

## KINETIC STUDY AND ISOTHERM ADSORPTION OF Pb METAL IN OUW VILLAGE CLAY ACTIVATED AMMONIUM NITRATE SALT

### Kajian Kinetika Dan Isoterm Adsorpsi Logam Pb Pada Lempung Asal Desa Ouw Teraktivasi Garam Ammonium Nitrat

Serly J. Sekewael<sup>1</sup>, Hellna Tehubijuluw<sup>2</sup>, Delvika R. Reawaruw<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Pattimura University, Kampus Poka, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon 97134

Received: May 2013 Published: July 2013

#### ABSTRACT

Kinetics studies and adsorption isotherms of Pb metal have been conducted on activated clay salts of ammonium nitrate ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Clays used are taken from Ouw village, Central Maluku. Clay activated by soaking in a solution of  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  700 ppm for 5 hours, then filtering and heating in a furnace at 550 °C for 4 hours. The optimum adsorption of metal ions Pb (II) by activated clay ammonium nitrate occurs at pH 4 with a contact time of 4 hours and followed the Freundlich adsorption isotherm pattern with a  $K_f$  value of  $1.6193 \times 10^{-8}$  mg/g and  $n$  value of 0.2059. Pb adsorption kinetics followed the pseudo-second-order Lagergren equation with the value of the adsorption rate constant ( $k_{2, \text{ads}}$ ) of  $0.1248 \text{ g mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$  and  $X_e$  value of 4.4783 mg/g.

**Keywords:** Adsorption, ammonium nitrate, isotherm, kinetic, clay, Pb metal.

#### PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat merupakan salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah industri dan rumah tangga. Terjadinya pencemaran logam berat tidak terlepas dari penggunaannya oleh manusia. Keberadaan logam berat di lingkungan berasal dari dua sumber, yakni dari proses alamiah seperti pelapukan secara kimiawi dan kegiatan geokimia, yang berasal dari aktivitas manusia terutama hasil limbah industri seperti pelapisan logam dan penggalian bahan tambang (Anonim, 2008).

Salah satu dampak negatif dari keberadaan logam berat di lingkungan yakni pencemaran air oleh logam berat. Air limbah dari perindustrian merupakan sumber utama polutan logam berat seperti Pb, Cd, As, dan Hg. Meskipun konsentrasinya belum melebihi batas ambang, keberadaan logam berat bersifat akumulatif dalam sistem biologi yang berbahaya bagi kesehatan (Palar, 1994).

Logam timbal merupakan salah satu logam berat yang penggunaannya tidak terlepas dari aktivitas manusia dan cenderung membawa dampak negatif bagi kesehatan. Dalam dosis tinggi, logam ini menimbulkan penyumbatan sel

sel darah merah dan keracunan akut lain. Keberadaannya dalam tubuh juga mempengaruhi jaringan dan organ pada saraf, ginjal, reproduksi, endokrin, dan jantung.

Melihat bahaya yang timbul akibat keberadaan logam timbal di lingkungan akibat buangan limbah industri dan rumah tangga, maka diperlukan upaya untuk mengurangi konsentrasi logam ini di lingkungan. Berbagai macam metode digunakan untuk menanggulangi pencemaran logam berat seperti penukar ion, adsorpsi, dan pengendapan secara elektrolisis (Palar, 1994).

Metode adsorpsi merupakan suatu metode representatif dalam mengolah limbah logam berat. Metode ini umumnya didasarkan pada interaksi antara logam dengan gugus fungsional yang terdapat pada adsorben, yaitu melalui pembentukan kompleks dan atau pertukaran kation. Bahan-bahan yang dipakai sebagai adsorben dalam proses adsorpsi logam berat adalah bahan-bahan yang mengandung tanin (karbon aktif, serbuk gergaji, kulit kayu), lempung, zeolit, kitosan, rumput laut, lignin, dan mikroorganisme (Bailey, dkk., 1999).

Perilaku adsorpsi dari larutan dapat diprediksi secara kualitatif dari polaritas padatan

dan komponen larutan. Adsorben polar cenderung untuk mengadsorpsi kuat adsorbat polar dan lebih lemah terhadap adsorbat nonpolar, dan sebaliknya. Solut polar akan cenderung teradsorpsi kuat dari pelarut nonpolar, dan sebaliknya. Senyawa yang lebih hidrofobik akan cenderung teradsorpsi lebih kuat dari larutan air, sementara senyawa hidrofilik akan lemah teradsorpsi dari larutan air (Oscik, 1982). Dua persamaan adsorpsi isotermal yang umum digunakan untuk mempelajari adsorpsi larutan pada permukaan adalah persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich.

Lempung merupakan salah satu mineral sekunder, berupa partikel dengan luas permukaan yang sangat besar dan molekul-molekul pada permukaannya memiliki muatan listrik. Lempung biasanya dianggap sebagai suatu koloid yang merupakan suatu wujud keadaan dari bahan yang terdiri dari partikel-partikel yang sangat halus dengan ukuran yang mendekati tetapi tidak pernah mencapai ukuran molekul, yakni  $< 0,002 \text{ mm} / < 2 \mu\text{m}$  (Goenadi, 1982). Terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi, lempung mengandung leburan silika dan/atau aluminium yang halus.

Lempung merupakan salah satu sumber daya alam mineral yang terdapat di hampir seluruh wilayah Indonesia, termasuk di Maluku. Sebaran lempung di Maluku terutama di pulau Ambon dan Saparua. Di antaranya di desa Latuhalat, Hative Besar, tawiri, dan Desa Ouw. Melihat jumlahnya yang melimpah dan mudah diperoleh di Maluku, maka potensi lempung perlu dikembangkan sebagai adsorben dalam mengupayakan penurunan tingkat pencemaran logam berat.

Beberapa senyawa lempung termodifikasi telah dibuat untuk mengadsorpsi logam berat melalui proses pertukaran kation. Modifikasi lempung dengan senyawa-senyawa organik menghasilkan kompleks yang dapat digunakan sebagai adsorben.

Manuaba, dkk. (2000) melakukan penelitian tentang identifikasi mineral dan aktivasi daya adsorpsi tanah lempung. Identifikasi dilakukan dengan difraksi sinar-x, sedangkan peningkatan daya adsorpsinya dilakukan dengan perendaman dalam larutan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  pada konsentrasi 100-1000 ppm selama 5 jam dan adsorpsinya

dilakukan melalui penyerapan larutan krom. Gondok (2000), melakukan uji kemampuan penyerapan logam berat timbal, nikel, dan kobalt oleh lempung teraktivasi asam dengan variasi waktu kontak, dan konsentrasi. Tildjuir (2010) telah melakukan penelitian tentang kinetika adsorpsi logam Cd oleh lempung teraktivasi garam amonium nitrat serta de Fretes (2011) telah melakukan penelitian tentang kinetika adsorpsi logam Pb dengan menggunakan adsorben lain yaitu kitosan dengan pengaruh kadar garam.

Melihat potensi lempung sebagai adsorben, maka perlu dilakukan kajian isoterm adsorpsi logam Pb pada lempung teraktivasi garam amonium nitrat maupun aspek kinetiknya, yang diharapkan akan dapat mengoptimalkan pemanfaatan lempung sebagai adsorben logam berat tersebut.

## METODE PENELITIAN

### Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : Spektrofotometer serapan atom (shimadzu AA 65015), aluminium foil, ayakan, batang pengaduk, lumpang dan alu, oven (Memmert), penyaring *Buchner*, *shaker*, tanur, seperangkat alat gelas.

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini : Lempung asal desa Ouw Kabupaten Maluku Tengah, air deionisasi, akuades, HCl 1 M, kertas saring whatman no. 42, kertas lakmus,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , buffer asetat, buffer fosfat, buffer borat.

### Prosedur Kerja

#### a. Persiapan lempung

Lempung diambil, dicuci dengan air beberapa kali, kemudian disaring hingga didapatkan lempung yang benar-benar bebas dari pengotor seperti pasir, kerikil dan akar tanaman. Setelah pencucian, lempung dikeringkan selama 2 jam dalam oven dengan suhu  $120^\circ\text{C}$ .

Persiapan sampel dilakukan dengan merendam sampel dalam HCl 1 M selama 10 menit. Kemudian sampel dicuci dengan akuades sampai bebas asam dan dikeringkan pada oven  $110^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Sampel yang sudah kering digerus.

**b. Aktivasi dengan garam amonium nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )**

Butiran lempung untuk aktivasi direndam pada larutan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dengan konsentrasi 700 ppm. Perendaman dilakukan selama 5 jam, sampel dicuci 2 kali dengan akuades, kemudian disaring dan dipanaskan dalam tanur pada suhu  $550^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Sampel yang telah diaktifkan ini selanjutnya dapat digunakan untuk penentuan daya adsorpsi (Manuaba, dkk., 2000).

**b. Penentuan waktu kontak optimum**

Lempung sebanyak 0,5 g dimasukkan ke dalam 50 mL larutan  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  100 ppm, kemudian dikocok dengan *shaker* pada kecepatan 200 rpm selama 1 jam, 2 jam, 4 jam, dan 6 jam.

Setelah mengalami penyerapan pada waktu tersebut, larutan disaring dan filtratnya dianalisa dengan SSA untuk mengetahui konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan.

**c. Penentuan pH optimum**

Lempung sebanyak 0,5 g dimasukkan ke dalam 50 mL larutan  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  100 ppm dengan variasi pH larutan masing-masing 4, 5, 7, 8, dan 9. Kemudian dikocok dengan *shaker* pada kecepatan 200 rpm. Perlakuan ini dilakukan pada waktu kontak optimum (prosedur III.2.3). Setelah mengalami penyerapan, larutan disaring dan filtratnya dianalisa dengan SSA untuk mengetahui konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan.

**d. Penentuan kapasitas adsorpsi**

Lempung sebanyak 0,5 g dimasukkan ke dalam 50 mL larutan  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  pada pH optimum (prosedur III.2.4) dengan konsentrasi awal larutan masing-masing 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 125 ppm, dan 150 ppm. Kemudian dikocok dengan *shaker* pada kecepatan 200 rpm. Perlakuan ini dilakukan pada waktu kontak optimum (prosedur III.2.3). Setelah konsentrasi kesetimbangan tercapai, larutan disaring dan filtratnya dianalisa konsentrasi kesetimbangannya ( $C_e =$  konsentrasi larutan tersisa) dengan menggunakan SSA.

**II.2.6 Penentuan orde dan tetapan laju reaksi**

Sebanyak 0,5 g lempung masing-masing dimasukkan ke dalam 6 buah erlenmeyer berisi larutan sorbat  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  50 mL dengan konsentrasi awal ( $C_0$ ) 100 ppm, kemudian diletakkan pada *shaker* dengan kecepatan 200 rpm. Selanjutnya sampel dikocok pada waktu adsorpsi 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit untuk menentukan orde reaksi dan tetapan laju reaksi.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**a. Aktivasi lempung dengan garam amonium nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )**

Lempung yang diaktifasi, diambil dari desa Ouw, Kecamatan Saparua, Kabupaten Maluku Tengah. Pada lempung masih terdapat banyak pengotor seperti akar tanaman dan kerikil sehingga perlu dibersihkan sebelum diaktifasi. Untuk mendapatkan lempung yang bebas pengotor, lempung dicuci dengan cara perendaman dengan akuades. Perendaman dilakukan selama tiga minggu hingga didapatkan lempung yang bebas pengotor.

Sebelum diaktifasi, lempung direndam dengan larutan HCl 1 M selama 10 menit. Hal ini dilakukan untuk melarutkan pengotor-pengotor renik yang tidak larut dalam lapisan eksternal sehingga pada saat aktivasi, ion amonium dapat menggeser kation-kation yang terikat lemah pada antar lapis lempung. Selanjutnya lempung dicuci dengan akuades dan diuji dengan  $\text{AgNO}_3$  untuk memastikan lempung bebas asam. Lempung yang bebas asam, kemudian dikeringkan di oven dan digerus untuk memperkecil ukuran partikel lempung sehingga memperbesar luas permukaannya.

Serbuk lempung selanjutnya diaktifasi dengan larutan amonium nitrat 700 ppm, dengan cara direndam selama 5 jam. Selanjutnya lempung dikeringkan di dalam tanur dengan suhu  $550^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Lempung teraktivasi selanjutnya digerus dan diayak lagi untuk adsorpsi logam Pb.

Aktivasi merupakan cara yang paling umum dikerjakan untuk meningkatkan daya adsorpsi lempung dan dapat dilakukan secara fisik atau kimia. Dalam penelitian ini, proses aktivasi dilakukan menggunakan garam amonium nitrat. Hal ini dikarenakan garam ini memiliki daya terobos yang baik dan tidak menyebabkan

kerusakan pada kisi. Saat aktivasi, ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dapat mengganti kation terhidrat pada antar lapis lempung seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Ca}^+$ . Proses kimia yang terlibat adalah pertukaran ion yang menggambarkan kompetisi antara ion tersebut dengan kation-kation terhidrat dalam antar lapis lempung.

Proses pengeringan dan pemanasan dalam tanur dengan suhu  $550^\circ\text{C}$  selama 4 jam dengan tujuan melepaskan  $\text{NO}_3$ . Pemanasan dilakukan pada suhu  $550^\circ\text{C}$ , yang merupakan suhu optimum terjadinya perubahan bentuk amorf menjadi kristal yang lebih sempurna (Kasmadi, 1989). Proses ini berlangsung sehingga yang tersisa pada permukaan antar lapis lempung adalah ion  $\text{H}^+$  yang akan dipertukarkan dengan  $\text{Pb}^{2+}$  pada saat adsorpsi. Ion  $\text{H}^+$  dan kation lain yang dilepaskan dari sisi oktahedral dan tetrahedral akan menghasilkan gugus  $\text{SiO}_4$  yang mudah diserang.

#### b. Penentuan waktu kontak

Lempung teraktivasi garam amonium nitrat 0,5 g dimasukan ke dalam 50 mL larutan Pb(II) 100 ppm dan dikocok dengan variasi waktu kontak, selanjutnya konsentrasi filtratnya dianalisa dengan metode SSA, maka diperoleh data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data adsorpsi ion logam Pb(II) dengan variasi waktu kontak pada suhu kamar oleh lempung dengan menggunakan metode SSA

t (jam)	$C_0$ (ppm)	$C_e$ (ppm)	$C_{ads}$ (ppm)
1	100	88,8200	11,4200
2	100	80,0400	19,9600
4	100	76,3800	23,6200
6	100	82,4800	17,5200

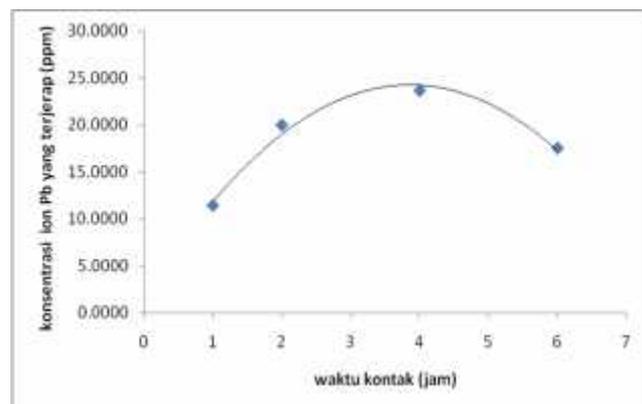
Keterangan :

$C_0$  = konsentrasi ion logam Pb(II) sebelum adsorpsi  
 $C_e$  = konsentrasi ion logam Pb(II) yang tersisa dalam larutan

$C_{ads}$  = konsentrasi ion logam Pb(II) yang teradsorpsi oleh lempung

t = waktu kontak

Hubungan antara waktu kontak dan konsentrasi ion Pb yang terjerap digambarkan pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Kurva  $C_{ads}$  vs  $t$  untuk penentuan waktu kontak optimum

Berdasarkan kurva  $C_{ads}$  terhadap  $t$  untuk penentuan waktu kontak optimum, dapat dilihat bahwa lamanya waktu kontak pada proses adsorpsi logam Pb(II) oleh lempung teraktivasi garam amonium nitrat memberi pengaruh yang cukup penting terhadap penyerapan ion logam Pb(II) dalam larutan. Dari data pada Gambar 3, proses penyerapan terbaik ion logam Pb(II) oleh lempung teraktivasi garam amonium nitrat, terjadi pada waktu kontak 4 jam dengan konsentrasi ion logam Pb(II) terjerap yaitu 23,6200 ppm. Sementara itu, penurunan penyerapan signifikan terjadi pada waktu kontak 6 jam dengan besar konsentrasi logam Pb(II) yang terjerap hanya 17,5200 ppm.

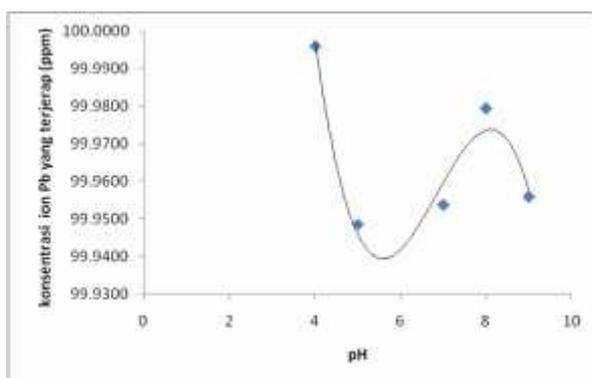
#### c. Penentuan pH optimum

Penentuan pH optimum dilakukan dengan cara membuat masing-masing 50 mL larutan Pb(II) 100 ppm dengan variasi pH 4, 5, 7, 8, dan 9. Kemudian masing-masing larutan diinteraksikan dengan 0,5 g lempung teraktivasi. Konsentrasi Pb(II) yang tersisa ditentukan dengan SSA dan hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data adsorpsi ion logam Pb(II) dengan variasi pH oleh lempung menggunakan metode SSA

pH	$C_0$ (ppm)	$C_e$ (ppm)	$C_{ads}$ (ppm)
4	100	0,0041	99,9959
5	100	0,0514	99,9486
7	100	0,0463	99,9537
8	100	0,0206	99,9794
9	100	0,0441	99,9559

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi proses adsorpsi. Pada proses adsorpsi, dipelajari pH optimum, yaitu pH dimana adsorpsi ion logam Pb(II) pada lempung teraktivasi berada pada nilai penjerapan maksimum. pH optimum dapat diamati dari konsentrasi ion logam yang tersisa dalam larutan setelah proses adsorpsi berlangsung, di mana pada pH optimum konsentrasi ion logam Pb(II) yang tersisa dalam jumlah terkecil. Menurut Stumm dan Morgan dalam Ningrum (2007), pengaruh kondisi pH larutan pada proses adsorpsi sangat besar karena perubahan keasaman larutan ion logam dapat menyebabkan perubahan muatan permukaan adsorben, maupun jenis dan jumlah ion logam yang terdapat dalam larutan. Pengaruh pH terhadap adsorpsi ion logam Pb(II) oleh lempung teraktivasi garam amonium nitrat diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva  $C_{ads}$  vs pH untuk penentuan pH optimum

Berdasarkan kurva  $C_{ads}$  terhadap pH, dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan penjerapan ion logam Pb(II) pada kondisi pH 5 sebesar 99,9486 ppm menjadi 99,9794 ppm pada pH 8. Meskipun peningkatan penjerapan tidak signifikan terlihat, namun hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH maka konsentrasi ion logam Pb(II) yang terjerap semakin besar. Peningkatan penjerapan pada pH tinggi kemungkinan terjadi karena kecilnya kompetisi antara ion  $H^+$  dan ion logam Pb(II). Pada kondisi pH 9, terjadi penurunan penjerapan menjadi 99,9559 ppm diperkirakan terjadi karena konsentrasi  $OH^-$  dalam larutan semakin banyak menyebabkan berkurangnya konsentrasi Pb(II) sehingga ion logam Pb(II) yang terjerap juga semakin kecil.

Sebaliknya dalam penelitian ini, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penjerapan optimum ion logam Pb(II) oleh lempung teraktivasi amonium nitrat terjadi pada kondisi pH 4 sebesar 99,9959 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan situs-situs aktif lempung teraktivasi garam amonium nitrat dalam mengikat ion logam Pb(II) meningkat pada pH rendah.

#### d. Penentuan kapasitas adsorpsi

Sebanyak 0,5 g lempung teraktivasi garam ammonium nitrat ditambahkan pada larutan Pb(II) dengan pH 4, konsentrasi awal masing-masing 50, 75, 100, 125, dan 150 ppm kemudian dikocok dengan *shaker* pada kecepatan 200 rpm selama 4 jam. Hasil yang diperoleh seperti pada Tabel 3.

Berdasarkan data SSA yang diperoleh, maka dapat ditentukan isoterm adsorpsi yang sesuai pada lempung teraktivasi garam amonium nitrat terhadap ion logam Pb(II). Untuk menentukan isoterm adsorpsinya, dilakukan pengolahan data adsorpsi Pb(II) pada lempung dengan variasi konsentrasi pada suhu kamar.

Tabel 3. Data adsorpsi ion logam Pb(II) dengan variasi konsentrasi oleh lempung menggunakan metode SSA

$C_0$ (ppm)	$C_e$ (ppm)	$C_{ads}$ (ppm)
50	40,3321	9,6679
75	48,1438	26,8562
100	54,8125	45,1875
125	60,5805	64,4195
150	61,7476	88,2524

Penentuan kapasitas atau kemampuan jerap dari lempung sebagai adsorben didasarkan pada persamaan garis lurus isoterm dengan melihat pola isoterm adsorpsi yang sesuai. Proses adsorpsi logam Pb oleh lempung teraktivasi garam amonium nitrat dapat dijelaskan dengan menggunakan dua persamaan isoterm yaitu persamaan isoterm Langmuir dan persamaan isoterm Freundlich. Kedua persamaan ini digunakan untuk menjelaskan proses adsorpsi pada permukaan zat padat. Isoterm Langmuir berdasarkan kurva  $C_e$  terhadap  $C_e/(x/m)$  sedangkan isoterm Freundlich berdasarkan kurva  $\ln C_e$  terhadap  $\ln (x/m)$ .

Pada Tabel 4 ditentukan parameter-parameter penting untuk isoterm, baik Freundlich maupun Langmuir. Selanjutnya dapat dibuat kurva isoterm adsorpsi Freundlich dan Langmuir, sehingga dapat ditentukan isoterm adsorpsi yang sesuai untuk adsorpsi ion logam Pb(II) pada lempung teaktivasi garam amonium nitrat dengan membandingkan nilai kuadrat terkecil atau koefisien korelasi ( $r^2$ ) (Atkins, 1997).

Tabel 4. Parameter isoterm adsorpsi Langmuir dan isoterm adsorpsi Freundlich terhadap ion logam Pb(II) pada lempung teraktivasi garam

$C_0$ (ppm)	$C_e$ (ppm)	$C_0 - C_e$ (ppm)	$Q$ (%)	$x/m$ (mg/g)
50	40,3321	9,6679	19,34	0,9668
75	48,1428	26,8562	35,81	2,6856
100	54,8125	45,1875	45,19	4,5188
125	60,5805	64,4195	51,54	6,4419
150	61,7476	88,2524	58,83	8,8253

$C_e/(x/m)$	$\ln C_e$	$\ln x/m$
41,7171	3,6971	-0,0338
17,9263	3,8742	0,9879
12,1299	4,0039	1,5082
9,4041	4,1039	1,8628
6,9967	4,1231	2,1776

Keterangan :

- $C_0 - C_e$  = konsentrasi ion logam Pb(II) yang teradsorpsi oleh lempung
- $x/m$  = jumlah mol ion logam Pb(II) yang teradsorpsi oleh lempung
- $Q$  = persentasi adsorpsi

Nilai  $x/m$  diperoleh berdasarkan persamaan :

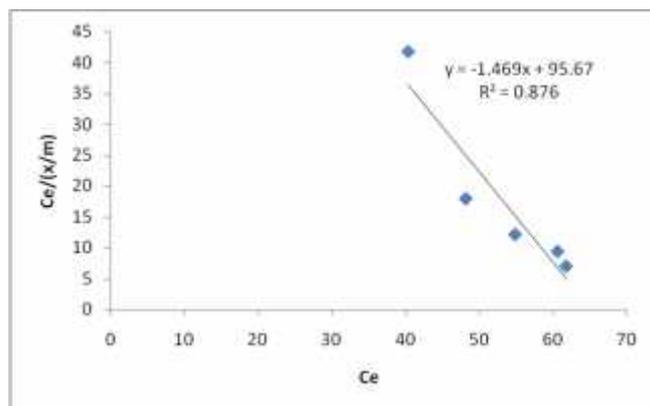
$$(x/m) = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m} \quad (1)$$

Dengan  $V$  = volume larutan (L);  $m$  = berat lempung (g)

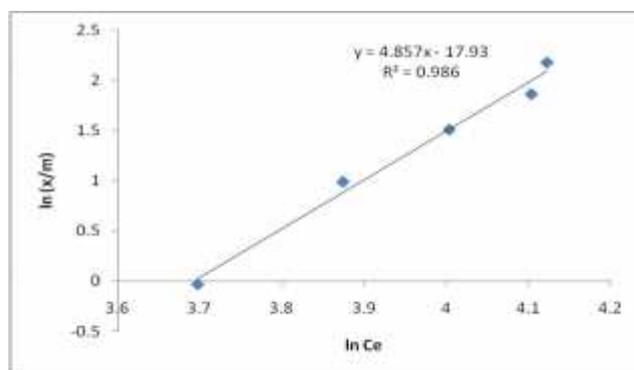
Nilai  $Q$  diperoleh dari persamaan :

$$Q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

Hubungan linier isoterm Langmuir dan Freundlich pada adsorpsi logam Pb(II) terlihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Kurva  $C_e$  vs  $C_e/(x/m)$  menurut isoterm Langmuir



Gambar 4. Kurva  $\ln C_e$  vs  $\ln (x/m)$  menurut isoterm Freundlich

Dengan membandingkan koefisien korelasi ( $r^2$ ) yang ada pada Gambar 3 dan 4, dapat ditentukan kecenderungan adsorpsi logam Pb(II) pada lempung teraktivasi amonium nitrat berdasarkan kelinieritas yang ada. Pada penelitian ini, kecenderungan adsorpsi logam Pb(II) oleh lempung adalah mengikuti isoterm Freundlich yang dikembangkan untuk permukaan adsorben yang heterogen (Lynam dkk., 1995).

Berdasarkan Gambar 3 dan 4, adsorpsi logam Pb(II) oleh lempung teraktivasi garam amonium nitrat mengikuti pola kurva isoterm Freundlich yang menunjukkan hubungan linier dengan nilai  $r^2$  sebesar 98,67% jika dibandingkan dengan pola isoterm Langmuir yaitu 87,61%.

Nilai  $K_f$  dan  $1/n$  dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\ln(x/m) = \ln K_f + 1/n \cdot \ln C_e \quad (3)$$

Maka diperoleh nilai  $1/n$  sebesar 4,8579 yang menunjukkan indikator ketergantungan

konsentrasi yang berhubungan dengan adsorpsi sehingga nilai  $n = 0,2059$ . Nilai  $n$  menunjukkan derajat nonlinieritas antara konsentrasi larutan dan adsorpsi yaitu mengukur penyimpangan linieritas adsorpsi dan biasanya digunakan untuk mengetahui tingkat kebenaran suatu jenis adsorpsi. Dengan nilai  $n < 1$ , maka dipastikan bahwa proses adsorpsi ini merupakan proses kemisorpsi (Ozcan dkk., 2005). Sedangkan nilai  $K_f$  diperoleh sebesar  $1,6193 \times 10^{-8}$  mg/g. Nilai  $K_f$  menunjukkan kapasitas jerap. Semakin besar nilai  $K_f$  maka semakin besar pula kapasitas adsorben menyerap adsorbat (Lynam dkk., 1995). Nilai  $K_f$  yang diperoleh sangat rendah dikarenakan logam Pb yang terjerap oleh lempung teraktivasi garam sangat sedikit. Hal ini dapat dilihat dari nilai  $Q$  untuk tiap-tiap konsentrasi kurang dari 60%. Semakin tinggi konsentrasi yang teradsorpsi maka semakin tinggi kapasitas adsorpsinya (Bamgbose dkk., 2010).

**e. Penentuan orde dan tetapan laju reaksi**

Sebanyak 0,5 g lempung teraktivasi garam amonium nitrat dimasukan ke dalam 50 mL larutan Pb(II) dengan pH 4, kemudian dikocok masing-masing selama 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit dengan kecepatan 200 rpm. Diperoleh data seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Data adsorpsi ion logam Pb (II) pada suhu kamar dengan variasi waktu adsorpsi oleh lempung menggunakan metode SSA

t (menit)	C <sub>e</sub> (ppm)	C <sub>ads</sub> (ppm)
30	55,0256	44,9744
60	58,3866	41,6134
90	55,9555	44,0445
120	56,3429	43,6571
150	54,6915	45,3085
180	56,0233	43,9767

Parameter umum yang dipakai untuk mempelajari kinetika adsorpsi adalah harga tetapan laju (k) adsorpsi yang merupakan salah satu faktor yang terkait dengan kelayakan suatu bahan sebagai adsorben. Nilai tetapan laju adsorpsi untuk model adsorpsi Lagergren orde satu semu diperoleh dari bentuk persamaan liner: (Lagergren dalam Fat'hi dan Zo'fi, 2012).

$$\text{Log}(X_e - X_t) = \text{log}X_e - k_{1,ads}t \quad (4)$$

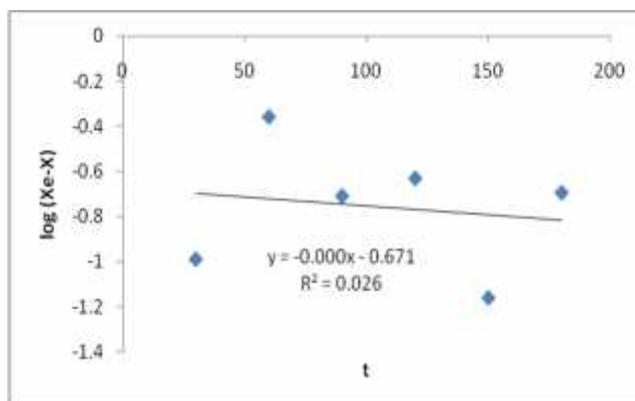
Sedangkan untuk model adsorpsi Lagergren orde dua semu diperoleh dari bentuk persamaan liner: (Ho dkk., 2000)

$$\frac{t}{X} = \frac{1}{k_{2,ads}X_e^2} + \frac{1}{X_e}t \quad (5)$$

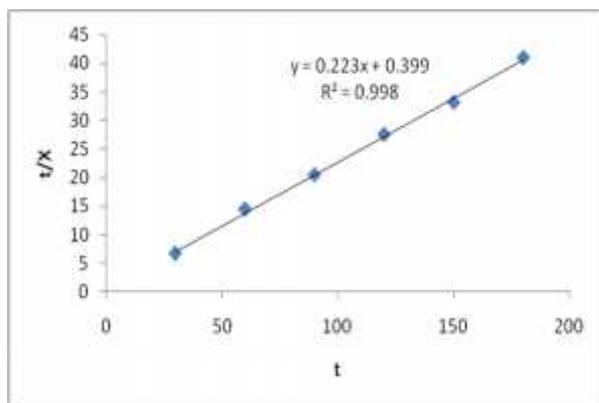
Tabel 6. Parameter kinetika adsorpsi Lagergren orde satu semu dan orde dua semu logam Pb(II) oleh lempung teraktivasi garam amonium nitrat

t (menit)	C <sub>e</sub> (ppm)	C <sub>ads</sub> (ppm)	X (mg/g)
30	55,0256	44,9744	4,4974
60	58,3866	41,6134	4,1613
90	55,9555	44,0445	4,4045
120	56,3429	43,6571	4,3657
150	54,6915	45,3085	4,5309
180	56,0233	43,9767	4,3977
X <sub>e</sub> yang dicoba (mg/g)	X <sub>e</sub> - X	log (X <sub>e</sub> - X)	t/X
4,6	0,1026	-0,9889	6,6705
4,6	0,4387	-0,3578	14,4186
4,6	0,1955	-0,7089	20,4336
4,6	0,2343	-0,6302	27,4870
4,6	0,0691	-1,1605	33,1060
4,6	0,2033	-0,6919	40,9305

Berdasarkan Tabel 6, dapat dibuat kurva log (X<sub>e</sub> - X) vs t untuk persamaan Lagergren orde satu semu dan kurva t/X vs t untuk persamaan Lagergren orde dua semu. Hasilnya masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Kurva log (X<sub>e</sub> - X) vs t menurut model kinetika Lagergren orde satu semu



Gambar 6. Kurva  $t/X$  vs  $t$  menurut model kinetika Lagergren orde dua semu

Perhitungan kinetika menurut persamaan Lagergren orde satu semu dilakukan dengan cara *try and error*. Nilai  $X_e$  yang belum diketahui dicoba dengan menggunakan nilai 4,6 mg/g pada saat pengolahan data. Hasilnya, nilai  $r^2$  yang diperoleh sebesar 2,56% dan berdasarkan perhitungan dengan Persamaan 4 nilai  $X_e$  yang diperoleh adalah -1,4883 mg/g. Terdapat selisih yang sangat besar antara nilai  $X_e$  yang dicoba dengan nilai  $X_e$  yang diperoleh, sehingga adsorpsi logam Pb pada lempung teraktivasi garam amonium nitrat tidak mengikuti model kinetika adsorpsi Lagergren orde satu semu.

Dari kurva Lagergren orde dua semu pada Gambar 6 terlihat bahwa nilai  $r^2$  mencapai nilai 99,82%, lebih besar jika dibandingkan dengan nilai  $r^2$  pada kurva Lagergren orde satu semu. Berdasarkan perhitungan dengan Persamaan 5 diperoleh nilai  $X_e$  sebesar 4,4783 mg/g, nilai  $X_e$  merupakan parameter kinetika adsorpsi yang menyatakan konsentrasi logam Pb pada saat kesetimbangan. Diperoleh juga nilai  $k_2$  sebesar 0,1248 g mg<sup>-1</sup> menit<sup>-1</sup>, nilai  $k_2$  merupakan parameter kinetika adsorpsi yang menunjukkan cepat-lambatnya suatu proses adsorpsi. Semakin besar nilai  $k_2$ , maka semakin cepat pula proses adsorpsi berlangsung. Maka dapat dipastikan bahwa adsorpsi logam Pb pada lempung teraktivasi amonium nitrat mengikuti model kinetika Lagergren orde dua semu.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Adsorpsi logam Pb pada lempung teraktivasi garam amonium nitrat mengikuti isoterm

Freundlich, dengan nilai  $K_f = 1,6193 \times 10^{-8}$  mg/g dan nilai  $n = 0,2059$ .

2. Adsorpsi logam Pb pada lempung teraktivasi garam amonium nitrat mengikuti persamaan Lagergren orde dua semu dengan nilai tetapan laju adsorpsi ( $k_2, ads$ ) sebesar 0,1248 g mg<sup>-1</sup> menit<sup>-1</sup> dan nilai  $X_e$  sebesar 4,4783 mg/g.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008, *Potensi Karbon Aktif Sebagai Media Adsorpsi Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)*, <http://smk3ae.wordpress.com/2008/06/05/potensi-karbon-aktif-sebagai-media-adsorpsi-logam-berat-timbal-pb-dan-kadmium-cd/>, disitasi tanggal 5 Februari 2012.
- Atkins, P.W, 1993, *Kimia Fisika Jilid 2*, Penerjemah Kartohadiprodo I., Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Bailey, S. E., Olin, T. J., Bricka, M., dan Adrian, D. D., 1999, A Review of Potentially Low-Cost Sorbents of Heavy Metals, *Wat. Res.*, 33 (11) : 2469-2479.
- Bamgbose, J. T., Adewuyi, S., Bamgbose, O., dan Adetoye, A. A., 2010, Adsorption Kinetics of Cadmium and Lead by Chitosan, *Afr. J. Biotechnol.*, vol. 9 (17) : 2560-2565.
- de Fretes, P. Y., 2011, Kinetika Adsorpsi Logam Berat Pb oleh Kitosan pada Beberapa Kadar Garam, *Skripsi Sarjana*, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pattimura : Ambon.
- Fat'hi, M. R. and A. Zolfi, 2012, Removal of Blue 56 by Orange Peel from the Waste Water, *J. Chem. Health Risks* 2(1); 7-14.
- Goenadi, D.H., 1982, *Dasar-Dasar Kimia Tanah*, Terjemahan dari Tan, K.H., Edisi pertama, 93-193, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Gondok, Y., 2000, Penyerapan Kation Logam Berat Timbal, Nikel, dan Kobal dengan Menggunakan Clay Abu-Abu dan Merah-Kuning, *SAINSTEK Vol. III*.
- Ho Y.S., G. McKay, D. A. J. Wase and C. F. Foster, 2000, Study of the sorption of divalent metal ions onto peat, *J. Adsorp. Sci. Technol.* 18, 639-650.

- Kasmadi, 1989, *Aktivasi Tanah Lempung Sebagai Resin Penukar Kation*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Lynam, M. M., Kilduff, J. E. dan Webber, Jr. J., 1995, Adsorption of p-nitrophenol from Oilute Aqueous Solution, *J. Chem. Ed.*, 72:81-82.
- Manuaba, Putra, I.B, A. A Alit Suweda, I. W. Arka, L. Udhiana, dan A. A. I. Widyawati, 2000, Identifikasi Mineral dan Aktivasi Daya Adsorpsi Tanah Lempung yang diambil di daerah Kerobokan, Kuta Denpasar, Denpasar, *Chem., Rev.*, Vol.3.No.1.
- Ningrum, E.C., 2007, Kajian Kinetika Adsorpsi Ni (II) pada Adsorben Magnetit yang Disintesis dengan Metode Hidrolisis Oksidatif, *Skripsi*, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada.
- Oscik, J., 1982, *Adsorption*, Translation Editor Cooper, I.L., First Edition, 123-127, 198, Ellis Horwood Limited, Chichester.
- Ozcan, A. S., Edem, B., dan Ozcon, A., 2005, Adsorption of Acid Blue 193 from Aqueous Solutions onto BTMA-Bentonite *Colloid Surface. A: Phsycochem Eng. Aspects*, 266: 73-81.
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Tildjuir, S. A., 2010, Kinetika Adsorpsi Logam Cd pada Lempung Teraktivasi Garam Amonium Nitrat, *Skripsi Sarjana*, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pattimura, Ambon.