

MEKANISME ADSORPSI KATION Pb(II) PADA LEMPUNG CENGAR TERAKTIVASI ASAM SULFAT

N.A. Nugraha¹, Muhdarina², Nurhayati²

¹Mahasiswa Progam Studi S1 Kimia

²Bidang Kimia Fisika Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia

Nungkinugraha@gmail.com

ABSTRACT

Adsorption ability of sulfuric acid activated Cengar clays (LC0.2; LC0.4 and LC0.6) has been studied by using Pb(II) cation in aqueous solutions. The adsorption experiment was performed at various contact time i.e., 5; 15; 30; 60; 70; 80; 90; 100; 110 and 120 minutes. The adsorption ability was also determined for various weight of adsorbent i.e., 0.1; 0.3; 0.5; 0.7 and 1 g at the optimum contact time. All experiments were done conditioned at 30 °C and 20 ppm of Pb(II). Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) was used to determine the number of Pb(II) which has been adsorbed by all clays and the results were analysed using intra-particle diffusion mechanism. The optimum contact time was observed at 90 minutes with the number of Pb(II) adsorbed by the LC0.2; LC0.4 and LC0.6 were 0.759; 0.799 and 0.827 mg/g, respectively. The optimum weight of adsorbent was 0,5 g. LC 0.6 was found to be the best clay to adsorb Pb(II) according to the intra-particle diffusion mechanism. We found that R^2 for all clays were LC0.2 (0.854); LC0.4 (0.878) and LC0.6 (0.947), respectively.

Keywords: *Cengar clay, intra-particle diffusion, Pb(II) cation, sulfuric acid,*

ABSTRAK

Kemampuan adsorpsi lempung alam Cengar teraktivasi asam sulfat (LC0,2; LC0,4; dan LC0,6) dipelajari menggunakan kation Pb(II) di dalam larutan berair. Eksperimen adsorpsi diamati pada setiap waktu kontak 5, 15, 30, 60, 70, 80, 90, 100, 110 dan 120 menit. Kemampuan adsorpsi juga diamati dari variasi berat adsorbent 0,1; 0,3; 0,5; 0,7 dan 1 g pada waktu kontak optimum. Semua eksperimen dikondisikan pada temperatur 30 °C dan konsentrasi 20 ppm Pb(II). Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) digunakan untuk mengukur jumlah Pb(II) yang terjerap pada adsorben dan data yang diperoleh digunakan untuk menentukan mekanisme difusi intra-partikel. Waktu kontak optimum diperoleh pada 90 menit dengan jumlah Pb(II) yang terjerap pada adsorben LC0,2; LC0,4 dan LC0,6 berturut-turut sebesar 0,759; 0,799 dan 0,827 mg/g. Berat adsorben optimum dalam menyerap Pb(II) adalah 0,5 g. Adsorben LC0,6 paling baik dalam menyerap kation Pb(II). Adsorpsi kation Pb(II) pada semua lempung Cengar teraktivasi asam sulfat mengikuti mekanisme difusi intra-partikel dengan nilai R^2 sebesar LC0,2 (0,854); LC0,4 (0,878) dan LC0,6 (0,947).

Kata kunci : Asam sulfat, difusi intra-partikel, kation Pb(II), lempung Cengar

PENDAHULUAN

Lempung merupakan hidrat aluminasilikat dan beberapa di antaranya mengandung alkali dan alkali tanah sebagai komponen yang penting. Mineral lempung mempunyai struktur berongga yang terisi dengan molekul air dan ion-ion logam. Lempung dengan mudah dapat dikenal dari warna dan sifatnya, biasanya berwarna abu-abu kecoklatan serta mempunyai sifat liat dan plastis. Berbagai macam aplikasi lempung alam telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya seperti: lempung sebagai adsorben logam berat Fe(III), Co(II), Pb(II) dan Ni(II) dari medium cair (Bhattacharyya dan Gupta, 2008), penjernihan air (Alamsyah, 2010) dan bahan dasar pembuat membran (Novita, 2010).

Kelemahan lempung alam dapat dilihat dari rusaknya struktur lapis dan hilangnya porositas karena pemanasan pada suhu tinggi Sukamta (2009). Menurut penelitian Wang dkk., (2011), mineral kaolin akan berubah menjadi metakaolin pada suhu kalsinasi 600-900°C. Hal ini menunjukkan bahwa struktur kaolin akan rusak pada pemanasan suhu yang terlalu tinggi. Menurut Manohar dkk., (2006), hal tersebut dapat diatasi dengan cara memodifikasi lempung secara kimia, misalnya dengan diaktivasi menggunakan asam, basa, kation surfaktan dan polihidrosikation. Berdasarkan hasil penelitian Syuhada (2009), lempung alam yang diaktivasi menggunakan surfaktan HDTMA dan DTMA dapat meningkatkan daya kapasitas adsorpsinya sebagai adsorben untuk logam berat. Kapasitas adsorpsi lempung dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya adalah luas permukaan, stuktur molekul, kapasitas tukar kation dan keasaman permukaannya. Berdasarkan hasil penelitian dari Muhdarina dkk., (2010), lempung Cengar yang diaktivasi dengan aktivator NH_4Cl 1 M dan $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1 M mampu meningkatkan kemampuan adsorpsinya terhadap logam Co. Pada penelitian sebelumnya oleh Nurpiyenti (2013), juga ditunjukkan, lempung Cengar teraktivasi H_2SO_4 (0,2; 0,4 dan 0,6 mol) telah mampu meningkatkan nilai kapasitas tukar kation (KTK) secara bertahap dibandingkan lempung tanpa aktivasi yakni sebesar 295,14 mg/L (LC0,2); 362,48 mg/L (LC0,4) dan 362,48 mg/L (LC0,6). Semakin tinggi konsentrasi mol H_2SO_4 maka semakin besar nilai KTK yang didapatkan.

Keberadaan logam di perairan menimbulkan kekhawatiran bagi kelangsungan makhluk hidup disebabkan sifatnya yang toksik. Logam dapat membahayakan kesehatan bagi kehidupan manusia jika konsentrasinya melebihi ambang batas yang diizinkan. Air limbah dari perindustrian dan pertambangan merupakan sumber utama polutan logam berat, terutama logam Pb. Logam Pb jarang terdapat atau sangat kecil sekali dijumpai dalam air yang terlarut secara alami. Logam ini biasanya terdapat dalam air buangan, limbah industri atau sebagai logam bawaan (Ensafi dan Shiraz, 2008). Jumlah logam Pb yang terkonsumsi secara tidak langsung oleh tubuh lewat makan ataupun minuman akan dapat mempengaruhi fungsi kognitif, kemampuan belajar, penurunan fungsi pendengaran dan dapat merusak fungsi organ tubuh, seperti ginjal, sistem syaraf dan reproduksi serta mempengaruhi perkembangan otak.

Lempung alam Desa Cengar Kabupaten Kuantan Singingi merupakan potensi alam yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat pada proses adsorpsi karena memiliki kemampuan kapaitas tukar kation yang tinggi sebesar 170 meq/100g (Musyahadah, 2010). Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi kation Pb menggunakan lempung Cengar yang telah diaktivasi dengan H_2SO_4 pada variasi konsentrasi yang

berbeda. Lempung teraktivasi asam sulfat ini merupakan hasil samping dari produksi koagulan cair yang dilakukan oleh Fetriyeni (2013). Penggunaan lempung teraktivasi asam sulfat ini, diharapkan dapat meningkatkan daya adsorpsinya terhadap kation Pb. Seiring dengan peningkatan daya adsorpsi maka, akan diamati juga mekanisme adsorpsi lempung teraktivasi asam sulfat terhadap kation Pb(II) melalui mekanisme difusi intrapartikel dan *film*.

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah Spektrofotometer Serapan Atom (Rayleigh WFX - 320), oven (Gallenkamp), desikator, magnetic stirrer, furnace (Vulcan seri A- 130), water batch shaker (SIBATA-120), ayakan (ukuran 100 dan 200 mesh), sentrifuse, lumpang, spatula, kaca arloji, gelas ukur, erlenmeyer, corong, beaker glass. Bahan yang digunakan adalah lempung alam Desa Cengar, Kecamatan Lubuk Jambi, Kabupaten Kuantan Singingi, Provinsi Riau, Kristal $Pb(NO_3)_2$ (Fisher Scientific Company), aquabides, H_2SO_4 96 % (Merck).

b. Aktivasi dan Kalsinasi Lempung

Lempung yang telah dikalsinasi ditimbang sebanyak 35 g. Kemudian dilarutkan dengan 420 ml H_2SO_4 dengan variasi mol 0,2; 0,4 dan 0,6 mol di dalam erlenmeyer 1000 ml dengan temperatur 30 °C dilakukan di atas hot plate stirrer (kecepatan 500 rpm) dengan waktu pengadukan selama 1 jam. Campuran disaring dengan kertas saring whatman 42. Filtrat berupa koagulan cair, sedangkan pastinya berupa lempung teraktivasi asam sulfat, pekerjaan ini mengacu kepada Fetriyeni (2013).

Pasta lempung diuapkan dalam oven pada suhu 105°C sehingga didapatkan berat konstan. Lempung yang telah kering diayak sehingga didapatkan ukuran 200 mesh $\leq x \leq$ 100 mesh (x = ukuran partikel). Serbuk lempung yang didapat dikalsinasi kembali pada suhu 230°C selama 5 jam dan selanjutnya lempung didinginkan dalam desikator. Selanjutnya, adsorben dikenal sebagai lempung Cengar (LC) teraktivasi asam sulfat diberi kode sesuai dengan konsentrasi asam sulfat yang digunakan (LC0,2; LC0,4 dan LC0,6). Ke tiga adsorben tersebut siap digunakan untuk menyerap kation Pb(II) dari larutan.

c. Uji Adsorpsi Lempung Teraktivasi Asam Sulfat terhadap Kation Pb(II)

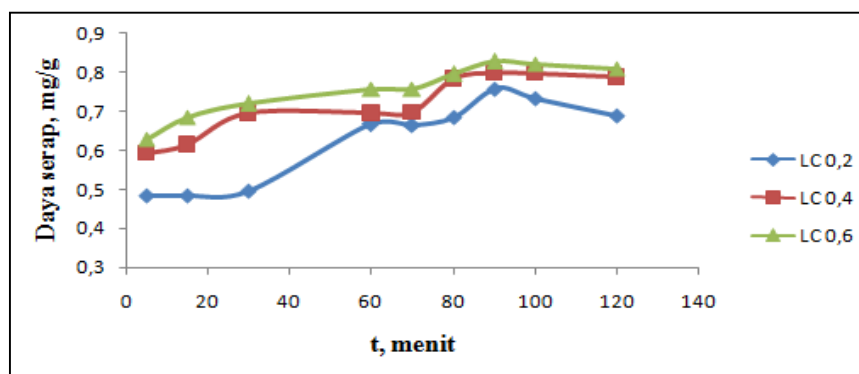
Penentuan waktu kontak optimum: Ke dalam 6 buah botol 50 ml erlenmeyer dimasukkan masing-masing 0,1 g sampel lempung teraktivasi asam sulfat (LC0,2; LC0,4 dan LC0,6) dengan 10 ml $Pb(NO_3)_2$ 20 ppm. Konsentrasi tersebut diperoleh berdasarkan konsentrasi optimum dari hasil penelitian. Sampel diaduk di dalam *shaker waterbath* dengan kecepatan 120 rpm pada temperatur 30°C, dengan variasi waktu kontak 5, 15, 30, 60, 70, 80, 90, 100 dan 120 menit. Setelah interaksi, lempung dipisahkan dari residunya dengan cara sentrifuse dan filtratnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Pengaruh berat adsorben: sebanyak 0,1; 0,3; 0,5; 0,7, dan 1 g (LC0,2; LC0,4 dan LC0,6) dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 ml dengan 10 ml $Pb(NO_3)_2$ 20 ppm. Campuran diaduk dengan kecepatan 120 rpm di dalam *shaker waterbath* pada temperatur ruangan selama waktu kontak optimum. Setelah interaksi, lempung dipisahkan dengan sentrifuse dan filtrat dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengaruh waktu kontak

Pada penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa, waktu kontak merupakan faktor yang sangat penting dalam proses adsorpsi. Pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa jumlah kation $Pb(II)$ yang teradsorpsi semakin meningkat mulai dari waktu aktivasi 5–90 menit dan kemudian mengalami penurunan daya adsorpsi (mg/g) pada waktu 100–120 menit. Pada waktu kontak 100 menit jumlah adsorbat kation $Pb(II)$ yang terserap tidak bertambah karena permukaan adsorben telah jenuh. Hal ini berlaku untuk LC0,2; LC0,4 dan LC0,6. Keadaan jenuh terjadi apabila adsorben dikontakkan dengan larutan logam $Pb(II)$ melewati waktu setimbangya selain itu, jumlah situs aktif permukaan lempung berkurang karena meningkatnya waktu kontak sehingga adsorben tidak mampu lagi menyerap logam tersebut (Widihati, 2009; Muhdarina dkk., 2010 dan Bath dkk., 2012).



Gambar 1. Grafik daya serap lempung alam teraktivasi asam sulfat terhadap kation $Pb(II)$ berdasarkan pengaruh waktu kontak

Jumlah zat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben (LC0,2; LC0,4 dan LC0,6) merupakan proses kesetimbangan karena laju peristiwa adsorpsi disertai dengan terjadinya desorpsi. Peristiwa desorpsi terjadi pada 100–120 menit. Hal tersebut diakibatkan karena pengadukan pada larutan tetap dilakukan sehingga mengakibatkan ikatan adsorben dengan adsorbat putus karena tidak terikat kuat.

Hasil penentuan uji daya adsorpsi lempung Cengar teraktivasi asam sulfat terhadap kation Pb(II) pada berbagai variasi waktu kontak ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1: Daya adsorpsi lempung Cengar terhadap kation Pb(II) berdasarkan pengaruh waktu kontak ($C_0 = 18,828$ ppm, $T = 30$ °C, $w = 0,1$ g dan $r = 120$ rpm).

t, Menit	Daya adsorpsi lempung, mg/g				Adsorpsi lempung, %			
	LC	LC0,2	LC0,4	LC0,6	LC	LC0,2	LC0,4	LC0,6
5	td	0,483	0,593	0,629	td	25,670	31,501	33,386
15	td	0,484	0,614	0,684	td	25,733	32,638	36,350
30	td	0,497	0,695	0,718	td	26,376	36,913	38,161
60	td	0,667	0,695	0,757	td	35,405	36,934	40,190
70	td	0,665	0,696	0,758	td	35,304	36,972	40,249
80	td	0,685	0,783	0,795	td	36,403	41,608	42,235
90	0,650	0,759	0,799	0,827	33,854	40,291	42,405	43,924
100	td	0,734	0,797	0,820	td	39,011	42,341	43,589
120	td	0,689	0,787	0,810	td	36,573	41,826	43,036

Keterangan:

LC : lempung Cengar tanpa aktivasi kimia

LC0,2 : lempung Cengar teraktivasi H_2SO_4 0,2 mol

LC0,4 : lempung Cengar teraktivasi H_2SO_4 0,6 mol

LC0,6 : lempung Cengar teraktivasi H_2SO_4 0,6 mol

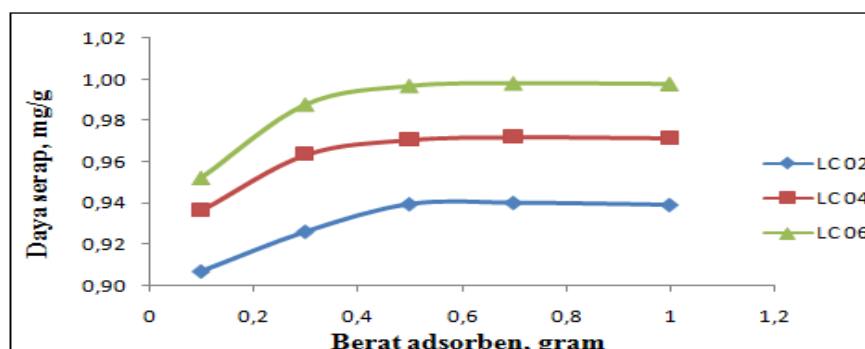
td : tidak diketahui.

Pada Tabel 1 dapat dilihat waktu kontak optimum terjadi pada 90 menit dengan nilai persentase serapan sebesar 40,291 % (LC0,2); 42,405 % (LC0,4) dan 43,924 % (LC0,6). Hal ini menandakan bahwa pengaruh konsentrasi asam sulfat merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi laju reaksi adsorpsi. Dalam hal ini, pengaruh perbedaan konsentrasi H_2SO_4 juga mempengaruhi peningkatan daya jerap lempung. Semakin tinggi kadar H_2SO_4 untuk mengaktifkan lempung maka semakin tinggi pula nilai daya adsorpsi suatu adsorben tersebut. Hal tersebut juga ditunjukkan pada Tabel 1 bahwa adsorben LC0,6 memiliki nilai daya adsorpsi yang lebih tinggi yaitu 0,827 mg/g dibandingkan dengan LC0,4 (0,798 mg/g) dan LC0,2 (0,758 mg/g) pada waktu kontak optimum 90 menit. Hasil tersebut, didukung oleh penelitian sebelumnya Nurpiyenti (2013), lempung Cengaryang teraktivasi asam sulfat memberikan perbedaan kapasitas tukar kation (KTK) yaitu sebesar 295,14 meq/100 g (LC0,2); 356,69 meq/100 g (LC0,6) dan 362,48 meq/100 g (LC0,6). Maka dari itu, adsorben LC0,6 memiliki nilai daya adsorpsi yang lebih tinggi yaitu 0,827 (mg/g) dibandingkan dengan LC0,4 (0,798 mg/g) dan LC0,2 (0,758 mg/g) Semakin tinggi daya adsorpsi suatu adsorben terhadap adsorbat maka, semakin besar nilai KTK yang diperoleh didapatkan.

b. Pengaruh berat adsorben

Berat adsorben merupakan parameter penting untuk menentukan kapasitas adsorpsi suatu adsorben. Peningkatan jumlah adsorben cenderung meningkatkan daya jerap terhadap adsorbat. Semakin banyak jumlah partikel lempung otomatis akan mempengaruhi berat lempung yang digunakan, maka jumlah adsorbat yang terserap akan semakin besar dan semakin tinggi pula situs adsorpsi yang dapat menyerap Pb(II)

(Bhattacharyya dan Gupta, 2008). Gambar 2 menunjukkan hubungan antara daya serap lempung Cengar teraktivasi asam sulfat terhadap penambahan jumlah adsorben.



Gambar 2. Grafik daya serap lempung teraktivasi terhadap kation Pb(II) berdasarkan pengaruh penambahan adsorben.

Gambar 2 menunjukkan hubungan berat adsorben lempung teraktivasi terhadap daya serap kation Pb(II) pada berat adsorben 0,1-0,7 g mengalami peningkatan adsorpsi. Peningkatan adsorpsi terjadi karena pada awal adsorpsi, situs aktif pada permukaan lempung terbuka seutuhnya untuk Pb(II). Hal ini menyebabkan kation Pb(II) banyak yang terjerap pada permukaan adsorben. Hal tersebut berlaku untuk semua adsorben LC0,2; LC0,4 dan LC0,6. Pada berat lempung 1 g mengalami penurunan daya adsorpsi. Hal tersebut menunjukkan bahwa berat 1 g, lempung mengalami desorpsi karena pengadukan pada larutan tetap dilakukan sehingga, mengakibatkan ikatan adsorben dengan adsorbat putus karena tidak terikat kuat. Hasil penentuan uji daya serap lempung Cengar teraktivasi asam sulfat terhadap kation Pb(II) pada berbagai variasi berat adsorben ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2: Daya adsorpsi lempung Cengar terhadap kation Pb(II) berdasarkan pengaruh berat adsorben ($C_0 = 18,828$ ppm, $T = 30$ °C, $t = 90$ menit dan $r = 120$ rpm)

Berat adsorben, g	Daya adsorpsi lempung, mg/g			Adsorpsi lempung, %		
	LC0,2	LC0,4	LC0,6	LC0,2	LC 0,4	LC 0,6
0,1	0,905	0,935	0,950	47,238	48,783	49,598
0,3	0,924	0,962	0,985	48,235	50,188	51,451
0,5	0,937	0,969	0,994	48,929	50,564	51,920
0,7	0,938	0,970	0,996	48,961	50,632	51,988
1	0,938	0,969	0,995	48,945	50,611	51,973

Tabel 2 memperlihatkan bahwa kondisi optimum adsorpsi terhadap kation Pb(II) pada lempung 0,7 g dengan nilai persentase serapan sebesar 48,96% (LC0,2); 50,63% (LC0,4) dan 51,99 % (LC0,6). Walaupun demikian, lempung 0,5 g lebih optimum dibandingkan 0,7 g karena lempung 0,5 g lebih ekonomis dalam mengadsorpsi kation Pb(II) dibandingkan dengan lempung 0,7 g. Selain itu, lempung 0,5 g mempunyai nilai daya serap yang relatif besarsebanding dengan lempung 0,7 g dan dengan melihat *tren* Gambar 2 juga dapat ditunjukkan bahwa lempung 0,5 g mengalami proses

kesetimbangan lebih awal dibandingkan dengan lempung 0,7 g. Hal tersebut berlaku untuk semua variasi konsentrasi H₂SO₄.

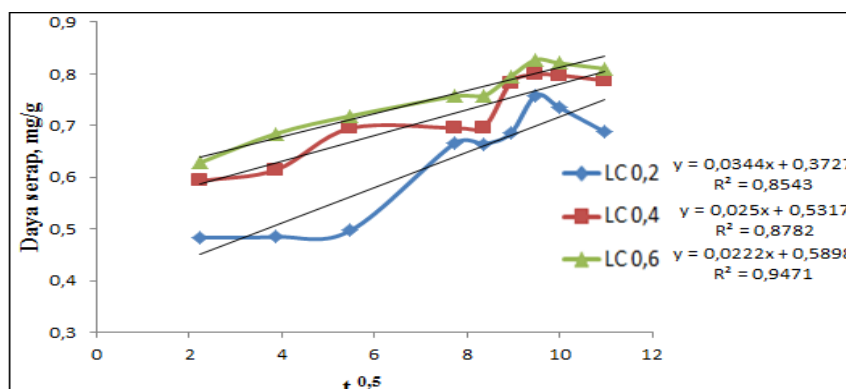
Berat adsorbat yang teradsorpsi semakin meningkat dan berbanding lurus dengan peningkatan berat adsorben yang digunakan. Adanya peningkatan adsorpsi kation Pb(II) secara drastis dari berat 0,1-0,7 g menunjukkan belum jenuhnya situs aktif adsorben oleh molekul adsorbat. Namun sebaliknya, pada berat adsorben yang lebih besar yaitu 1 g jumlah adsorbat yang terjerap cenderung tetap atau bahkan menurun. Hal tersebut menunjukkan adanya batas jumlah adsorben dalam mengadsorpsi kation Pb(II). Banyaknya kation Pb(II) yang berinteraksi dengan mineral lempung menandakan besarnya luas permukaan adsorben atau banyaknya situs adsorpsi. Semakin banyak situs adsorpsi maka kapasitas adsorpsi pun semakin meningkat (Bhattacharyya dan Gupta, 2008).

C. Mekanisme difusi intrapartikel

Pengaruh waktu kontak menyebabkan adanya proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut pada permukaan adsorben. Model difusi intra-partikel digunakan untuk melacak perpindahan adsorbat dari permukaan adsorben ke dalam pori internal akibat pengadukan. Dari data hasil penelitian yang diperoleh dengan cara memplot q_t (mg/g) versus $t^{0,5}$ dapat diketahui apabila sebuah garis linear melalui titik nol ($C_i = 0$) maka, sistem adsorpsi mengikuti mekanisme difusi intra-partikel, tetapi jika tidak maka laju adsorpsi tidak hanya dikontrol oleh proses difusi intra-partikel, tetapi ada juga proses difusi lain yaitu difusi *film*. (Al-Degs dkk., 2006; Gupta dan Bhattacharyya, 2007; Gupta dan Bhattacharyya, 2008). Rumus model intra-partikel dinyatakan sebagai berikut:

$$q_t = k_1 t^{0,5} + C \dots \dots \dots (1)$$

diketahui q_t adalah jumlah adsorbat pada permukaan adsorben, k_1 adalah tetapan difusi intra-partikel, t adalah waktu dan C adalah intersep.



Gambar 3. Grafik hubungan q_t versus $t^{0,5}$

Tabel 3: Nilai parameter mekanisme difusi intra-partikel

Parameter mekanisme	LC0,2	LC0,4	LC0,6
$k_i/10^{-2} \text{ mg g}^{-1} \text{ min}^{-0,5}$	3,7	2,5	2,2
C, mg g^{-1}	0,372	0,531	0,589
R^2	0,854	0,878	0,947

Dalam suatu sistem adsorpsi pemindahan adsorbat dari larutan ke pori adsorben merupakan tahap penentu laju adsorpsi. Nilai parameter mekanisme adsorpsi masing-masing adsorben disajikan dalam Tabel 3. Nilai R^2 merupakan nilai koefisien korelasi dari suatu grafik. Semakin besar nilai koefisien korelasi dari suatu grafik ($R^2=1$) maka semakin mendekati kelinieran sehingga dapat digunakan sebagai penentu model mekanisme adsorpsi. Nilai intersep yang kecil ($C_i=0$) menunjukkan tipisnya efek lapisan batas pada permukaan adsorbat. Akibatnya, adsorbat bergerak bebas dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben karena adanya gaya Van der Waals (Khartikeyan, 2004).

Pada Gambar 3 ditunjukkan bahwa plot hubungan $qt \text{ (mg/g)}$ versus $t^{0,5}$ menyatakan bahwa adsorpsi Pb(II) oleh adsorben melibatkan beberapa tahap adsorpsi. Hal ini berarti sebelum adanya tahap proses adsorpsi fisika atau kimia, reaksi adsorpsi ini dipengaruhi oleh tahap difusi (Umaningrum dkk., 2010). Maka dapat dilihat pada Tabel 3, bahwa laju difusi LC0,6 lebih cepat dibandingkan LC0,2 dan LC0,4. Hal ini terjadi karena semakin besar konsentrasi H_2SO_4 (LC0,2; LC0,4 dan LC0,6) maka semakin meningkat laju difusi. Peningkatan laju difusi mempengaruhi kapasitas tukar kation suatu adsorben. Hal tersebut ditunjukkan pada penelitian sebelumnya oleh Nurpiyenti (2013) nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang dimiliki oleh lempung Cengar teraktivasi asam sulfat LC0,2; LC0,4 dan LC0,6 berturut-turut yaitu sebesar 295,14; 356,69 dan 362,48 meq/100 g. Peningkatan laju difusi berbanding lurus dengan laju adsorpsi dan KTK. Semakin meningkat nilai laju difusi adsorbat ke permukaan adsorben maka semakin besar nilai kapasitas tukar kation suatu adsorben tersebut. Peningkatan nilai KTK mempengaruhi proses laju adsorpsi. Semakin besar nilai KTK maka semakin meningkat laju adsorpsi sehingga akan banyak adsorbat yang terjebak pada permukaan adsorben. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 1.

Hasil perolehan data dari Tabel 3 menjelaskan bahwa lempung Cengar teraktivasi asam sulfat memiliki nilai koefisien korelasi yang cukup besar ($R^2= 0,854-0,947$) dengan nilai intersep yang juga relatif kecil ($C = 0,372-0,589$). Maka dapat dikatakan, bahwa terdapat efek lapisan batas pada sistem adsorpsi kation Pb(II) oleh lempung Cengar yang cukup tipis sehingga adsorbat bergerak bebas dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Selain itu, nilai koefisien korelasi yang mendekati kelinieran ($R^2=1$) memungkinkan sistem mekanisme difusi intra-partikel cukup berperan di dalam proses adsorpsi kation Pb(II). Hasil ini didukung oleh Muhdarina dkk., (2010), lempung Cengar yang diaktivasi menggunakan $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ dan NH_4Cl cukup berperan di dalam proses adsorpsi ion Cu(II) dengan memiliki nilai intersep yang sangat kecil ($C = 0,066-0,117$) dan nilai koefisien korelasi yang cukup kecil ($R^2= 0,61-0,67$) sehingga difusi intra-partikel cukup berperan dalam menjelaskan sistem mekanisme adsorpsi lempung Cengar terhadap ion Cu(II). Penelitian tentang sistem mekanisme difusi intra-partikel terus berlanjut. Pada

penelitian lain, oleh Kuleyin (2006), proses adsorpsi 4-klorofenol dari zeolit teraktivasi surfaktan HDTMA (heksadesitrimetil amonium bromida) dan BDTMA (benziltetradesil amonium klorida) memenuhi mekanisme difusi intra-partikel dengan nilai C yang sangat kecil yaitu (0,0335-0,0725) dan nilai koefisien korelasi R^2 sebesar yaitu 0,7868-0,7855. Hal yang serupa juga ditunjukkan oleh Said (2010), adsorpsi ion Cu(II) pada zeolit teraktivasi asam kuat HNO_3 dengan metode *batch* memberikan hasil intersep yang cukup besar ($C= 0,5024$) dengan nilai koefisien korelasi cukup kecil $R^2= 0,623$.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa, waktu kontak optimum adsorpsi kation Pb(II) terjadi pada 90 menit untuk semua variasi konsentrasi H_2SO_4 dengan daya jerap sebesar 0,759 mg/g (LC0,2), 0,799 mg/g (LC0,4) dan 0,827 mg/g (LC0,6). Berat adsorben optimum yang didapatkan adalah 0,7 g untuk semua variasi konsentrasi H_2SO_4 dengan daya jerap sebesar 0,938 mg/g (LC0,2), 0,970 mg/g (LC0,4) dan 0,996 (LC0,6). Adsorpsi kation Pb(II) pada lempung Cengar mengikuti model mekanisme difusi intra-partikel dengan nilai R^2 sebesar 0,854 (LC0,2), 0,878 (LC0,4) dan 0,947 (LC0,6).

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada staff analisis AAS yang berada di UNAND yang telah membantu proses analisa sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2013. Keseimbangan Adsorpsi Pb(II) pada Lempung Alam Desa Palas Kecamatan Rumbai. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Alamsyah, B. 2010. Penentuan Kondisi Optimum Sistem Penyaringan Air Sungai Siak dan Kampar Secara Konvensional yang Dimodifikasi untuk Menghasilkan Air Baku Air Minum. *Skripsi*. Jurusan Kimia, FMIPA. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Al-Degs, Y.S., El-Barghouthia, M.I., Issaa, A.A., Khraishehb, M.A. and Walker, G.M. 2006. Sorption of Zn(II), Pb(II), and Co(II) using Natural Sorbents: Equilibrium and Kinetic Studies. *Water Research* **40**: 2645-2658.
- Bath, S. D., Siregar, M. J. and Lubis, M. T. 2012. Penggunaan Tanah Bentonit Sebagai Adsorben Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia USU* **1**:1.
- Bhattacharyya, K.G and Gupta, S.S. 2008. Influence of acid activation on adsorption of Ni(II) and Cu(II) kaolinite and montmorillonite: Kinetic and thermodynamic study. *Journal of Enviromental management* **136**: 1-13.
- Bhattacharyya, K.G and Gupta, S.S. 2007. Adsorptive accumulation of Cd(II), Co(II), Cu(II), Pb(II), and Ni(II) from water on montmorillonite: Influence of acid activation. *Journal of Colloid and Interface Science* **310**: 411-424.

- Ensafi, A.A and Shiraz, A.Z. 2008. On-line separation and preconcentration of lead (II) by solid phase extraction using activated carbon loaded with xylanol orange and its determination by flame atomic absorption spectrofotometry. *Journal Hazard Mater* **150** : 554–559.
- Fetriyeni, M. 2013. Efektifitas Koagulan Cair Berbasis Lempung Alam untuk Menyisihkan Ion Mn(II) dan Mg(II) dari Air Gambut. *Skripsi*. Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Fitri, H. 2012. Kesetimbangan Adsorpsi Pb(II) pada Lempung Alam Desa Talanai dengan Suhu Kalsinasi 300°C. *Skripsi*. Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Karthikeyan, G., Anbalagan, K. and Andal, N.M., 2004, Adsorption dynamics and equilibrium studies of Zn(II) onto chitosan. *Indian Journal chemistry* **116**: 119-127.
- Manohar, D.M., Noeline, B.F and Anirudhan, T.S. 2006. Adsorption Performance of al-pillared Bentonite clay for The Removal of Co(II) from aqueous Phase. *Applied Clay Science* **31**: 194-206.
- Muhdarina, Abdul Wahab Mohammad, W.A. dan Muchtar A. 2010. Prospektif Lempung Alam Cengar Sebagai Adsorben Polutan Anorganik di Dalam Air: Kajian Kinetika Adsorpsi Kation Co(II). *Reaktor* **13**: 81-88.
- Musyhadah, F. N. 2010. Karakter Kapasitas Tukar Kation, Luas Permukaan dan Keasaman Lempung yang Dimodifikasi dengan Menggunakan Ion Keggin. *Skripsi*. Jurusan Kimia, FMIPA. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Novita, R. L. 2010. Analisis Pengaruh Komposisi Kaolinit pada Sifat-Sifat Kristalinitas, Permeabilitas, dan Selektivitas Membran Hibrid Nilon 6,6-Kaolin. *Skripsi*. Jurusan Kimia, FMIPA. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Nurpiyenti, 2013. Karakterisasi Lempung Cengar Teraktivasi Asam Sulfat. *Skripsi*. Jurusan Kimia, FMIPA., Universitas Riau, Pekanbaru.
- Said, F. N., Widiastuti, N dan Fansuri, H. 2010. Adsorpsi Ion Logm Cu(II) Pada Zeolit yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT. IPMOMI PAITON dengan Metode *Batch*. Seminar Nasional Kimia. ISBN 978-602-98130-0-5.
- Sukamta, Budiman, A., Sutijan, Bening, A., dan Budiharto, S. 2009. Pemecahan Senyawa Kompleks dalam Kaolin dan Pengambilan Alumina dengan Metode Kalsinasi dan Elutrisi. *Jurnal Teknologi Technoscienza* **1** : 104-112.
- Syuhada. 2009. Modifikasi Bentonit (Clay) menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi* **2**:1.
- Umaningrum, D., Santoso, S.T., Nurmasari, R. dan Yunus, R. 2010. Adsorption Kinetics Of Pb(II), Cd(II) and Cr(III) On Adsorbent Produced By Protected-Crosslinking Of Humic Acid-Chitosan. *Journal Indo Chem* **10** : 80 – 87.
- Wang, H., Li, C., Peng, Z., and Zhang, S. 2011. Characterization and Thermal Behavior of Kaolinit. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* **105**:157-160.
- Widihati, I.A.G. 2009. Adsorpsi Ion Pb(II) Oleh Lempung Terinterkalasi Surfaktan. *Jurnal Kimia* **3**: 27-32.