

# **EFISIENSI DAN KAPASITAS PENYERAPAN *FLY ASH* SEBAGAI ADSORBEN DALAM PENYISIHAN LOGAM TIMBAL (Pb) LIMBAH CAIR INDUSTRI PERCETAKAN DI KOTA PADANG**

**Reri Afrianita<sup>1)</sup>, Yommi Dewilda<sup>2)</sup> dan Rafiola Fitri<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

<sup>2)</sup>Laboratorium Buangan Padat Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

Email: reri.anita@ft.unand.ac.id

## **ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum fly ash sebagai adsorben dalam menyisihan logam timbal (Pb). Penelitian adsorpsi dilakukan secara batch dengan menggunakan larutan artifisial Pb dengan variasi diameter adsorben, berat adsorben, waktu kontak dan kecepatan pengadukan. Hasil penelitian diperoleh kondisi optimum untuk setiap variasi parameter adalah diameter adsorben 0,075-0,14 mm, berat adsorben 1 gram, pH adsorbat 4, waktu kontak 60 menit, dan kecepatan pengadukan 120 rpm. Dapat disimpulkan makin kecil adsorben, maka semakin luas permukaan aktif pada adsorben serta kecepatan pengadukan yang rendah menyebabkan kurang efektifnya tumbukan yang terjadi antar adsorben dan adsorbat.*

*Kata kunci: adsorpsi, fly ash, logam timbal (Pb), kondisi optimum.*

## **ABSTRACT**

*The aim of this research is to determine optimum condition of fly ash as the adsorbent in the removal of lead (Pb) in water. The research was conducted in a batch method by using artificial Pb with different adsorbent diameters, contact times and mixing rates. Result showed the optimum condition of adsorbent diameter was 0.075-0.14 mm with weight of 1 gram, adsorbate pH of 4, contact time of 60 minutes, and the mixing rate of 120 rpm. From this research, it can be concluded that the less of adsorbent size will lead to the larger active surface area and the slower mixing rate will cause to the less effectiveness of adsorbent and adsorbate collision in water.*

*Keywords: adsorption, fly ash, lead (Pb), optimum condition*

## PENDAHULUAN

Limbah industri percetakan memiliki potensi untuk mencemari lingkungan air dan tanah dengan cara melepaskan nitrat dan logam-logam berat (Ahmad, 2004). Limbah percetakan koran mengandung logam berat yang terdiri dari Timbal (Pb), Krom (Cr), Cobalt (Co), Mangan (Mn) dan Timah (Sn) (Setiyono, 2002). Timbal (Pb) merupakan logam berat dengan konsistensi lunak dan berwarna hitam. Logam Pb merupakan racun berat yang tidak dibutuhkan oleh manusia atau binatang. Logam berat Pb dapat meracuni tubuh manusia secara kronis (Mukono, 2006).

Industri percetakan koran yang ada di Kota Padang menghasilkan limbah padat maupun cair. Limbah percetakan koran ini tidak terukur karena selama ini belum ada upaya untuk memantau maupun mengelola limbah percetakan secara terpadu. Limbah yang dihasilkan mempunyai sifat limbah yang berbahaya dan beracun meskipun dalam jumlah yang kecil namun dampak yang ditimbulkan harus tetap diwaspadai (Bapedalda Sumbar, 2008).

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa *fly ash* dapat dijadikan sebagai adsorben dengan efisiensi yang cukup baik dalam menyisihkan logam berat Pb. *Fly ash* merupakan bagian dari abu dengan ukuran kecil dengan diameter rata-rata 2-20  $\mu\text{m}$ . Karakteristik *fly ash* berbentuk bola, tidak tembus cahaya/buram, dengan luas permukaan 1  $\text{m}^2/\text{g}$ . Permeabilitas *fly ash* adalah  $1.10^6$  hingga  $8.10^4$   $\text{cm}/\text{sec}$ . Berat jenis *fly ash* bervariasi sesuai dengan kompaksi. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075mm. Kerapatan abu terbang berkisar antara 2100 sampai 3000  $\text{kg}/\text{m}^3$  dan

luas area spesifiknya (diukur berdasarkan metode permeabilitas udara *Blaine*) antara 170 sampai 1000  $\text{m}^2/\text{kg}$ .

Komposisi kimia *fly ash* terdiri dari Si, Al, Fe, Ca, C, Mg, K, Na, S, Ti, P dan Mn. (Miller, 1992). Sekitar 95-99 % dari *fly ash* terdiri dari Si, Al, Fe, dan Ca. Sekitar 0,5-3,5 % terdiri dari Na, P, K, dan S (Gatima, 2005). Unsur utama pembentuk *fly ash* adalah  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{CaO}$  (Miller, 1992). Rumus empiris untuk *fly ash* adalah  $\text{Si}_{1.0} \text{Al}_{0.45} \text{Ca}_{0.51} \text{Na}_{0.047} \text{Fe}_{0.039} \text{Mg}_{0.020} \text{K}_{0.013} \text{Ti}_{0.011}$  (Putri, 2008).

Karakteristik kimia *fly ash* dipengaruhi oleh karakteristik batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan sub-bituminous menghasilkan *fly ash* dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminous. Namun, memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada bituminous. Kandungan karbon dalam *fly ash* diukur dengan menggunakan *Loss On Ignition Method* (LOI).

Berdasarkan ASTM C618 dalam wikipedia 2009 komposisi *fly ash* diklasifikasikan menjadi 2 kelas, yaitu kelas F dan kelas C. *Fly ash* kelas F diproduksi dari pembakaran batubara antrasit dan bituminous (Chu *et. al.*, dalam Anonymous 2009). Sedangkan kelas C berasal dari pembakaran batubara lignit dan Sub-bituminous dengan kandungan yang signifikan adalah kalsium hidroksida ( $\text{CaO}$ ) (Cockrell *et. al.*, dalam Anonymous, 2009).

Saat ini umumnya abu terbang batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu, abu terbang batubara memiliki berbagai

kegunaan yang amat beragam (Wang & Wu, 2006):

1. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan;
2. Penimbun lahan bekas pertambangan;
3. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori;
4. Bahan penggosok (*polisher*);
5. Filler aspal, plastik, dan kertas;
6. Pengganti dan bahan baku semen;
7. Aditif dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*);
8. Konversi menjadi zeolit dan adsorben.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai adsorben untuk menyisihkan logam Timbal (Pb) melalui mekanisme adsorpsi secara *batch*. Percobaan dilakukan untuk menentukan kondisi optimum pada variasi diameter adsorben, pH larutan adsorbat, berat adsorben, konsentrasi larutan adsorbat, kecepatan pengadukan dan waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan dan kapasitas penyerapan logam Pb dalam sampel limbah percetakan.

### Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi studi literatur, persiapan percobaan penelitian, percobaan optimasi menggunakan larutan artifisial. Selanjutnya menentukan efisiensi penyisihan logam Pb dalam sampel limbah percetakan dengan *fly ash*.

Studi literatur memberikan informasi dan teori yang berkaitan dengan penelitian. Studi literatur laporan ini dikaji tentang limbah cair, karakteristik, sumber dan dampak limbah cair, limbah percetakan, baku mutu limbah percetakan, logam Pb, dampak

negatif logam Pb, adsorpsi, dan penjelasan *fly ash* sebagai adsorben.

Studi pendahuluan ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi logam Pb pada sampel limbah percetakan Koran X, Kota Padang.

## Persiapan Penelitian

### a. Persiapan adsorben *fly ash*

- *Fly ash* yang akan digunakan sebagai adsorben dikumpulkan dari hasil proses pembakaran batubara jenis sub-bituminous dengan klasifikasi *fly ash* kelas C;
- *Fly ash* yang sudah kering, diayak menggunakan *sieve shaker* untuk mendapatkan variasi diameter. Serbuk inilah yang selanjutnya akan digunakan sebagai adsorben.

### b. Persiapan peralatan

Peralatan penelitian meliputi alat neraca analitik, *jar test*, *beaker glass* 600 mL, labu ukur, gelas ukur 100 ml, corong, statip, dan kertas saring yang berguna untuk memisahkan cairan dengan adsorbennya serta botol sampel yang tertutup untuk menampung larutan yang akan diukur dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) merek Rayleigh rey x, wfx 320, 2008.

### Data Optimasi

Data kondisi optimum didapatkan dari penelitian Fitri (2010), seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1** Rekapitulasi Kondisi Optimum pada Percobaan Optimasi

Diameter Adsoben (mm)	Berat Adsorben (g)	pH Adsorbat	Waktu Kontak (menit)	Kecepatan Pengadukan (rpm)
(0,075-0,140)	1	4	60	120

### Percobaan dengan Menggunakan Sampel Limbah Percetakan (Percobaan Aplikasi)

Percobaan aplikasi (menggunakan sampel limbah percetakan) dilakukan dengan proses yang dimulai dari sampling limbah percetakan, analisis sampel, dan dilanjutkan pada proses adsorpsi logam Pb pada limbah percetakan menggunakan *fly ash*.

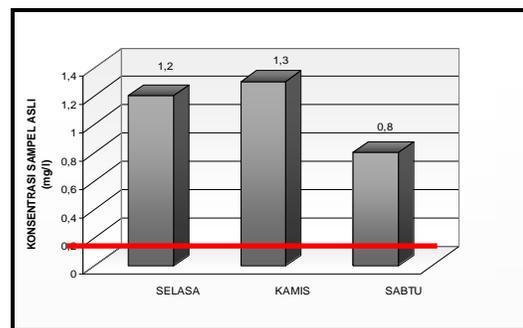
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Konsentrasi Limbah Cair Percetakan Koran X

Tabel 2. memperlihatkan hasil analisis karakteristik sampel limbah cair percetakan koran X, Kota Padang. Kadar logam berat tertinggi pada Percetakan X secara berurutan adalah logam Mn, Cr, Pb, Sn, yang kemudian diikuti oleh Co (Sari. P.R, 2010). Studi pendahuluan dilakukan untuk mengetahui konsentrasi logam timbal (Pb) tertinggi pada sampel limbah percetakan X, Kota Padang. Gambar 1 memperlihatkan perbandingan nilai konsentrasi logam Pb dengan nilai baku mutu menurut KepmenLH No.51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri.

**Tabel 2** Perbandingan Parameter Konsentrasi Pencemar Limbah Cair Percetakan Koran X dengan Baku Mutu

No	Parameter	Satuan (mg/L)	Sampel Limbah	Baku Mutu
1	Timbal (Pb)	mg/L	1,21	0,10
2	Kromium (Cr)	mg/L	1,42	0,50
3	Cobalt (Co)	mg/L	0,50	0,40
4	Mangan (Mn)	mg/L	1,72	2,00
5	Timah (Sn)	mg/L	1,02	0,10



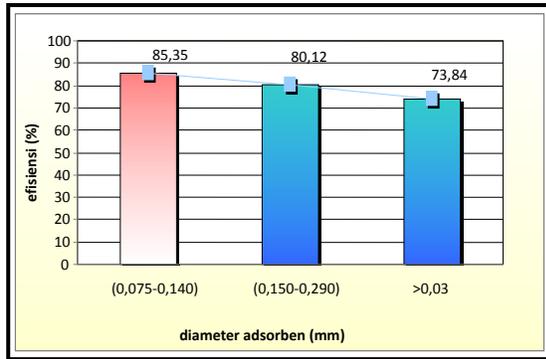
**Gambar 1** Perbandingan Konsentrasi Logam Pb dalam Sampel dengan Baku Mutu

Ket: — adalah nilai baku mutu menurut KepmenLH no.51 Tahun 1995 untuk konsentrasi logam timbal (Pb) sebesar 0,1 mg/l.

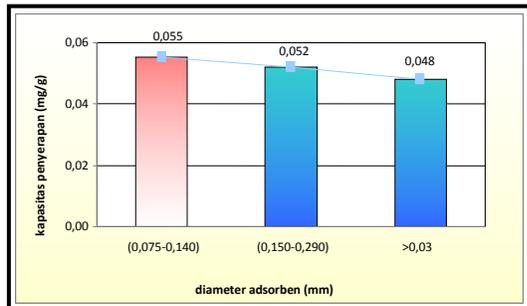
### Efisiensi dan Kapasitas Pada Diameter Adsorben Optimum

Pada Gambar 2 terlihat bahwa untuk variasi diameter >0,3 mm terjadi penurunan konsentrasi dengan efisiensi 73,84%. Untuk diameter 0,15-0,29 mm penyisihan yang terbentuk berada pada efisiensi 80,12%. Efisiensi terbesar dari variasi ini terlihat pada diameter 0,075-0,14 mm yaitu dengan nilai efisiensi 85,35%.

Gambar 3 menunjukkan bahwa untuk diameter >0,3 mm, kapasitas penyerapan bernilai 0,048 mg/g. Ini menunjukkan bahwa pada setiap gram adsorben (*fly ash*) dapat menyerap 0,048 mg logam Pb. Untuk diameter 0,15-0,29 mm, kemampuan adsorben menyerap logam Pb adalah sebesar 0,052 mg/g. Kapasitas penyerapan yang paling besar berada pada diameter terkecil 0,075-0,15 mm yaitu 0,055 mg/g sehingga diameter ini sekaligus digunakan sebagai diameter terbaik dimana akan digunakan untuk percobaan berikutnya. Diameter 0,075-0,15 mm merupakan diameter terbaik dari ketiga variasi diameter dalam penelitian ini sesuai dengan ketersediaan alat yang ada dan dilihat dari efisiensi penyisihannya yang cukup tinggi.



**Gambar 2** Efisiensi Penyisihan Logam Pb untuk Variasi Diameter Adsorben



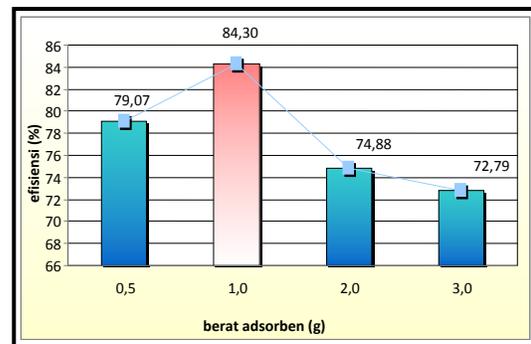
**Gambar 3** Perbandingan Kapasitas Penyerapan Logam Pb untuk Variasi Diameter Adsorben

Kapasitas penyerapan pada proses adsorpsi tergantung area permukaan yang tersedia untuk interaksi antara larutan dengan permukaan. Dengan kata lain penyerapan dari material yang mempunyai ukuran partikel lebih kecil dapat mengadsorpsi substansi lebih banyak bila dibandingkan dengan partikel berukuran lebih besar (Munaf, 1997 dalam Sasmita, 2007).

Dari hasil di atas, dapat dikatakan bahwa material yang memiliki diameter yang lebih kecil mempunyai tingkat penyerapan lebih besar dibandingkan dengan diameter adsorben yang lebih besar. Hal ini menyangkut luas area permukaan adsorben yang tersedia untuk dapat berinteraksi dengan substansi yang terdapat pada larutan.

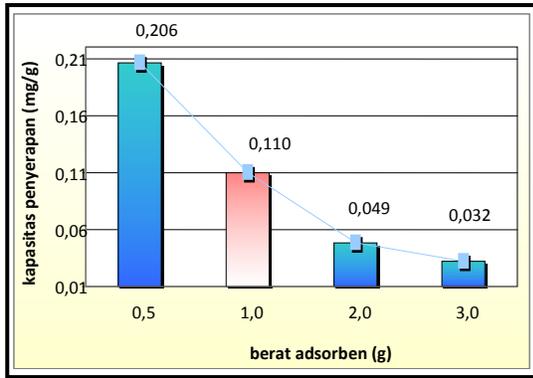
## Efisiensi dan Kapasitas Pada Berat Adsorben Optimum

Pada Gambar 4 terlihat efisiensi untuk masing-masing variasi berat adsorben. Untuk berat adsorben terkecil yaitu 0,5 g, efisiensi penyisihan bernilai 79,07%. Efisiensi penyisihan langsung meningkat pada berat adsorben 1 g yaitu sebesar 84,30%. Tingginya efisiensi ini menunjukkan kerja adsorben yang lebih baik pada berat tersebut. Efisiensi mulai menurun yaitu untuk berat adsorben 2 g dan 3 g masing-masing 74,88% dan 72,79%.



**Gambar 4** Efisiensi Penyisihan Logam Timbal (Pb) untuk Variasi Berat Adsorben

Gambar 5 menunjukkan besarnya kapasitas penyerapan logam Pb yang terjadi pada masing-masing variasi berat adsorben. Dalam volume 100 ml larutan, berat adsorben 1 g dapat menyerap logam Pb sebesar 0,11 mg/g. Penyerapan logam Pb selanjutnya terjadi sebesar 0,103 mg/g untuk berat adsorben 0,5 g. Pada variasi 2 g berat adsorben, kapasitas mulai menurun hingga ke titik 0,049 mg/g. Sama halnya dengan berat adsorben 3 g, adsorben memiliki kapasitas penyerapan yang menurun hingga ke titik 0,032 mg/g.



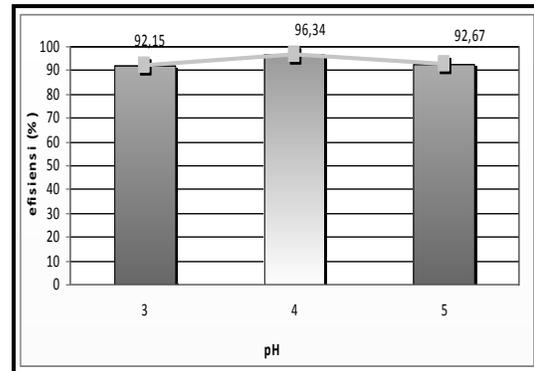
**Gambar 5** Perbandingan Kapasitas Penyerapan Logam Timbal (Pb) untuk Variasi Berat Adsorben

Dengan berat adsorben 0,5 g, kapasitas penyerapan tinggi namun efisiensi penyisihannya tidak lebih baik dari berat adsorben 1 g. Dengan berat adsorben 1 g, kapasitas penyerapan yang terjadi efektif dan efisiensi penyisihan cukup tinggi. Ini merupakan kondisi ideal bagi adsorben *fly ash* untuk dapat menyerap adsorbat yang ada pada volume kerja 100 ml. Untuk jumlah adsorben yang lebih besar lagi yaitu 2 g dan 3 g, dengan volume yang sama, ternyata menyebabkan terjadinya penggumpalan adsorben sehingga permukaan adsorben tidak seluruhnya terbuka. Hal ini menyebabkan berkurangnya luas permukaan aktif dari adsorben sehingga proses penyerapan tidak efektif yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas penyerapan. Pada proses yang spesifik, semakin rendah jumlah atau dosis (% b/v) adsorben yang digunakan maka semakin besar kemampuan penyisihannya (Ahalya, *et al*, 2005).

**Efisiensi dan Kapasitas Pada pH Optimum**

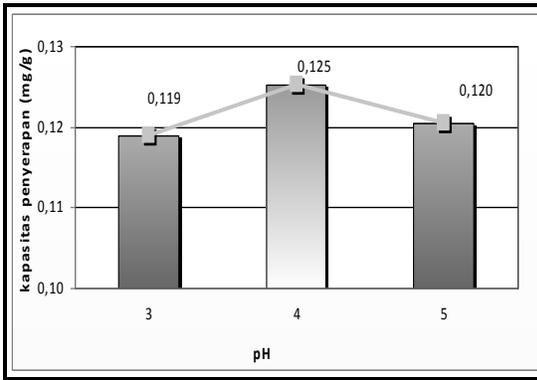
Untuk efisiensi masing-masing variasi, pH 3 memiliki nilai efisiensi yaitu 92,15%. Selanjutnya terjadi peningkatan pada pH 4 yang bernilai 96,34%. Pada pH 5 nilai efisiensi menurun menjadi sebesar 92,67%.

Efisiensi penyisihan logam timbal (Pb) untuk semua variasi pH diatas dapat dilihat pada Gambar 6



**Gambar 6** Efisiensi Penyisihan Logam Timbal (Pb) untuk Variasi pH Adsorbat

Untuk kapasitas penyerapan dapat dilihat pada Gambar 7 dimana terlihat jelas bahwa nilai terbesar terdapat pada pH 4 dengan kapasitas penyerapan 0,119 mg/g. Nilai kapasitas penyerapan pada pH 3 sebesar 0,125 mg/g dan pH 5 dengan kapasitas penyerapan 0,12 mg/g. Dari ketiga grafik yang ada, maka didapat pH optimum adsorbat yaitu pH 4 yang memiliki efisiensi tertinggi dan kapasitas penyerapan yang tinggi pula. Hal ini disebabkan karena pada pH yang terlalu rendah ( $pH < 4$ ) justru mengakibatkan permukaan adsorben dikelilingi oleh ion hidronium ( $H_3O^+$ ) dan menghalangi ion logam untuk mencapai permukaan adsorben. Sedangkan pada pH yang semakin meningkat ( $pH > 4$ ), gaya elektrostatis dari tarik menarik antara muatan adsorben dan adsorbat yang berlawanan semakin melemah, dan akhirnya mengurangi kapasitas penyerapan (Aluyor and Badmus, 2008).

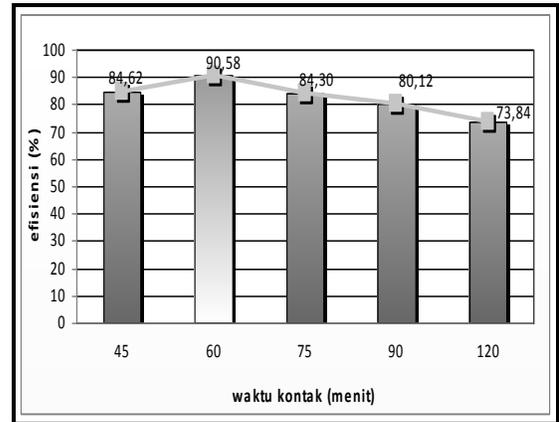


**Gambar 7** Perbandingan Kapasitas Penyerapan Logam Pb untuk Variasi pH Adsorbat

Adanya perubahan efisiensi pada variasi pH merupakan peran ion-ion  $H^+$  dan  $OH^-$ . pH adsorbat mempengaruhi gaya elektrostatis ion untuk berhubungan dengan gugus fungsi pada adsorben (Bai and Abraham, 2001). Pada pH rendah, anion akan muncul ke permukaan yang disebabkan banyaknya hadir ion  $H^+$  pada permukaan adsorben. Hal ini akan mengganggu penyerapan adsorbat. Rendahnya efisiensi penyisihan pada pH rendah disebabkan karena kekuatan ion yang tinggi yang akan menyebabkan menurunnya ikatan dari kation ke biomassa (Waranusantigul, 2003).

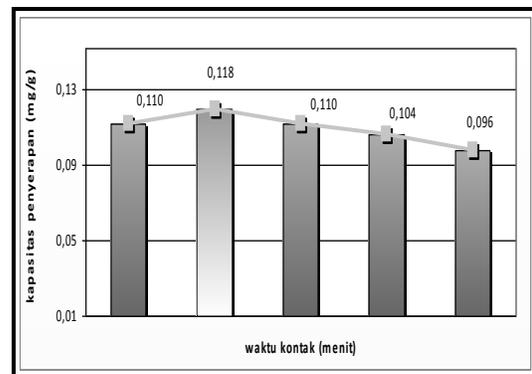
### Efisiensi dan Kapasitas Pada Kontak Optimum

Efisiensi penyisihan logam Pb pada variasi waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 8. Pada grafik terlihat bahwa efisiensi penyisihan dari masing-masing variasi sangat besar yaitu di atas 70%. Untuk waktu kontak 45 menit efisiensi penyisihan yang diperoleh sebesar 84,30%. Efisiensi meningkat pada waktu kontak 60 menit yaitu 90,58%. Selanjutnya efisiensi penyisihan menurun untuk waktu kontak 75 menit, 90 menit dan 120 menit yaitu sebesar 84,30%, 80,12% dan 73,84%. Dari grafik terlihat jelas bahwa kondisi optimum untuk variasi waktu kontak terletak pada waktu 60 menit.



**Gambar 8** Efisiensi Penyisihan Logam Pb untuk Variasi Waktu Kontak

Pada Gambar 9 dapat dilihat kapasitas penyerapan dari masing-masing variasi. Untuk waktu pengadukan 45 menit, *fly ash* dapat menyerap 0,11 mg/g. Kapasitas penyerapan naik pada waktu kontak 60 menit sebesar 0,118 mg/g dan selanjutnya kapasitas penyerapan mulai menurun yaitu pada waktu 75 menit, 90 menit dan 120 menit masing-masing sebesar 0,11 mg/g, 0,104 mg/g dan 0,096 mg/g. Kapasitas penyerapan paling besar terjadi pada waktu kontak 60 menit dan paling kecil terdapat pada waktu kontak 120 menit.



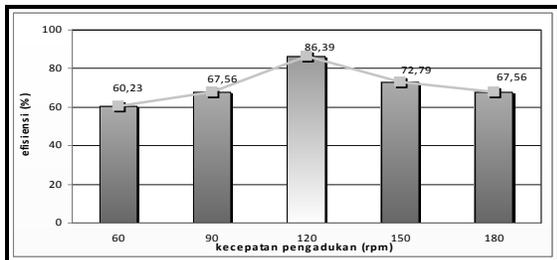
**Gambar 9** Perbandingan Kapasitas Penyerapan Logam Pb untuk Variasi Waktu Kontak

Pada 45 menit pertama, penyerapan yang terjadi oleh adsorben belum terlalu banyak, kapasitas penyerapan meningkat hingga pada waktu kontak 60 menit. Kerja adsorpsi berjalan dengan efektif, hal ini terlihat dari

efisiensi dan kapasitas penyerapan yang tinggi. Bisa dikatakan bahwa penyerapan bagi adsorben dengan volume kerja 100 ml adsorbat telah mencapai titik jenuh pada waktu 60 menit. Setelah menit ke-60, adsorben masih tetap bisa mereduksi logam timbal (Pb), namun kapasitas penyerapannya mulai menurun, ini disebabkan karena kondisi jenuh yang telah dicapai sebelumnya dimana hampir seluruh permukaan adsorben telah tertutup oleh partikel adsorbat yang ada.

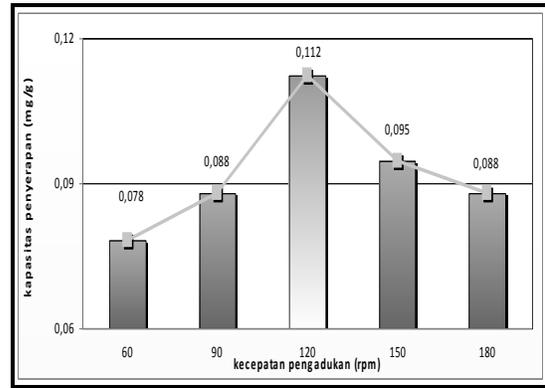
**Efisiensi dan Kapasitas Pada Pengadukan Optimum**

Gambar 10 menunjukkan grafik efisiensi penyisihan logam timbal (Pb) menurut kecepatan pengadukan yang divariasikan. Terlihat bahwa pada kecepatan pengadukan 60 rpm dan 90 rpm terjadi kenaikan efisiensi secara bertahap yaitu 60,23% dan 67,56%. Pada kecepatan 120 rpm efisiensi meningkat tinggi hingga titik 86,39%. Pada kecepatan 150 rpm dan 180 rpm, efisiensi yang didapat kembali menurun hingga titik 72,79% dan 67,56%.



**Gambar 10** Efisiensi Penyisihan Logam Pb untuk Variasi Kecepatan Pengadukan

Dari dua grafik sebelumnya, didapat kecepatan pengadukan optimum pada 120 rpm, hal ini juga diperkuat dengan kapasitas penyerapan seperti terlihat pada Gambar 11.



**Gambar 11** Perbandingan Kapasitas Penyerapan Logam Pb untuk Variasi Kecepatan Pengadukan

Dari grafik terlihat perbandingan masing-masing variasi dimana kapasitas untuk kecepatan pengadukan 60 rpm, 90 rpm, 150 rpm, dan 180 rpm berada pada titik yang berdekatan dengan nilai kapasitas penyerapan secara berurutan 0,078 mg/g, 0,088 mg/g, 0,095 mg/g, dan 0,088 mg/g. Sedangkan untuk kecepatan pengadukan 120 rpm, kapasitas penyerapan yang dihasilkan jauh di atas rata-rata variasi sebelumnya yaitu 0,112 mg/g.

Kecepatan pengadukan menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Pada kecepatan lambat, maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula. Kecepatan pengadukan yang rendah menyebabkan kurang efektifnya tumbukan yang terjadi antar adsorben dengan adsorbat sehingga daya serap yang ada bernilai kecil. Kecepatan 120 rpm telah efektif mewakili kecepatan optimum karena dengan kecepatan tersebut pergerakan partikel yang ada menjadi efektif sehingga adsorben dapat menyerap adsorbat yang lebih banyak. Untuk kondisi sebaliknya dengan kecepatan pengadukan yang terlalu cepat, maka kemungkinan yang terjadi struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal (Alimatun dalam Mulyatna, 2003). Adsorbat yang telah menempel dan

membentuk flok nantinya akan kembali pecah karena besarnya kecepatan yang ada.

### Percobaan pada Sampel Asli

Kondisi optimum yang didapat pada percobaan optimasi dengan larutan artifisial dikondisikan pada sampel asli. Dengan diameter terkecil yang ada 0,075-0,014 mm, berat adsorben 1 g, pH 4, waktu kontak 60 menit, dan kecepatan pengadukan 120 rpm maka didapat efisiensi penurunan konsentrasi logam timbal (Pb) sebesar 79,23%. Hasil perlakuan terhadap sampel asli dengan kondisi optimum dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3** Perlakuan Terhadap Sampel dengan Kondisi Optimum

Sampel Asli	Cin (mg/l)	Cout (mg/l)	Efisiensi (%)	Kapasitas Penyerapan (mg/g)
Logam Pb	1,3	0,27	79,23	0,103

Dari Tabel 4 di atas dapat dijelaskan bahwa untuk limbah percetakan koran X Kota Padang, konsentrasi logam Pb mengalami penurunan yaitu dari 1,3 mg/l menjadi 0,27 mg/l. Pada sampel asli efisiensi penyisihan sebesar 79,23% dan kemampuan adsorben dalam menyerap logam timbal dengan kapasitas penyerapan sebesar 0,103 mg/g. Bila dibandingkan antara sampel asli dengan larutan artifisial pada penentuan kecepatan pengadukan optimum dimana sudah mewakili kondisi optimum untuk seluruh variasi, persentase penyisihan yang dihasilkan oleh sampel asli lebih kecil dari pada efisiensi penyisihan untuk sampel larutan artifisial. Pada penentuan kecepatan pengadukan optimum menggunakan larutan artifisial efisiensi penyisihan sebesar 86,39% dan kapasitas penyerapan sebesar 0,112 mg/g.

Dalam proses adsorpsi, ukuran partikel dan kontaminan sangat berpengaruh terhadap kemampuan penyisihan. Besarnya nilai pencemar logam berat lain yang terdapat pada sampel asli, dengan ukuran partikel yang berbeda-beda dapat menutupi pori-pori pada adsorben sehingga luas permukaan adsorben semakin kecil (Watson dalam Somerville, 2007). Hal ini yang mengakibatkan kapasitas penyerapan logam timbal (Pb) menurun. Selektivitas media penyerap dalam menyisihkan polutan akan menurun dalam pengadukan jika terdapat banyak komponen yang ingin disisihkan. Untuk sampel artifisial, polutan yang akan disisihkan hanya berupa logam timbal (Pb) saja, sementara untuk sampel asli banyak kandungan yang terdapat di dalamnya seperti kandungan logam berat crom (Cr), mangan (Mn), cobalt (Co), dan timah (Sn) (Sari, K., 2010). Tingginya tingkat selektivitas atau adanya efek kompetisi yang besar menyebabkan menurunnya tingkat penyerapan logam timbal (Pb). Besarnya kapasitas penyerapan ion logam Pb pada sampel masih cukup tinggi sehingga dapat dikatakan penyerapan ion logam Pb dengan adsorben *fly ash* masih memberikan hasil yang baik dalam proses adsorpsi. Hal ini diperkirakan terjadi akibat adanya pengaruh selektivitas ion. Perbedaan kemampuan penyerapan ion dalam air akibat selektivitas ion terhadap media adsorben, dapat diurutkan sebagai berikut:

$$\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+} > \text{NH}_4^{+} > \text{H}^{+} > \text{Li}^{+}$$

Sesuai dengan urutan selektivitas ion di atas, maka penyerapan *fly ash* terhadap logam Pb dalam sampel menyebabkan ion logam Pb lebih kuat teradsorp dari pada ion terlarut lainnya. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa ion logam Pb lebih banyak terserap

pada permukaan adsorben akibat kemampuan penyerapan ion logam Pb lebih besar dibandingkan ion terlarut lainnya dalam air terhadap media adsorben.

## SIMPULAN

Untuk sampel asli nilai efisiensi penyisihan logam timbal (Pb) pada konsentrasi 1,3 mg/l mencapai 79,23 % dengan kapasitas penyerapan sebesar 0,103 mg logam timbal (Pb)/g serbuk *fly ash* batubara, persentase penyisihan yang dihasilkan oleh sampel asli lebih kecil dari pada efisiensi penyisihan untuk sampel larutan artifisial

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahayla et al. 2005. *Biosorption of Chromium (VI) from aqueous solution by the husk of Bengal gam (Cicer arietinum)*. Electronic Journal of biotechnology. Vol 8, No. 3.
- Ahmad et al. 2004. *Adsorption of residual oil from palm oil mill effluent using rubber powder*. Vol. 22, No. 03, pp. 371 - 379, July - September, 2005 ISSN 0104-6632 Brazilian Journal of Chemical Engineering.
- Aluyor and Badmus. 2008. *COD removal from industrial wastewater using activated carbon prepared from animal horns*. Department of Chemical Engineering. Universitas of Benin, Benin City; Nigeria.
- Anonymous. 2009. <http://www.chem-is-try.org/materi-kimia>.
- Bapedalwil. 2000. *Laporan Pemantauan Kualitas Lingkungan Tahun 2000. Bidang Pencemaran Lingkungan Hidup*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Wilayah I Sumatera.
- Gatima, E. et al. 2005. *Assessment of Pulverised Fly Ash (PFA) as an Ameliorant of Lead Contaminated Soils*. Journal School of Biological Sciences, Plant and Soil Science, University of Aberdeen.
- <http://www.scipub.org/fulltext/ajes/ajes13230-238.pdf>. Akses: 21 Maret 2009.
- Mukono, H.J. 2006. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Jurnal Kesehatan Lingkungan. Jil 2, No.2. Hal 129-142.
- Mulyatna, L. dkk. 2003. *Pemilihan Persamaan Adsorpsi Isoterm Pada Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kulit Kacang Tanah Terhadap Zat Warna Remazol Golden Yellow 6*. Jurnal Infomatek, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik: Universitas Pasundan.
- Sari, K. 2010. *Penyebaran Limbah Pada Percetakan Koran Di Kota Padang*. Tesis Progam Pasca Sarjana. Universitas andalas: Padang.
- Sari, P.R. 2010. *Chemical Oxygen Demand (COD) dengan Menggunakan Fly Ash sebagai Adsorben*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas andalas. Padang.
- Setiyono. 2002. *Sistem Pengelolaan Limbah B-3 di Indonesia. Kelompok Teknologi Air Bersih dan Limbah Cair*, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (P3TL), Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Mineral dan Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Somerville, R. 2007. *Low-Cost Adsorption Materials For Removal Of Metals From Contaminated Water*. TRITA-LWR Master Thesis. KTH Architecture and the Built Environment. ISSN 1651-064X. LWR-EX-07-02.
- Sutamiharja, R.T.M., Adnan, K., Sanusi, H.S. 1982. *Perairan Teluk Jakarta Ditinjau dari Tingkat Pencemarannya*. Fakultas Pascasarjana IPB. Bogor.