebabkan semakin kecil ukuran adsorben, semakin besar luas permukaan adsorben sehingga kapasitas adsorpsinya semakin besar. Ukuran partikel yang semakin kecil juga menyebabkan semakin kecil jarak difusi intrapartikelnya. Jarak difusi intrapartikel yang semakin kecil menyebabkan kecepatan adsorpsi meningkat.

5. Kesimpulan

Dari penelitian adsorpsi larutan Nitrobenzene dengan adsorben bubuk daun

intaran dalam variabel-variabel yang diteliti didapatkan kesimpulan bahwa isoterm adsorpsi nitrobenzene menggunakan bubuk daun intaran dapat dideskripsikan dengan baik oleh persamaan Langmuir. Sedangkan kinetika adsorpsi nitrobenzene menggunakan bubuk daun intaran dapat dideskripsikan dengan baik oleh *pseudo-first-order* dibandingkan dengan *pseudo-second-order*. Untuk proses ini, persen (%) *removal* nitrobenzene maksimum dengan bubuk daun intaran mencapai 77%.

Daftar Notasi

- ΔG = Energi bebas
 ΔH = Entalpi
 ΔS = Entropi
 $1/n$ = faktor heterogenitas
 C_e = konsentrasi kesetimbangan pada fase liquid (mg/L)
 k_1 = *rate constant* dari *pseudo first-order* (menit $^{-1}$)
 k_2 = *rate constant* dari *pseudo second-order* ((g/mg).(menit $^{-1}$))
 K_F = konstanta Freundlich ((mg/g).(L/mg) $^{1/n}$)
 K_L = konstanta kesetimbangan adsorpsi untuk model Langmuir (L/mg)
 q_e = konsentrasi adsorbat pada fase solid pada saat kesetimbangan (mg/g)
 $q_{\max}$ = kapasitas adsorpsi maksimum pada fase solid (mg/g)
 q_t = jumlah adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa adsorben pada saat t (mg/g)
 R = konstanta gas (8,314 J/mol K)
 T = Suhu larutan (K)
 t = waktu kontak (menit)

Daftar Pustaka

- [1] Amarasinghe, B. M. W. P. K, and Williams, R.A. "Tea Waste as a low cost adsorbent for the removal of Cu and Pb from wastewater." Chemical Engineering Journal 132 (2007): 299-309.
- [2] Bhattacharya, A.K; Naiya, T.K; Mandal, S.N ; and Das, S.K. "Adsorption, kinetics and equilibrium studies on removal of Cr

-
- (IV) from aqueous solutions using different low-cost adsorbent." *Chemical Engineering Journal* 137 (2007): 529-541.
- [3] Bhattacharyya, K.G, and Sharma, A. "Adsorpsi of Pb(II) from aqueous solution by *Azadirachta indica* (Neem) leaf powder." *Journal of Hazardous Material B* 113 (2004): 97-109.
- [4] C.C., Thio. "Adsorption of basic dye onto activated carbon prepared from Durian Shell." Universitas Katolik Widya Mandala, 2006.
- [5] Chen, H. , and Wang, A. "Kinetic and isothermal studies of lead ion adsorption onto palygorskite clay." *Journal of Colloid and Interface Science* 307 (2007): 309-316.
- [6] Hameed, B.H; Ahmad, A.A.; and Aziz., N. "Isotherms, kinetics and thermodynamics of acid dye adsorption on activated palm ash." *Chemical Engineering Journal* 133 (2007): 195-203.
- [7] Ho, Y.S, and Ofomaja, A.E. "Biosorption thermodynamics of cadmium on coconut copra meal as biosorbent." *Biochem. Eng. J* 30 (2006): 117-123.
- [8] Ho, Y.-S. "Review of second-order models for adsorption systems." *Journal of Hazardous Material B* 136 (2006): 681-689.
- [9] Ho, Y.S. , and McKay, G., "A comparison of chemisorption kinetics models applied to pollutant removal on various sorbents," *Institution of Chemical Engineers part B*, (76) 1998: 332-340..
- [10] Khan, N.A.; Hanani, W.; and Amin, W.M., "Kinetics of cadmium uptake by sugarcane bagasse," *Water & Waste Water Asia*, 2005.
- [11] Koyuncu, H. "Adsorption kinetics of 3-hydroxybenzaldehyde on native and activated bentonite." *Applied Clay Science* 38 (2007): 279-287.
- [12] Sharma, A., and Bhattacharya, K.G. "*Azadirachta indica* (Neem) leaf powder as a biosorbent for removal of Cd(II) from aqueous medium." *Journal of Hazardous Material B* 125 (2005): 102-112.
- [13] Zhou, D.; Zhang, L.; and Guo, S.L. "Mechanisms of lead biosorption on cellulose/chitin beads." *Water Research* 39 (2005): 3755-3762.
- [14] Kipling, J.J., "Adsorption for solution of Non Electrolytes" London: Academic Press, 1965.
- [15] Levine, Ira N., "Physical Chemistry," New York, McGraw Hill, 2002.
- [16] Maron, S.H. "Fundamentals of Physical Chemistry" London, Macmilan, 753, 1974.
- [17] Treyball, R.E., "Mass Transfer Operations," Singapore, McGraw Hill Book Co., 573-574, 581-582, 1981.
-