PENGARUH KONSENTRASI DAN STUDI KINETIKA ADSORPSI ZAT WARNA *CONGO RED* PADA PHYROPHYLLITE

Muhammad Ali Zulfikar

Kelompok Keahlian Kimia Analitik, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha 10 Bandung, Indonesia 40135, e-mail: zulfikar@chem.itb.ac.id

ABSTRACT

The kinetics of sorption of *Congo red* dye stuff onto phyrophyllite under the influence of initial concentration has been studied. The adsorption capacity of phyrophyllite was found to decrease with increase in dye initial concentration. The adsorption mechanism was found to follow pseudo-first-order model with rate constants in the range of 0.039 – 0.079 min^{-1}. Both the intra-particle diffusion and Boyd kinetic models indicated that intra-particle diffusion was the main rate determining step in *Congo red* adsorption process.
Keywords: adsorption, Congo Red, kinetic, phyrophyllite

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan studi kinetika adsorpsi zat warna *Congo red* pada adsorben phyrohyllite pada berbagai konsentrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi phyrophyllite menurun dengan meningkatnya konsentrasi zat warna. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa mekanisme adsorpsi mengikuti model *pseudo* pertama dengan tetapan laju sebesar 0.039 – 0.079 min^{-1}. Dengan menggunakan model difusi intra-partikel dan kinetika Boyd, diketahui bahwa mekansme difusi intra-partikel merupakan tahap penentu laju dalam proses adsorpsi *Congo red*.
Kata kunci: adsorpsi, *Congo red*, kinetika, phyrophyllite

PENDAHULUAN

Dewasa ini zat warna sintesis banyak digunakan di berbagai industri, seperti tekstil, karet, kertas, plastik, kosmetik dan lain-lain (Chatterjee *et al*., 2009). Dikarenakan kurang efisiennya pada proses pewarnaan, beberapa zat warna tersebut hilang dan menghasilkan limbah berwarna dan bersifat *mutagenic* dan *carsinogenic* pada manusia (Binupriya *et al*., 2008; Chatterjee *et al*., 2009; Elkady *et al*., 2011). Selain itu limbah zat warna juga menyebabkan penetrasi cahaya matahari ke dalam air berkurang, menyebabkan proses fotosintesis menjadi terhambat sehingga mempengaruhi kehidupan makhluk air lainnya (Amran and Zulfikar, 2010; Chatterje *et al*., 2009; 2010). Limbah zat warna mempunyai karakter berwarna, pH yang bervariasi, kadar padatan tersuspensi tinggi, kadar kebutuhan oksigen tinggi, tidak terbiodegradasi, stabil terhadap cahaya, panas dan zat pengoksidasi (Amran and Zulfikar, 2010; Chatterjee *et al*., 2010). *Congo Red* (CR) merupakan suatu zat warna anionik yang banyak digunakan di industri tekstil, kertas, karet, kosmetik, makanan dan plastik (Chatterjee *et al*., 2010; Elkady *et al*., 2011). Sumber air yang tercemar oleh CR bisa mempengaruhi kehidupan air dan lebih jauh, CR akan mengalami metabolisme menghasilkan benzidin, yang merupakan senyawa *carcinogen* terhadap manusia (Chatterjee *et al*., 2009).

Pada penelitian ini, phyrophyllite digunakan untuk menghilangkan zat warna CR dari larutannya. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kondisi optimum penghilangan zat warna CR dari larutannya terjadi pada waktu kontak 90 menit, kecepatan pengadukan 600 rpm, ukuran partikel 150 μm dan pH 6,0 (Amran and Zulfikar, 2010). Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh konsentrasi terhadap penghilangan zat warna CR dari larutannya. Selain itu juga akan dipelajari kinetika dan mekanisme penghilangan zat warna CR dari larutannya menggunakan model kinetika *pseudo*-orde 1, *pseudo*-orde 2, difusi intra-partikel dan Boyd.

METODE PENELITIAN

Eksperimen adsorpsi dilakukan dengan sistem *batch* dengan menempatkan sebanyak 10 gram phyrophyllite (diperoleh dari PT. Kurnia Marmer Padalarang) dalam gelas kimia 150 mL yang

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

mengandung 100 mL larutan zat warna CR (Merck) pada pH 6,0. Campuran diaduk menggunakan shaker bath (Innova 3000, USA) selama 2 – 200 menit pada konsentrasi 50, 100, 150 dan 200 mg L^{-1} dan suhu 25 ^{o}C. Konsentrasi zat warna CR dalam larutan awal dan sesudah proses adsorpsi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 1601, Japan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa persentase penghilangan zat warna CR menurun dengan meningkatnya konsentrasi awal (Gambar tidak ditampilkan). Hal ini kemungkinan disebabkan karena dengan meningkatnya konsentrasi menyebabkan molekul zat warna cenderung membentuk agregat, sehingga difusi molekul zat warna CR dari larutan menuju permukaan adsorben terhambat (Amran and Zulfikar, 2010). Kemungkinan lainnya disebabkan karena berkurangnya ketersediaan gugus aktif adsorben yang diperlukan untuk zat warna CR pada konsentrasi tinggi (Elkady *et al*., 2011).

Dalam rangka mempelajari mekanisme yang terjadi pada proses penghilangan zat warna CR oleh phyrophyllite, digunakan model kinetika *pseudo*-orde 1, *pseudo*-orde 2, difusi intra-partikel dan Boyd. Model kinetika *pseudo*-orde 1, *pseudo*-orde 2, difusi intra-partikel dan Boyd bisa diturunkan dari persamaan-persamaan berikut:

Model kinetika *pseudo*-orde 1:

$$\log (q_e - q_t) = \log (q_e) - \frac{k_1}{2.303} t \qquad (1)$$

Model kinetika *pseudo*-orde 2:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 . q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \qquad (2)$$

Model difusi intra-partikel:

$$q_t = k_d t^{1/2} + C \qquad (3)$$

Model kinetika Boyd:

$$B_t = -0{,}4977 - \ln (1-F) \qquad (4)$$

di mana q_e (mg g^{-1}) dan q_t (mg g^{-1}) adalah jumlah molekul CR yang teradsorpsi pada kesetimbangan dan pada waktu t, dan k_1, k_2 dan k_d adalah berturut-turut tetapan laju kinetika *pseudo*-orde 1, orde 2 dan difusi, F adalah fraksi zat warna CR yang teradsorpsi pada waktu t dan dan C merupakan intersep yang menggambarkan ketebalan lapisan batas (*boundary layer*) (Elkady *et al*., 2011). Nilai tetapan laju dan koefisien korelasi dari model kinetika pseudo-orde 1 dan 2 tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai q_e yang diperoleh dari perhitungan pada persamaan kinetika *pseudo*-orde 1 sangat mendekati nilai q_e yang diperoleh dari hasil eksperimen dibandingkan dengan nilai q_e yang diperoleh dari model *pseudo*-orde 2, meskipun nilai koefisien korelasi (R^2) dari model *pseudo*-orde 2 lebih tinggi dibandingkan dengan model *pseudo*-orde 1 untuk semua konsentrasi eksperimen. Hal ini menunjukkan bahwa proses penghilangan zat warna CR mengikuti kinetika *pseudo*-orde 1. Model difusi intra partikel biasanya digunakan Untuk mengetahui mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi, pada penelitian ini digunakan model difusi intra-partikel dan parameter kinetikanya dirangkum dalam Tabel 2.

Dari Plot q_t terhadap $t^{1/2}$ (gambar tidak diperlihatkan) dapat dilihat bahwa plot yang dihasilkan mempunyai dua bagian linier, bagian pertama dan bagian kedua, yang menunjukkan bahwa proses penghilangan zat warna CR terjadi dalam dua tahapan reaksi. Bagian linier pertama berhubungan dengan tahap adsorpsi yang berlangsung sangat cepat (k_{d1}), di mana tahap ini berhubungan dengan difusi lapis batas (difusi film) (Amran and Zulfikar, 2010; Elkady *et al*., 2011) yang terjadi pada permukaan eksternal adsorben. Bagian linier kedua (k_{d2}) merupakan tahap adsorpsi yang lambat, di mana tahap ini berhubungan dengan difusi intra-partikel (Amran & Zulfikar, 2010; Elkady *et al*., 2011).

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/

Tabel 1. Parameter kinetika *pseudo*-orde 1 dan *pseudo*-orde 2 pada proses penghilangan zat warna CR menggunakan phyrophyllite

Kons. (mg g^{-1})	q_{eks} (mg g^{-1})	Kinetika *pseudo*-orde 1			Kinetika *pseudo*-orde 2		
		k_1 (min^{-1})	q_{cal} (mg g^{-1})	R^2	k_2 (g/mg.min)	q_{cal} (mg g^{-1})	R^2
50	0.98	0.079	0.980	0.9984	0.134	1.028	0.9985
100	1.70	0.047	1.529	0.9851	0.049	1.827	0.9979
150	2.16	0.045	2.099	0.9919	0.027	2.387	0.9955
200	2.60	0.039	2.536	0.9810	0.017	2.946	0.9932

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai kd meningkat dengan meningkatnya konsentrasi zat warna CR. Hal ini disebabkan karena semakin meningkatnya gaya dorong sistem (Elkady *et al*., 2011). Dari Tabel 2 juga dapat dilihat bahwa ketebalan lapisan batas pada bagian linier kedua yang berhubungan dengan difusi intra partikel (C_2) lebih besar dari pada ketebalan lapisan batas bagian linier pertama yang berhubungan dengan difusi film (C_1). Akibatnya tetapan laju tahap difusi intra-partikel (k_{d2}) lebih kecil dibandingkan dengan tetapan laju difusi film (k_{d1}). Oleh sebab itu proses penghilangan zat warna CR oleh phyrophyllite dikontrol oleh difusi intra-partikel (Elkady *et al*., 2011).

Tabel 2. Parameter model kinetika difusi intra-partikel pada proses penghilangan zat warna CR

Kons. (mg L^{-1})	k_{d1}	C_1	R_1^2	k_{d2}	C_2	R_2^2
50	0.176	-0.031	0.982	0.003	0.95	0.702
100	0.231	0.018	0.972	-	1.70	-
150	0.266	-0.005	0.971	-	2.16	-
200	0.320	-0.085	0.975	-	2.60	-

Untuk memastikan tahap lambat yang sebenarnya dalam proses penghilangan zat warna CR dari larutannya, data kinetika yang telah diperoleh sebelumnya dianalisis dengan menggunakan model kinetika Boyd. Plot B_t terhadap t dari data eksperimen menghasilkan garis lurus untuk semua konsentrasi, dan mempunyai koefisien korelasi, $R^2 > 0{,}98$. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme difusi intra-partikel merupakan faktor pengontrol dalam proses penghilangan zat warna CR dari larutannya untuk semua konsentrasi yang dipelajari.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa persentase penghilangan zat warna CR dari larutannya menggunakan phyrophyllite menurun dengan meningkatnya konsentrasi larutan. Dari data kinetika adsorpsi, ditemukan bahwa proses penghilangan zat warna CR mengikuti model kinetika *pseudo*-orde 1, dengan nilai tetapan laju sebesar 0.039 – 0.079 min^{-1}. Dengan menggunakan model kinetika Boyd, diketahui bahwa mekanisme penghilangan zat warna CR dari larutannya dikontrol oleh difusi intra-partikel.

DAFTAR PUSTAKA

Amran, M.B. and Zulfikar, M.A. 2010. *Int. J. Environ. Studies*, 67(6), 11-921.
Binupriya, A.R., Sathishkumar, M., Swaminathan, K., Ku, C.S. and Yun, S.E. 2008. *Bioresource Technol*., 99, 1080-1088.
Chatterjee, S., Lee, D.S., Lee, M.W. and Woo, S.H. 2009. *Bioresource Technol*., 100, 3862-3868.
Chatterjee, S., Lee, M.W. and Woo, S.H. 2010. *Bioresource Technol*., 101, 1800-1806.
Elkady, M.F., Ibrahim, A.M. and El-Latif, M.M.A,. 2011. *Desalination*, 278, 412-423.

Repository University Of Riau
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS RIAU
http://repository.unri.ac.id/