

## KINETIKA ADSORPSI Pb(II) DALAM AIR LIMBAH LABORATORIUM KIMIA MENGGUNAKAN SISTEM KOLOM DENGAN BIOADSORBEN KULIT KACANG TANAH

Halim Zaini<sup>1\*</sup>, Muhammad Sami<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280,3, Buketrata, Aceh 24301  
\*E-mail: [halimzaini60@gmail.com](mailto:halimzaini60@gmail.com)

### ABSTRAK

*Keberadaan logam berat dalam air limbah menimbulkan permasalahan yang serius bagi lingkungan. Usaha penanganannya telah banyak dilakukan dengan berbagai metoda. Metode yang relatif efektif dan efisien adalah metode adsorpsi. Penelitian ini bertujuan penyisihan logam Pb(II) dalam air limbah menggunakan bioadsorben kulit kacang tanah dengan sistem kolom. Pada rancangan percobaan, sebagai variabel tetap digunakan berat adsorben, yaitu sebesar 50 g, ukuran partikel 40 mesh dan volume adsorbat digunakan 10 liter, laju alir 7 liter/menit. Variabel bebas waktu adsorpsi 0; 10; 20; 30; 60; 90; 120; 150; 180; 210; 240 menit dan jenis adsorben: tanpa aktivasi, aktivasi fisik dan aktivasi kimia (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N dan NaOH 1N). Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi logam Pb(II) dipengaruhi oleh waktu dan aktivator. Model kinetika adsorpsi memenuhi kinetika pseudo orde dua dengan kapasitas adsorpsi kesetimbangan ( $q_e$ ) terjadi pada waktu 210 menit untuk tanpa aktivasi sebesar 2,387 mg/g, aktivasi fisika sebesar 1,896 mg/g, aktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N 2,768 mg/g dan aktivasi NaOH 1N 2,991 mg/g. Persen masa penyisihan Pb(II) tertinggi untuk tanpa aktivasi 64,98%, aktivasi fisika 59,21%, aktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 86,02% dan aktivasi dengan NaOH 1N 96,57%.*

**Keywords:** kapasitas adsorpsi, logam berat, metode adsorpsi, persen penyisihan

### ABSTRACT

*Presence of heavy metals in waste water pose a serious problem for the environment. Handling effort has been done by various methods. The method is relatively effective and efficient adsorption method. This study aims allowance for Pb (II) in wastewater using peanut shell bioadsorben column system. In the experimental design, as fixed variables used heavy adsorbent, which amounted to 50 g, 40 mesh particle size and volume of adsorbate used 10 liters, a flow rate of 7 liters / minute. The independent variable adsorption time 0; 10; 20; 30; 60; 90; 120; 150; 180; 210; 240 minutes and type of adsorbent: without activation, physical activation and chemical activation (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N and NaOH 1N). The results showed that the adsorption of Pb (II) is influenced by time and activators. Model kinetics of adsorption meet kinetics pseudo second order with a capacity of adsorption equilibrium ( $q_e$ ) occurs at the time of 210 minutes without activation of 2.387 mg / g, physical activation of 1.896 mg / g, the activation of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N 2.768 mg / g and activation of NaOH 1N 2.991 mg / g. The highest removal massa percent of Pb(II) for without activation of 64.98%, 59.21% physical activation, activation with 86.02% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and activation with 1N NaOH 96.57%.*

**Keywords:** adsorption capacity, heavy metals, methods of adsorption, removal percent

### PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Keberadaan logam berat dalam lingkungan berasal dari dua

sumber. Pertama dari proses alamiah seperti pelapukan kimiawi, kegiatan geokimiawi, tumbuhan dan hewan yang membusuk. Sumber lain berasal dari hasil samping dari aktivitas industri seperti industri kimia.

Sudah menjadi permasalahan umum tidak sedikit industri kimia menghasilkan limbah bahan beracun dan berbahaya yang menimbulkan pencemaran lingkungan antara lain industri pelapisan logam (*electroplating*), revarasi dan pengisian ulang arus listrik (*accu*), industri penyamakan kulit, industri cat, kosmetik dan industri tekstil.

Pada industri tersebut selama kegiatan proses berlangsung banyak mempergunakan logam-logam berat seperti Cu, Zn, Cr, Cd, Ni, Pb yang sangat berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup. Limbah yang dihasilkan jika tidak ditangani dengan tepat, maka dapat mengancam kehidupan makhluk disekitarnya. Sifat dari limbah antar lain mudah terbakar, mudah meledak, penyebab kanker (*carcinogenic*) dan bersifat racun (*toxic*).

Zaini dan Sami (2015), industri yang memiliki kepedulian lingkungan, limbah yang dihasilkan disimpan pada bak penampungan sementara, kemudian mengirimkan limbahnya ke perusahaan khusus pengolah limbah B3 seperti kepada PT. PPLI (Prasadha Pemusnah Limbah Industri) di Cileungsi Bogor. Namun hal ini dirasakan cukup berat bagi sebagian besar industri karena kegiatan ini dapat memakan biaya yang relatif besar.

Dalam penelitian ini, adsorbat yang digunakan berasal dari limbah laboratorium kimia yang mengandung logam berat Fe, Cu dan Pb. Pada sisi lain sebagai adsorben yang digunakan berasal dari limbah hasil pertanian seperti kulit kacang tanah.

Hidayati (2012), proses penanganan limbah logam berat dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti adsorpsi (*adsorption*), pertukaran ion (*ion exchange*), dengan selaput tipis (*membran*) dan pengendapan (*sidementation*), penguapan (*presivitasi*), penggumpalan (*koagulasi*), elektrokimia, elektroforesis. Proses adsorpsi lebih banyak digunakan karena memiliki banyak keuntungan diantaranya tidak menimbulkan efek samping yang beracun, sangat efektif untuk menyerap logam berat dan serta lebih ekonomis.

Menurut Mantel (1951), sorpsi adalah proses penyerapan ion oleh partikel penyerap (sorban). Proses sorpsi dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi dan absorpsi. Proses adsorpsi jika ion tersebut tertahan dipermukaan partikel penyerap (adsorban),

sedangkan absorpsi jika proses pengikatan ini berlangsung sampai di dalam partikel penyerap (absorben).

Salah satu solusi tentang penanganan limbah logam Pb dengan biaya yang relatif jauh lebih murah adalah dengan memanfaatkan kulit kacang tanah sebagai adsorban. Pada penelitian ini logam Pb(II) sebagai adsorbat berasal dari limbah laboratorium kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Adsorpsi umumnya terjadi berdasarkan interaksi antara logam dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan adsorben melalui interaksi pertukaran ion atau pembentukan kompleks, biasanya terjadi pada permukaan padatan yang mengandung gugus fungsional seperti  $-OH$ ,  $-NH$ ,  $-SH$  dan  $COOH$ .

Menurut Ahalya, dkk (2003) komponen yang berperan dalam proses adsorpsi antara logam berat dengan adsorben dari limbah pertanian adalah keberadaan gugus aktifhidroksil ( $-OH$ ), karbonil ( $C=O$ ), karboksil ( $-COOH$ ), amina ( $-NH_2$ ), amida ( $-CONH_2$ ) dan tiol ( $-SH$ ).

Proses adsorpsi secara kolom terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi  $Cu^{2+}$  diantaranya waktu kontak, temperatur (Hidayati, 2012), dimana waktu kontak dari 0 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit dan variasi suhu  $30^{\circ}C$ ,  $40^{\circ}C$  dan  $50^{\circ}C$ .

Irmawati (2013), adsorpsi kromium dengan metode kolom menggunakan adsorben kulit kacang tanah yang diaktifasi dengan  $HNO_3$  0,1 M dipengaruhi oleh faktor laju alir adsorbat, tinggi kolom adsorben dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,4937 mg/g

Rusmaya (2008), sorpsi limbah nikel menggunakan kulit kacang tanah dipengaruhi oleh variasi pH, dosis adsorban dan waktu kesetimbangan, konsentrasi adsorbat. Hasil penelitian menunjukkan kapasitas adsorpsi Freundlich,  $k = 0,214$  mg/g dan untuk Langmuir kapasitasnya,  $q_m = 0,536$  mg/g.

Draman, dkk (2015), kulit kacang tanah mempunyai kemampuan mengadsorpsi logam berat seperti Pb(II) 87,89% - 89,6%.

Zhuang dan Xu (2014), adsorpsi logam Cd dengan adsorben kulit kacang tanah berlangsung pada waktu 5 s/d 120 menit.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi ukuran partikel, suhu, berat, aktifator, waktu kontak, laju alir, pH.

Menurut Darmansyah, dkk (2016) karakteristik adsorben yang dibutuhkan untuk adsorpsi antara lain:

1. Luas permukaan adsorben yang besar
2. Memiliki kapasitas terhadap adsorbat
3. Memiliki daya tahan guncang yang baik.
4. Tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi dan desorpsi.

Sediawan dan Prasetya (1997) dalam Danarto (2007), proses adsorpsi terjadi pada permukaan pori-pori dalam adsorben, sehingga untuk bisa terjadi adsorpsi, logam dalam cairan mengalami perpindahan secara berturut sebagai berikut:

- a. Perpindahan massa adsorbat ke permukaan adsorben
- b. Difusi adsorbat dari permukaan adsorben ke dalam adsorben melalui pori-pori
- c. Perpindahan massa adsorbat dalam pori ke dinding pori adsorben
- d. Adsorpsi logam (adsorbat) pada dinding pori adsorben

Pada penelitian terdahulu telah dilakukan pengujian daya serap adsorben terhadap limbah artifisial Fe (II), Cu(II), Pb(II) dan Cr (VI), dimana adsorben mempunyai kemampuan penyerapan terhadap logam tersebut.

## METODE

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat untuk pengecilan ukuran menggunakan Crusher, alat pengeringan di laboratorium dengan oven, penimbangan menggunakan neraca, alat melakukan aktivasi kimia menggunakan gelas kimia 1000 ml, alat aktivasi fisik menggunakan kukusan dan alat utama berupa Unit Adsorpsi hasil rancangan.

Bahan terdiri dari adsorbat yang berasal dari limbah cair laboratorium kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe antara lain mengandung logam Fe, Cu dan Pb. Bahan kimia HCl 1 N, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N, NaOH 1 N.

### Pembuatan dan Aktivasi Adsorben

Adsorben dibuat dari kulit kacang berupa limbah kulit kacang tanah yang selanjutnya dibersihkan, dikeringkan dan pengecilan ukuran menggunakan Crusher dan mengambil hasil ayakan -30 mesh/(+40 mesh), lolos pada ayakan 30 mesh dan tertahan

diayakan 40 mesh. Adsorben dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C s/d 105°C hingga beratnya konstan dan diaktifasi secara fisika dan secara kimia.

Aktivasi secara fisika menggunakan kukusan selama 2 jam dan aktivasi kimia menggunakan NaOH 1 N dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N masing-masing selama 24 jam. Adsorben yang digunakan masing-masing sebanyak 50 gr untuk tanpa aktivasi (TA), aktivasi fisik (AF), aktivasi kimia H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N dan aktivasi kimia NaOH 1 N.

### Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dalam kolom tunggal dengan diameter kolom 6,35 cm dan tinggi kolom kondisi kosong 38 cm. Masing-masing adsorben dimasukkan ke dalam kolom adsorpsi sebanyak 50 gr adsorben tanpa aktivasi (TA) dimasukkan ke dalam kolom selanjutnya dilakukan pengambilan dan pengumpulan data. Dengan cara yang sama dilakukan juga untuk 50 gr adsorben aktivasi fisik (AF), 50 gr adsorben aktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 50 gr adsorben aktivasi dengan NaOH 1 N

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Operasi Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe dengan variabel tetap ukuran partikel (-30 mesh, + 40 mesh), laju alir 4 liter/menit, volume adsorbat 10 liter, suhu operasi suhu kamar 30 °C. Variabel bebas waktu kontak (adsorpsi) 0; 10; 20; 30; 60; 90; 120; 150; 180; 210 dan 240 menit. Variabel terikat konsentrasi adsorbat yang tersisa dalam larutan (ppm), konsentrasi adsorbat yang terserap (ppm), kapasitas adsorpsi (mg/g), persen (%) atau efisiensi penyisihan

### Analisa Logam Pb (II)

Analisis sampel hasil pengumpulan data dianalisa menggunakan metode instrumentasi dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) berdasarkan lampu katoda Pb dengan panjang tertentu dan data hasil analisa dilakukan pengolahan data dan pembahasan

### Kapasitas Adsorpsi

Persamaan adsorpsi selama proses penyerapan dihitung berdasarkan persamaan kapasitas adsorpsi sebagai berikut:

$$q_t = \left( \frac{C_0 - C_t}{m} \right) x V \quad (1)$$

$C_0$  adalah konsentrasi awal adsorbat (mg/L),  $C_t$  adalah konsentrasi adsorbat (mg/L) pada waktu  $t$  (menit),  $m$  masa adsorban (g),  $V$  volume adsorbat (L),  $q_t$  kapasitas adsorpsi (mg/g) pada waktu  $t$  (menit) dan kapasitas adsorpsi pada keadaan kesetimbangan diperoleh secara eksperimental dan secara grafik.

### Kinetika Adsorpsi

Perilaku adsorpsi dapat dipelajari dengan berbagai pendekatan teori diantaranya:

#### Model kinetika pseudo orde 1

Menurut Lagergren (1898) persamaan kinetika orde-pertama dinyatakan seperti pada persamaan

$$\frac{d q_t}{d t} = k_1(q_e - q_t) \quad (2)$$

Integrasi pada kondisi  $q_t = 0$  s/d  $q_t = q_t$  dan  $t = 0$  s/d  $t = t$  dari persamaan diatas diperoleh bentuk persamaan linier orde satu berikut:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (3)$$

Parameter  $q_e$  (mg/g) dan  $k_1$  ( $\text{min}^{-1}$ ) dapat dihitung dari plot  $\ln(q_e - q_t)$  versus  $t$ .

#### Model kinetika pseudo orde 2

Menurut Ho dan McKay (1999), persamaan orde satu Lagergren dapat dimodifikasi menjadi persamaan:

$$\frac{d q_t}{d t} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (4)$$

Integrasi pada kondisi  $q_t=0$  s/d  $q_t=q_t$  dan  $t=0$  s/d  $t=t$  dari persamaan diatas diperoleh bentuk persamaan linier orde dua berikut:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (5)$$

Parameter  $q_e$  (mg/g) dan  $k_2$  (g/mg.min) dapat dihitung dari plot  $t/q_t$  versus  $t$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu metode penyisihan logam berat yang terlarut dalam air ,yang efektif dan efisien adalah metode adsorpsi. Metode ini dapat menggunakan bejana atau tanki dengan sistem pengadukan atau tanpa pengadukan dan menggunakan sistem kolom baik beroperasi secara kontinu maupun diskontinu kolom tunggal, dua kolom, multi kolom. Jika dibandingkan sistem bejana dengan sistem

kolom, maka sistem kolom jauh lebih baik dibandingkan dengan sistem bejana atau tanki. Perbedaannya antara lain terletak pada ukuran partikel adsorben yang digunakan. Sistem pengadukan ukuran partikelnya dapat lebih kecil sedangkan sistem kolom terutama bergantung pada ukuran partikel lebih besar tergantung pada ukuran filter dan laju alir. Penelitian ini menggunakan sistem kolom tunggal, memanfaatkan adsorben kulit kacang tanah. Karakteristik adsorben yang digunakan kadar air 13,13% ; kadar abu 4,12% ; ukuran partikel 40 mesh dan daya serap terhadap iod 279 – 305 mg/g. Hasil analisa karakteristik air limbah laboratorium kimia yang digunakan kandungan Fe(II) 10,5463 ppm, Cu(II) 44,8069 ppm, Pb(II) 14,9779 ppm dan pH 4, TDS 33,7-34,1 ppm, DHL 74,2-81,7  $\mu\text{S/cm}$ .

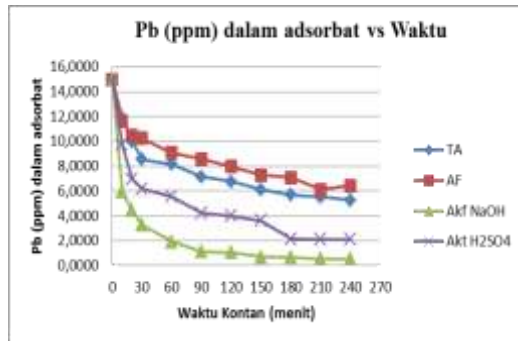
### Konsentrasi ( $C_t$ ) Pb pada waktu $t$ (menit)

**Tabel 1.** Hasil Analisa Pb (ppm) vs waktu  $t$

t men	Tanpa Aktivasi (TA)	Aktivasi fisik (AF)	Aktivasi NaOH	Aktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
0	14,978	14,978	14,978	14,978
10	11,901	11,641	5,933	9,707
20	10,004	10,451	4,427	6,965
30	8,536	10,228	3,255	6,174
60	8,155	9,075	1,926	5,533
90	7,132	8,591	1,099	4,204
120	6,760	7,969	1,052	3,981
150	6,109	7,271	0,699	3,590
180	5,682	7,095	0,671	2,121
210	5,524	6,109	0,513	2,093
240	5,245	6,425	0,513	2,093

Sumber: Hasil Analisa dengan SSA (2016)

Penentuan kapasitas adsorpsi (mg/g) dan model kinetika adsorpsi dilakukan percobaan menggunakan metode kolom tunggal, air limbah laboratorium kimia sebagai adsorbat, kulit kacang tanah sebagai adsorban dan variasi waktu kontak dasar pengambilan data.



Gambar 1. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Pb (ppm) dalam adsorbat

Perubahan konsentrasi logam (tabel 1 dan gambar 1) terhadap waktu adsorpsi atau terhadap waktu kontak memperlihatkan adanya perbedaan. Adsorben yang diaktivasi dengan adsorben yang tidak diaktivasi memperlihatkan perbedaan yang menyolok (signifikan). Perbedaan ini disebabkan adsorben yang tidak diaktivasi permukaan pori-porinya masih tertutup oleh bahan-bahan organik sehingga logam yang terdapat dalam adsorbat sulit untuk masuk ke dalam pori-pori adsorben, sehingga kemampuan untuk menyerap rendah dibandingkan adsorben yang mengalami aktivasi.

Bagi adsorben yang mengalami aktivasi (aktivasi fisik dan kimia) juga ada perbedaan satu dengan lainnya dimana adsorben yang diaktivasi dengan larutan NaOH 1 N daya serapnya lebih baik dibandingkan dengan yang diaktivasi secara fisik dan dengan asam sulfat. Hal ini disebabkan aktivasi dengan NaOH memberikan efek yang relatif besar hal ini disebabkan aktivasi dengan NaOH menyebabkan struktur adsorben ada yang mengalami degradasi terutama struktur lignin, hemiselulosa, pori-pori adsorben menjadi terbuka dan tidak tertutup lagi dari bahan-bahan yang menutupi pori-pori sehingga kemampuan daya serapnya menjadi lebih baik.

Pada aktivasi fisik adsorpsi hanya terjadi terhadap bahan-bahan penutup pori-pori yang mempunyai ikatan fisik seperti bahan yang terikat berdasarkan ikatan van der Waals, sedangkan yang terikat secara kimia dengan cara ini tidak dapat diaktivasi. Bahan-bahan ini adalah bahan-bahan yang dapat mengalami penguapan karena pemanasan.

Adsorben yang diaktivasi konsentrasi logam Pb(II) yang tersisa di dalam adsorbat sudah sama pada waktu adsorpsi 210 menit hingga waktu 240 menit seperti konsentrasi

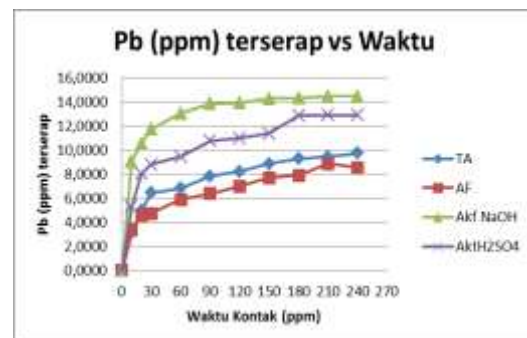
adsorben yang diaktivasi dengan NaOH 1N konsentrasi 0,513 ppm. Hal ini menandakan adsorben sudah mulai mengalami kejenuhan atau kesetimbangan dengan bertambahnya waktu kontak kapasitas adsorpsi tetap.

### Konsentrasi (Ct) Pb terserap pada waktu t

Tabel 2. Pb (ppm) terserap dalam adsorben

t men	Tanpa Aktivasi (TA)	Aktivasi fisik (AF)	Aktivasi NaOH	Aktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	3,077	3,337	9,045	5,271
20	4,974	4,527	10,551	8,013
30	6,442	4,750	11,723	8,804
60	6,823	5,903	13,052	9,445
90	7,846	6,387	13,879	10,774
120	8,218	7,009	13,926	10,997
150	8,869	7,707	14,279	11,388
180	9,296	7,883	14,307	12,857
210	9,454	8,869	14,465	12,885
240	9,733	8,553	14,465	12,885

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016)



Gambar 2. Pengaruh Waktu Kontak terhadap konsentrasi Pb teradsorpsi

Data tabel 2 dan gambar 2 jumlah logam yang terserap ke dalam adsorben menunjukkan bahwa semakin lama waktu adsorpsi (kontak), maka jumlah adsorbat yang teradsorpsi semakin meningkat hingga waktu tertentu.

Adsorben yang diaktivasi menunjukkan kecenderungan menuju ke arah kesetimbangan secara berurut aktivasi dengan NaOH yang besarnya 14,465 ppm, aktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 12,885 dan aktivasi fisik serta tanpa aktivasi, pada kondisi waktu kontak 210 - 240 menit.

Perbedaan laju daya serap terjadi antara sebelum waktu kontak 180 menit. Perbedaan ini terjadi karena adsorben belum terjadi kejenuhan adsorbat pada permukaan adsorben



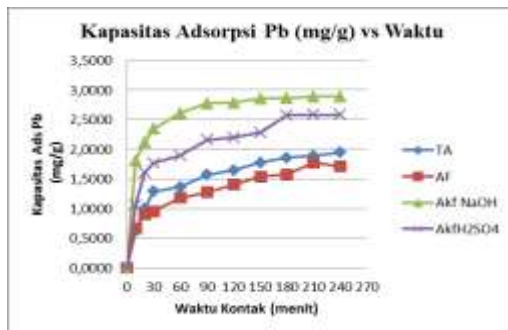
serta adanya perbedaan poristas adsorban akibat perlakuan aktivasi fisik dan kimia.

### Kapasitas Adsorpsi (mg/g) pada waktu t

**Tabel 3.** Kapasitas adsorpsi Pb (mg/g)

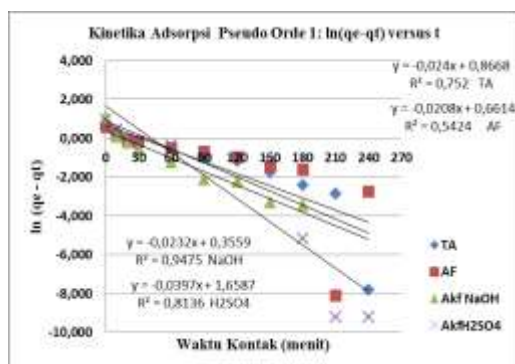
t men	Tanpa Aktivasi (TA)	Aktivasi fisik (AF)	Aktivasi NaOH	Aktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
0	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,615	0,668	1,809	1,054
20	0,995	0,905	2,110	1,603
30	1,289	0,950	2,345	1,761
60	1,365	1,181	2,610	1,889
90	1,569	1,277	2,776	2,155
120	1,644	1,402	2,785	2,200
150	1,774	1,541	2,856	2,278
180	1,859	1,577	2,861	2,571
210	1,891	1,774	2,893	2,577
240	1,947	1,711	2,893	2,577

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016)



Gambar 3. Pengaruh Waktu terhadap kapasitas adsorpsi (mg/g)

Berdasarkan data tabel 3 dan gambar 3 jumlah logam yang terserap ke dalam adsorben menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak, maka kapasitas adsorpsi logam meningkat hingga waktu tertentu.

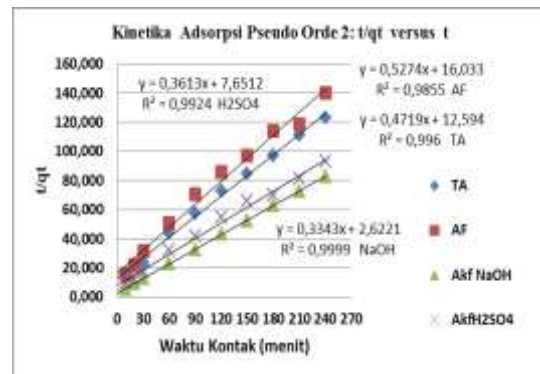


Gambar 4. Pengaruh Waktu terhadap kapasitas adsorpsi (mg/g)

**Tabel 4.** Nilai Parameter model kinetika adsorpsi Pb(II) pseudo orde 1

t men	Tanpa Aktivasi (TA)	Aktivasi fisik (AF)	Aktivasi NaOH	Aktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
R <sup>2</sup>	0,752	0,5424	0,9475	0,8136
k <sub>1</sub>	0,024	0,0208	0,0232	0,0397
q <sub>e</sub> hit	1,947	1,774	2,893	2,577
q <sub>e</sub> exp	2,379	1,9375	1,4275	5,2525

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016)



Gambar 5. Pengaruh Waktu terhadap kapasitas adsorpsi (mg/g)

**Tabel 5.** Nilai Parameter model kinetika adsorpsi Pb(II) pseudo orde 2

t men	Tanpa Aktivasi (TA)	Aktivasi fisik (AF)	Aktivasi NaOH	Aktivasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
R <sup>2</sup>	0,996	0,9855	0,9999	0,9924
k <sub>2</sub>	0,0139	0,0173	0,043	0,0171
q <sub>e</sub> hit	1,947	1,774	2,893	2,577
q <sub>e</sub> exp	2,387	1,896	2,991	2,768

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016)

Pada tabel 4 dan tabel 5 didapat nilai koefisien korelasi (R<sup>2</sup>) tertinggi yang mendekati angka 1 (satu) sebagai salah satu parameter persamaan linier menunjukkan jika dibandingkan kinetika adsorpsi pseudo orde satu dan orde dua, maka permodelan kinetika adsorpsi pseudo orde dua yang paling sesuai. Parameter kecocokan lainnya adalah perbandingan nilai q<sub>e</sub>. Jika dibandingkan nilai q<sub>e</sub>, maka nilai q<sub>e</sub> perhitungan yang lebih mendekati nilai q<sub>e</sub> ekstrapolasi juga memperlihatkan permodelan kinetika pseudo

orde dua memberikan hasil yang tidak signifikan. Untuk kinetika adsorpsi orde dua nilai korelasi ( $R^2$ ) secara berurutan adalah adsorben yang diaktivasi secara fisika, tanpa aktivasi, aktivasi dengan  $H_2SO_4$  1N dan  $R^2$  terbaik adalah adsorben yang diaktivasi dengan NaOH 1N. Hasil ini disebabkan aktivasi NaOH mampu membersihkan permukaan adsorben sehingga porositas adsorben menjadi besar.

Sebagai perbandingan Saadi et al (2013), kinetika adsorpsi logam Pb(II) menggunakan sistem kolom kontinu dengan adsorben nano  $\gamma$ -alumina berdasarkan persamaan model Thomas, Yoon-Nelson harga kapasitas adsorpsi pada keadaan kesetimbangan ( $q_e$ ) nilainya sekitar 38-48 mg/g. Harga ini jauh lebih besar dibandingkan dengan menggunakan adsorben kulit kacang tanah. Hal ini karena ukuran partikel nano  $\gamma$ -alumina yang sangat kecil, maka luas permukaan permukaan adsorben jauh lebih besar, sehingga daya serapnya lebih baik dari pada kulit kacang tanah. Namun jika dibandingkan dengan penggunaan adsorben kulit kacang yang sama terhadap adsorbat Cr 0,4937 mg/g dan Ni 0,536 mg/g, maka penyisihan logam Pb(II) jauh lebih efektif dan efisien bioadsorben tanpa aktivasi, aktivasi fisik, aktivasi dengan NaOH 1N dan aktivasi dengan  $H_2SO_4$  1N.

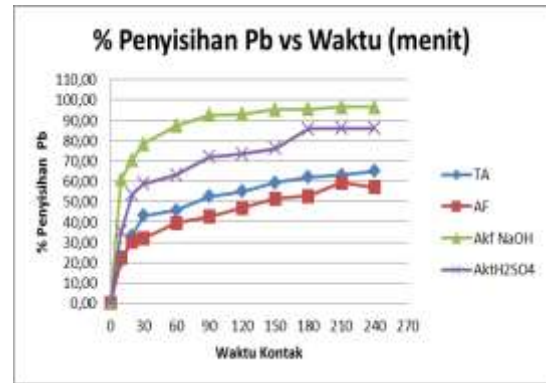
Selama proses berlangsung Sembodo (2006), bahwa proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satu diantaranya adalah faktor suhu, semakin tinggi suhu, maka adsorpsi semakin berkurang.

$$\% \text{Penyisihan} = ((C_0 - C_t) / C_0 \times 100\%)$$

**Tabel 6.** % Penyisihan (*removal*) Pb

t men	Tanpa Aktivasi (TA)	Aktivasi fisik (AF)	Aktivasi NaOH	Aktivasi $H_2SO_4$
0	0,00	0,00	0,00	0,00
10	20,54	22,28	60,93	35,19
20	33,21	30,23	70,45	53,50
30	43,01	31,72	78,27	58,78
60	45,56	39,41	87,14	63,06
90	52,38	42,64	92,67	71,93
120	54,87	46,80	92,98	73,42
150	59,21	51,45	95,33	76,03
180	62,07	52,63	95,52	85,84
210	63,12	59,21	96,57	86,02
240	64,98	57,10	96,57	86,02

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2016)



Gambar 6. Pengaruh Waktu terhadap % Penyisihan (*removal*) Pb

Kajian kinetika adsorpsi logam berat Pb(II) dari yang dilaksanakan Umaningrum et al (2010), adsorpsi Pb(II) dengan adsorben kombinasi asam humat-kitosan hasil kajian terhadap kinetika adsorpsi pseudo orde satu Lagergren dan pseudo orde dua Ho dan McKay menunjukkan bahwa adsorpsi Pb(II) berlangsung menurut pseudo orde dua

Data tabel 6 dan gambar 6 presentase logam yang tersisihkan (*removal*) ke dalam adsorben menunjukkan bahwa semakin lama waktu adsorpsi (kontak), maka logam berat Pb(II) yang tersisihkan semakin meningkat hingga pada kondisi jenuh. Pada waktu kontak 210 menit sampai dengan 240 menit, pada kondisi ini kemampuan penyisihan adsorben terhadap waktu relatif sama, hal ini disebabkan adsorben sudah mendekati atau mengalami kejenuhan.

Penelitian terdahulu adsorpsi terhadap logam berat Cu(II) menggunakan adsorben kulit kacang tanah yang diaktivasi presentase penyisihan masa 70- 80 %, sebagai adsorbat menggunakan limbah artifisial. Adsorben yang tidak diaktivasi relatif berbeda dengan yang diaktivasi dengan persen penyisihan masa sebesar 50-60%.( Zaini, dkk: 2015), sedangkan penelitian Pb(II) kemampuan penyisihan masanya terutama oleh adsorben yang diaktivasi dengan  $H_2SO_4$  1N lebih besar sebesar 86,02% dan yang diaktivasi dengan NaOH 1N lebih besar dari adsorpsi logam Pb (II) yaitu sebesar 96,57%, sedangkan adsorben tanpa aktivasi dan aktivasi fisik hasilnya relatif sama sekitar 55-65%.

Lakherwal (2014), proses penyisihan logam yang terdapat dalam limbah industri dari kajian berbagai proses pemisahan, maka

proses adsorpsi yang paling murah, efektif dan efisien dalam proses adsorpsi. Berdasarkan hal ini penyisihan Pb(II) termasuk yang efektif dan hal ini masih dapat ditingkat efisiensinya melalui variasi jumlah adsorben, variasi laju alir dan penggunaan multi kolom secara paralel maupun secara seri.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian, hasil pengolahan data dan hasil pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Adsorpsi logam Pb(II) dalam air limbah laboratorium kimia menggunakan adsorben kulit kacang tanah dipengaruhi oleh aktivator dan waktu kontak antara adsorbat dan adsorben.
2. Kinetika adsorpsi air limbah laboratorium kimia yang mengandung logam berat Pb(II) berlangsung sesuai dengan permodelan Ho dan McKay kinetika pseudo orde dua secara berurutan adsorben yang diaktivasi secara fisika, tanpa aktivasi, aktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N
3. Kapasitas adsorpsi semakin meningkat dengan meningkatnya waktu adsorpsi hingga waktu kesetimbangan. Kapasitas adsorpsi kesetimbangan (q<sub>e</sub>) terjadi pada waktu 210 menit dengan nilai 2,387 mg/g tanpa aktivasi; 1,896 mg/g aktivasi fisik; 2,991 mg/g aktivasi NaOH 1N dan 2,768 mg/g aktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. dan yang paling terbaik adalah adsorben yang diaktivasi dengan NaOH 1N.
4. Presentase penyisihan masa logam Pb(II) dalam limbah laboratorium kimia tertinggi menggunakan adsorben yang diaktivasi dengan NaOH 1N yang besarnya 96,57%, aktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N 86,02%, aktivasi fisik 59,21% dan tanpa aktivasi 64,98%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan salah satu bagian dari hasil penelitian usulan tahun 2015 dan pelaksanaan tahun 2016 sumber dana dari Kementerian Ristek-Dikti. Dengan SK Penelitian No: No.324 Tahun 2016 tanggal 23 Pebruari 2016. Dalam pelaksanaan dan penyelesaiannya tentunya berkat dukungan banyak pihak antara lain Unit P2M Politeknik, Jurusan Teknik Kimia, dosen, teknisi dan mahasiswa. Tak ada kata yang pantas kecuali ucapan terima kasih, juga tak lupa kepada

panitia Seminar Nasional Sain dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta Tahun 2016, semoga Allah SWT selalu memberikan yang terbaik untuk kita semua. Amin!.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahalya, N., Ramachandra, T.V., Kanamadi, R.D.2003.Biosorption of Heavy Metals. *Research Journal of Chemical and Environment*.7(4),71-79.
- Danarto, YC. 2007. Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr (VI) Dengan Adsorben Pasir Yang Dilapisi Besi Oksida. *Jurnal Ekuilibrium Vol 6 No. 2, Juli 2007*, halaman: 65-70.
- Darmansyah, Simparmin, G., Ardiana, L., Saputra, H. 2016. Mesopori MCM-41 Sebagai Adsorben: Kajian Kinetika dan Isoterm Adsorpsi Limbah Cair Tapioka. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol.11,No.1,Hlm 10-16, Juni 2016 ISSN 1412-5064.
- Draman, S.,F.,S.,Mohammad, N., Wahab,N.,H.,I, Zulkifli,N.,S.,I.,Zulkifli ,N.,S.,Bakar,A.,A.2015. Adsorption of Lead (II) ions in Aqueous Solution Using Selected Agro-Waste.*ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol.10, No.1 Januari 2015
- Hidayati,B., Sunarno, Yenti, S., R. 2012. Studi Kinetika Adsorpsi Logam Cu<sup>2+</sup> Menggunakan Zeolit Alam Teraktifasi. *Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau*.
- Ho, Y., S., McKay, G. 1998. Acomparision Of Chemosrption Kninetic Models Applied To Pollutan Removal On Various Sorbent. *Institution of Chemical Engineer Journal*. Vol 76, Part B, Nopember 1998.
- Ho, Y., S., McKay, G. 1999. Pseudo-second Order model for sorption processes. *Departement of Chemical Engineering, The Hong Kong University of Science and Technology*. Elsevier. *Process Biochemistry* 34(1999) 451-465.



- Irmawati, A., Ulfin, I. 2013. Pemanfaatan Biomasa Kulit Kacang Tanah Untuk Adsorpsi Kromium Dalam Larutan Berair Dengan Metode Kolom. Jurusan Kimia FMIPA ITS. Surabaya
- Lagergren, S. 1898. Zur theorie der sogenannten adsorption geloster stoffe. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademien. Handlingar* 1898; 24(4):1-39
- Lakherwal, D. 2014. Adsorption of Heavy Metals: A Review. *International Journal of Environmental Research and Development* ISSN 2249-3131 Volume 4, Number 1(2014), pp.41-48.
- Mattel, C., L. 1951. Adsorption. Edisi 2, McGraw-Hill, Company Inc., New York
- Oktasari, A. 2016. Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Sebagai Adsorben Pb(II). Abstrak. Perpustakaan Program Magister Strata 2 Kimia UGM.
- Sembodo, B., S. 2006. Model Kinetika Langmuir Untuk Adsorpsi Timbal Pada Abu Sekam Padi. *Jurnal Equilibrium* Vol.5 No.1, Juni 2006, halaman 28-33.
- Umaningrum, D., Santoso, U., T., Nurmasari, R., Yunus, R. 2010. Kinetika Adsorpsi Pb(II), Cd(II) dan Cr(III) Pada Adsorben Produk Pengikatan Silang Asam Humat/Kitosan. *Indo.J. Chem*, 2010,10(1),80-87.
- Zaini, H., Sami, M. 2015. Adsorpsi Logam Berat Cu (II) dalam Air Limbah dengan Sistem Kolom Menggunakan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah. Prosiding "Inovasi Teknologi Proses dan Produk Berbasis Sumber Daya Alam Indonesia". Seminar Nasional Teknik Kimia UNPAR. Bandung 19 Nopember 2015 hal 16-22.
- Zhuang, Z., Xu, L. 2014. Removal of Cadmium ion from aqueous solution using chemically modified peanut shell. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. USA 6(6): 649-653.
- Saadi, Z., Saadi, R., Fazaeli, R. 2013. Fixed-bed adsorption dynamics of Pb(II) adsorption from aqueous solution using nanostructured  $\gamma$ -alumina. *Journal of Nanostructure in Chemistry* 2013,3;48.