Makalah disampaikan Pada Seminar Hasil Penelitian UR
10 – 13 Desember 2012

Model Kinetika Adsorpsi Pb(II) pada Lempung Talanai Kalsinasi 500°C

Nurhayati*, Muhdarina, Amilia Linggawati dan Erman.
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru
*email: n_yatisyam@yahoo.com

Abstrak

Kemampuan daya serap lempung alam Desa Talanai terhadap kation logam Pb(II) dalam media air telah dianalisis dengan mempelajari kinetika dan model Isoterm adsorpsinya. Sebelum analisis, lempung tersebut diaktivasi secara fisika dengan cara kalsinasi pada suhu 500°C selama 3 jam. Analisis dilakukan dengan Spektroskopi Serapan Atom dengan berbagai variasi konsentrasi, suhu, dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi penyerapan optimum dari lempung terhadap ion Pb(II) untuk konsentrasi awal pada adsorbat (Pb) adalah 95,3634% pada suhu 65°C. Kinetika serapan lempung mengikuti kinetika Pseudo orde-dua dengan nilai R^2 adalah 0,999 dengan harga tetapan laju (k_2) adalah 2,081 mg/g min.

Katakunci: Kinetika adsorpsi, lempung, Pseudo orde-pertama, Pseudo orde-dua

Pendahuluan

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa penyerapan suatu material (adsorbat) berupa cair atau uap ke permukaan internal atau eksternal solid yang berpori (adsorben). Lempung sebagai adsorben dapat digunakan sebagai penyerap logam logam berat yang terdapat pada lingkungan perairan maupun limbah padat. Hal ini dapat terjadi karena lempung ini merupakan bahan berpori dengan luas permukaan yang besar serta kandungan kation di dalamnya yang bersifat dapat bertukar dengan kation dari larutan lain.

Analisis terhadap lempung alam Talanai telah dilakukan dengan XRD, dimana hasil menunjukkan bahwa lempung tersebut mengandung muscovit, kaolinit dan kuarsa Nadarlis (2011). Modifikasi lempung secara fisika dan menggunakan NaOH telah pula dilakukan dan beberapa parameter telah dikarakterisasi antara lain: luas permukaan, situs asam basa, kapasitas tukar kation dan komposisi (Amri, A., dkk. 2004). Dari hasil tersebut lempung alam dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, diantaranya sebagai adsorben, katalis, resin penukar ion, komposit, membran dan bahan pembuat keramik (Hartono,1979).

Timbal adalah merupakan logam berat yang dalam konsentrasi tertentu merupakan logam yang berbahaya bagi kesehatan. Timbal dapat juga menyerang susunan saraf dan mengganggu sistem reproduksi, kelainan ginjal, dan kelainan jiwa. Logam Pb dan persenyawaannya dapat berada di dalam perairan secara alamiah dan sebagai dampak aktivitas manusia. Logam ini biasanya terdapat dalam air buangan, limbah industri atau sebagai logam bawaan. Adsorpsi telah terbukti sebagai suatu metoda yang lebih efektif untuk menyerap logam berat dari air limbah jika dibandingkan dengan proses lain seperti pengendapan kimia, pertukaran ion, osmosis terbalik, dan elektrolisis.

Keunggulan lempung sebagai adsorben ditunjang oleh sifat-sifat yang dimilikinya antara lain luas permukaan spesifik yang tinggi, stabil secara kimia dan mekanik, struktur permukaan yang bervariasi, kapasitas pertukaran ion yang tinggi serta adanya asam-asam Bronsted dan Lewis (Bhattacharyya and Gupta, 2008). Kemampuan adsorpsi logam berat oleh lempung telah ditunjukkan, seperti bentonit efektif untuk menjerap Pb(II), Cd(II), Cu(II), Zn(II), Co(II) dari air. Proses adsorpsi cairan pada permukaan padatan dapat dipelajari melalui beberapa model isotermis yaitu fungsi yang menghubungkan jumlah adsorbat pada permukaan adsorben dengan konsentrasi. Isoterm adsorpsi membantu untuk menetapkan kapasitas adsorpsi dari material dan selanjutnya membantu untuk mengevaluasi mekanisme yang ditunjukkan oleh sistem adsorpsi. Model isotermis yang umum digunakan diantaranya isoterm Langmuir dan Freundlich. Isoterm Langmuir berasumsi bahwa adsorpsi berlangsung pada situs spesifik yang homogen dengan hanya sejenis molekul menempati satu situs (monolayer). Sedangkan model Freundlich menjelaskan bahwa permukaan adsorben yang heterogen memiliki situs adsorpsi dengan energi ikatan yang berbeda (Manohar dkk, 2006 dan Shahwan dkk, 2006).

Makalah ini membahas tentang adsorpsi Pb(II) pada lempung Talanai yang dikalsinasi pada suhu 500°C. Untuk mengetahui daya serap lempung alam tersebut, penelitian ini juga meninjau pengaruh konsentrasi awal adsorpsi, suhu adsorpsi dan waktu kontak terhadap kapasitas adsopsi lempung terhadap ion Pb(II). Analisis dilakukan dengan mempelajari karakter model kinetika dari proses adsorpsi logam berat tersebut.

Metodologi

Peralatan dan Bahan baku lempung

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) model SOLAAR32 AA Spectrometer, *Shaker Waterbath (Sibata WS-120)*, neraca analitik, pH meter, ayakan (ukuran 100 dan 200 mesh), sentrifuse, oven, desikator, lumpang, pipet volum, spatula dan peralatan gelas lainnya. Sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel lempung alam dari Desa Talanai Teratak Buluh Kabupaten Kampar, $Pb(NO_3)_2$, kertas aluminium foil, akuabides, akuades dan bahan pendukung lainnya.

Persiapan Sampel Lempung

Sampel lempung dibersihkan dari partikel kasar, dicuci, dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C dan digerus sampai halus serta diayak dengan ayakan ukuran 200 mesh. Kemudian lempung dikalsinasi pada suhu 500°C disimpan dalam desikator dan siap untuk dianalisis.

Uji Daya Serap Lempung terhadap Logam Pb (II)

Kedalam 4 buah botol erlenmeyer 25 ml dimasukan masing-masing 0,2 gram sampel lempung, kemudian ditambahkan dengan 20 ml $Pb(NO_3)_2$ dengan konsentrasi 8 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm diaduk selama 300 menit dengan kecepatan 120 rpm di dalam shaker water bath pada temperature 30°C. Kemudian lempung diendapkan dengan

sentrifuse, filtrat yang didapat dimasukan dalam botol selanjutnya sampel diukur dengan menggunakan Spektroskopy Serapan Atom. Dengan cara yang sama diulangi prosedur diatas dengan variasi suhu dan waktu kontak.

Penentuan kinetika dan Model Isoterm Adsorpsi

Dari pengukuran dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom, diperoleh data absorbansi dan konsentrasi ion Pb(II) setimbang. Daya jerap lempung alam teraktivasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$Qe = \frac{Co - Ce}{m} v \qquad (1)$$

Dimana Qe adalah daya jerap (mg Pb(II)/gr lempung), Co adalah konsentrasi awal Pb(II) (mg/l), Ce adalah konsentrasi Pb(II) pada keadaan setimbang (mg/l), m adalah massa adsorben (gr) dan v adalah volume adsorbat (L)

Model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua digunakan untuk menentukan orde kinetika adsorpsi. Persamaan *Lagergren* dapat diterapkan sebagai orde pertama, dengan asumsi jumlah ion logam melebihi jumlah sisi aktif permukaan adsorben. Persamaan kinetik order-pertama pseudo oleh Lagergren dinyatakan sebagai berikut: $\frac{dq_t}{d_t} = k_1(qe - qt)$ (2)

Sedangkan persamaan kinetika untuk mekanisme orde kedua pseudo dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{dq_t}{d_t} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad \text{atau} \quad \frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \qquad (3)$$

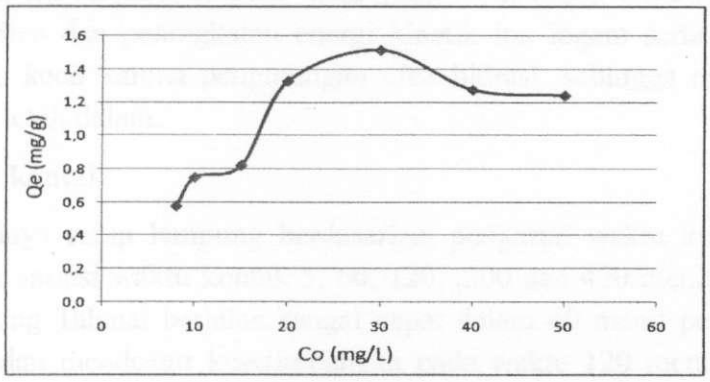
Dari persamaan tersebut diketahui *qt* merupakan jumlah adsorbat yang teradsorpsi (mg/g) pada waktu *t*, *qe* adalah jumlah adsorbat yang teradsorpsi (mg/g) pada waktu kesetimbangan, dan *k* adalah konstanta kecepatan adsorpsi, apabila nilai *t/qt* diplotkan terhadap *t* maka akan diperoleh garis lurus. Selanjutnya nilai 1/qe diperoleh dari tangen arah sehingga nilai qe dapat dihitung. Sementara nilai $1/k_2qe^2$ diperoleh dari titik potong garis dengan sumbu x, sehingga nilai k_2 dapat dihitung.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh konsentrasi awal adsorbat (Pb).

Untuk mempelajari pengaruh konsentrasi awal adsorbat Pb(II) terhadap daya serap lempung kalsinasi 500°C, maka dibuat sederetan larutan Pb(II) mulai dari 8 sampai 50 mg/L. Analisis dilakukan dengan berat adsorben 0,2 gr, suhu 30°C dan waktu 300 menit dan hasilnya terlihat pada gambar 1. Dari gambar terlihat bahwa daya serap meningkat dengan meningkatnya konsentrasi awal adsorbat dan hasil maksimum 1,52 mg/g dengan persentasi serapan 61,77%, yaitu pada konsentrasi awal adsorbat 30 mg/L. Sedangkan setelah itu daya serap menurun. Sedangkan persentasi serapan tertinggi (95,36 %) terjadi

pada konsentrasi awal adsorbat 10 mg/L. Hasil ini lebih tinggi dari penelitian Bhattcharyya dan Gupta (2007) dimana hasil diperoleh dengan konsentrasi awal ion logam Pb 50 mg/L, daya serapnya adalah 21,7 mg/g dengan persentase serapan 86,9%.

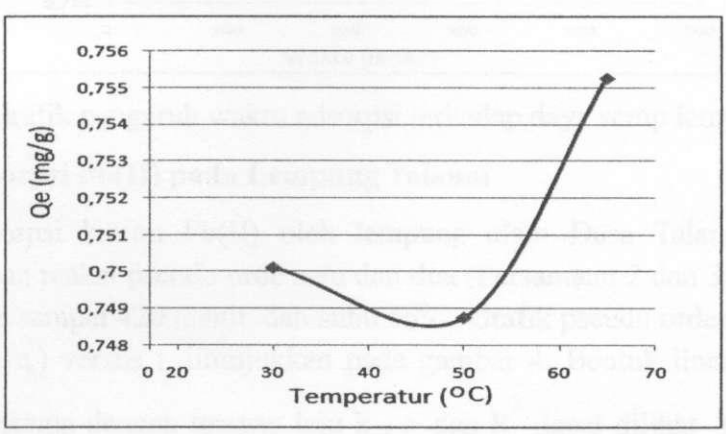


Gambar 1. Grafik pengaruh konsentrasi awal adsorbat (Co) terhadap daya serap lempung kalsinasi 500°C (Qe).

Jumlah ion logam yang terserap per unit massa adsorben lempung meningkat secara bertahap dengan peningkatan konsentrasi ion logam dalam larutan. Menurut Bhattcharyya dan Gupta (2007) pada konsentrasi rendah, rasio jumlah ion logam dengan situs adsorpsi menjadi lebih kecil dan akibatnya adsorpsi tidak tergantung pada konsentrasi awal. Ketika konsentrasi ion logam meningkat, kondisi berganti dan kompetisi pada situs adsorpsi menjadi semakin kuat. Sebagai akibatnya, tingkat penyerapan menurun, tetapi jumlah zat yang terserap per unit massa adsorben meningkat.

Pengaruh temperatur.

Pengaruh temperatur larutan terhadap daya adsorpsi dilakukan pada variasi suhu 30, 50, 65°C hasil terlihat pada gambar 2.



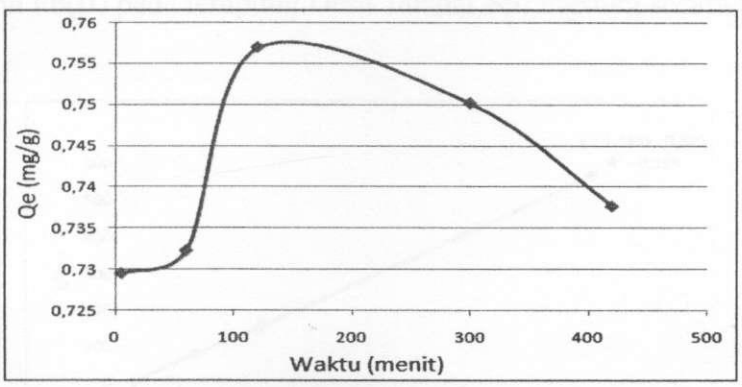
Gambar 2. Grafik pengaruh temperature terhadap daya serap lempung

Kapasitas adsorpsi meningkat dengan meningkatnya suhu adsorpsi. Kenaikan suhu menyebabkan molekul-molekul adsorbat Pb(II) bergerak lebih aktif sehingga penyerapan kepermukaan lempung semakin bertambah. Selain itu pada adsorpsi ini diperlukan panas sehingga kemungkinan terjadi penyerapan panas (endotermis). Peningkatan kemampuan

adsorpsi pada lempung yang dikalsinasi 500°C yang cenderung meningkat dari suhu 30°C hingga 65°C juga menunjukkan peningkatan afinitas ion. Afinitas merupakan ukuran seberapa kuat molekul adsorbat teradsorpsi menuju permukaan adsorben. Peningkatan kapasitas adsorpsi ini disebabkan pada suhu yang lebih tinggi terjadi aktivasi sisi aktif permukaan adsorben dan peningkatan energi kinetik ion logam serta terbentuknya ion logam yang lebih kecil karena pengurangan efek hidrasi, sehingga mampu menembus lapisan pori yang lebih dalam.

Pengaruh waktu kontak

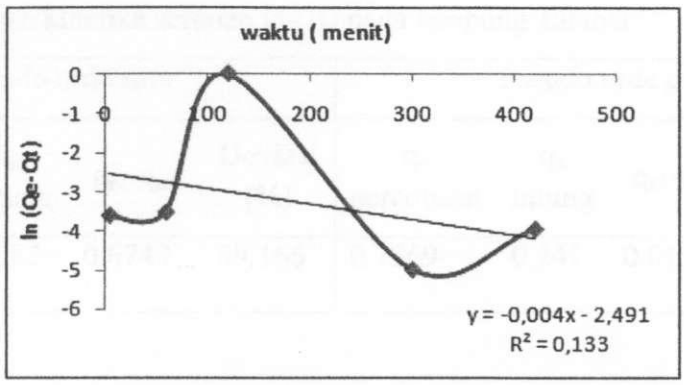
Analisis daya serap lempung berdasarkan pengaruh waktu kontak (Gambar 3) dilakukan dengan variasi waktu kontak 5, 60, 120, ,300 dan 420 menit. Adsorpsi kation Pb(II) oleh lempung Talanai berjalan sangat cepat dalam 60 menit pertama, setelah itu mulai melambat dan mendekati kesetimbangan pada waktu 120 menit. Seiring dengan bertambahnya waktu kontak maka jumlah situs aktif permukaan semakin berkurang sehingga laju adsorpsi kation Pb(II) berkurang sampai mencapai kesetimbangan (Muhdarina dkk, 2010). Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi berlangsung lambat, dan sebaliknya laju desorpsi cenderung meningkat. Peristiwa desorpsi terjadi karena situs aktif lempung sudah jenuh oleh adsorbat sehingga penambahan adsorbat menyebabkan terjadinya desorpsi.



Gambar 3. Grafik pengaruh waktu adsorpsi terhadap daya serap lempung.

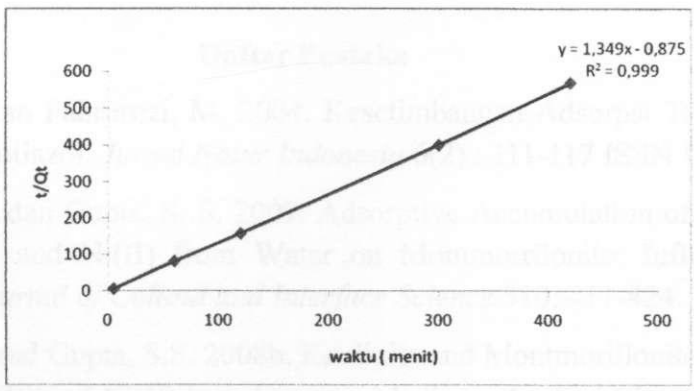
Model Kinetika adsorpsi Pb(II) pada Lempung Talanai

Kinetika adsorpsi kation Pb(II) oleh lempung alam Desa Talanai dievaluasi berdasarkan persamaan reaksi pseudo orde satu dan dua (Persamaan 2 dan 3) pada variasi waktu kontak mulai 8 sampai 420 menit dan suhu 65°C. Grafik pseudo order pertama dari persamaan 2, $\ln(q_e - q_t)$ versus t ditunjukkan pada gambar 4. Bentuk linear dari grafik pada pseudo orde pertama dengan tetapan laju k_1, q_e dan R^2 dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai koefisien korelasi R^2 tidak dapat dilihat dan tidak dapat diterima, tetapi nilai q_e yang diberikan oleh m dengan model memiliki deviasi yang lebih tinggi dari q_e yang diperoleh dari eksperimen yang dapat dilihat pada tabel 2, maka model kinetika pseudo order pertama tidak terpenuhi untuk sistem adsorpsi kation Pb(II) pada lempung Talanai.



Gambar 4. Grafik kinetika adsorpsi Pb(II) menurut reaksi pseudo orde-satu.

Kinetika reaksi pseudo orde dua diperoleh dari plot t/qt versus t dari persamaan 3 seperti terlihat pada gambar 5 dengan nilai R^2 adalah 0,999. Tetapan laju k_2 dan q_e dapat dilihat pada Tabel 1. Aplikasi data adsorpsi ke dalam model kinetika pseudo order kedua memberikan nilai q_e model dan q_e eksperimen yang tidak jauh berbeda, dengan deviasi yang cukup kecil pada Tabel 2. Dengan demikian mekanisme adsorpsi lebih dominan mengikuti kinetika pseudo order-kedua, artinya kation Pb(II) dan permukaan lempung Talanai kedua-duanya secara efektif terlibat di dalam proses. Dengan penentuan model ini berarti adsorpsi kation Pb(II) pada lempung Desa Talanai berlangsung secara kemisorpsi.



Gambar 5. Grafik kinetika adsorpsi Pb(II) menurut reaksi pseudo orde-dua.

Tabel 1. Parameter penyerapan kation Pb(II) pada lempung Talanai berdasarkan model kinetika pseudo orde-satu dan pseudo orde-dua.

pseudo orde pertama			pseudo orde kedua		
q_e (mg g^{-1})	k_1 (min^{-1})	R^2	q_e (mg g^{-1})	k_2 (mg g^{-1} min^{-1})	R^2
0.082	0	0.133	0.741	2.081	0.999

Tabel 2. Data persentase kinetika serapan Pb(II) pada lempung Talanai

Pseudo orde satu				Pseudo orde dua			
q_e percobaan	q_e hitung	q_{e1}-q_{e2}	Deviasi (%)	q_e percobaan	q_e hitung	q_{e1}-q_{e2}	Deviasi (%)
0.7569	0.082	0.6749	89.166	0.7569	0.741	0.0159	2.1

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi awal adsorbat, waktu dan suhu reaksi sangat berpengaruh terhadap adsorpsi ktion Pb(II) pada lempung. Kondisi penyerapan optimum dari lempung terhadap ion Pb(II) untuk konsentrasi awal pada adsorbat (Pb) adalah 95,3634% pada suhu 65°C. Kinetika serapan lempung mengikuti kinetika Pseudo orde-dua dengan nilai R^2 adalah 0,999 dengan harga tetapan laju (k_2) adalah 2,081 mg/g min.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan kepada Universitas Riau yang telah membiayai penelitian ini melalui skeme Penelitian Basis Lab. tahun 2012.

Daftar Pustaka

Amri, A. Supranto, dan Fahrurozi, M. 2004. Kesetimbangan Adsorpsi Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia* 6(2) : 111-117 ISSN 1410-9379.

Bhattacharyya, K. G. dan Gupta, S. S. 2007. Adsorptive Accumulation of Cd(II), Co(II), Cu(II), Pb(II) and Ni(II) from Water on Montmorrilonite: Influence of Acid Activation. *Journal of Colloid and Interface Science.*310: 411-424.

Bhattacharyya, K.G. and Gupta, S.S. 2008b. Kaolinite and Montmorillonite as Adsorbents for Fe(III),Co(II) and Ni(II) in a Aqueous Medium, *Applied Clay Science,* 41, pp. 1–9.

Echeverria, J. Indurain, J. Churio, E. dan Garrido, J. 2003. Simultaneous effect of pH, temperature, ionic strength, and initial concentration on the retention of Ni on illite. Colloids and Surfaces A: *Physicochemical and Engineering Aspects* 218, 175–187.

Erdem, E. Karapinar, N. dan Donat, R. 2004. The Removal of Heavy Metal Cations by Natural Zeolites, *Journal of Colloid And Interface Science,* 280, pp. 309-314.

Gupta, S.S. dan Bhattacharyya, K.G. 2008. Immobilization of Pb(II), Cd(II) and Ni(II) Ions on Kaolinite and Montmorillonite Surfaces from Aqueous Medium, *Journal of Environmental Management*, 87, pp. 46–58.

Manohar, D. M. Noeline, B. F. dan Anirudhan. T. S. 2006. adsorption performance of Al-pillared bentonite clay for the removal of cobalt(II) from Aqueous phase, *applied clay science,* 31: 194-206.

Muhdarina, Mohammad, A.W. dan Muchtar, A. 2010. Prospektif lempung alam cengar sebagai adsorben polutan anorganik di dalam air: Kajian kinetika adsorpsi kation *Co(II). Jurnal Natur Indonesia. Vol.* 13 No. 2, Hal. 81-88.

Nadarlis, 2011. Identifikasi dan Karakterisasi lempung Alam Desa Palas Kecamatan Rumbai dan Desa Talanai Teratak buluh Kecamatan Kampar. *Skripsi.* Kimia FMIPA UR, Pekanbaru.

Shahwan, T., Erten, H.N., & Unugur, S. 2006, Priority Communication: A Characterization Study of some Aspect of the Adsorption of Aqueous Co^{2+} Ions on Natural Bentonite Clay, *Journal of Colloid And Interface Science*, 300, pp. 447-452.

Yulis, A. 2012. Kesetimbangan adsorpsi Pb(II) pada lempung alam Desa Talanai yang dimodifikasi dengan NaOH. *Skripsi*. Kimia FMIPA UR. Pekanbaru.