

# PEMANFAATAN *FLY ASH* BATU BARA SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT ION $Pb^{2+}$ YANG TERLARUT DALAM AIR

Ananda Fauzan<sup>1)</sup>, Aman<sup>2)</sup>, Drastinawati<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, <sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru Kode Pos 28293  
E-mail: [anandafauzan89@gmail.com](mailto:anandafauzan89@gmail.com)

## ABSTRACT

*Utilization of coal into an energy source, resulting in another effectare pollution, such as fly ash generated from burning coal. For that, we need an alternative to overcome this problem is by using fly ash as an adsorbent to adsorb heavy metals lead ( $Pb^{2+}$ ) are dissolved in water through adsorption process. This study aimed to calculate the amount of adsorbate ( $Pb^{2+}$ ) are adsorbed by the fly ash with mevariasikan adsorbate concentration ( $Pb^{2+}$ ) and stirring speed to determine the equilibrium models. The use of fly ash adsorption of 1 g, the sample solution ( $Pb^{2+}$ ) on the variation of the concentration of 3, 7, 11 mg/l and variation of stirring speed of 100 rpm and 130 rpm. Solution ( $Pb^{2+}$ ) have been obtained and analyzed using AAS, diketahui that the higher the stirring speed jerap capacity fly ash adsorbent ( $Q_e$ ) so that the smaller the amount of adsorbate ( $Pb$ ) are adsorbed on the wane. In the stirring speed of 100 rpm and 130 rpm  $Q_e$  value is 0.585 mg/g and 0.55 mg/g. Mechanisms of  $Pb$  adsorption by fly ash is dominated by the Freundlich isotherm models that represent physical adsorption, where  $Pb$  adsorbed by the active site of the fly ash with the influence of the van der walls.*

**Keyword :** Fly ash, Adsorbate ( $Pb^{2+}$ )

## 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan batu bara sebagai sumber energi telah banyak mendatangkan keuntungan dan merupakan produk energi industri seperti pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di Indonesia. Konsumsi batu bara di Indonesia mencapai 36 juta ton yang umumnya digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan menghasilkan sekitar 11,5 juta ton *fly ash* pada tahun 2004 (Badan Pusat Statistik, 2004).

Hasil analisis kandungan mineral menunjukkan bahwa *fly ash* mengandung oksida-oksida logam termasuk logam-logam berat dalam jumlah kecil. Oksida utama dari *fly ash* batu bara adalah silika ( $SiO_2$ ), alumina ( $Al_2O_3$ ) dan besi ( $Fe_2O_3$ ). Keberadaan komponen silika dan alumina memungkinkan *fly ash* untuk dapat disintesis menjadi material yang

strukturnya mirip dengan zeolit atau dikenal dengan *zeolite like material* (ZLM). Struktur zeolit yang berpori merupakan sifat yang dapat dimanfaatkan sebagai material adsorben suatu bahan pencemar yang dikeluarkan dari suatu industri.

Besarnya kandungan logam timbal ( $Pb^{2+}$ ) 1,67 mg/L di Sungai Siak Riau sangat mengkhawatirkan dengan adanya aktivitas masyarakat. Sedangkan baku mutu air yang disetujui adalah 0,03 mg/L (BLH kota Pekanbaru, 2010). Salah satu cara mengurangi kandungan  $Pb^{2+}$  adalah pemanfaatan *fly ash* dari batu bara sebagai adsorben logam berat  $Pb^{2+}$  dari air Sungai Siak.

Penggunaan *fly ash* telah banyak dilakukan beberapa penelitian. Afrianita dkk (2012) telah melakukan penelitian penentuan kondisi optimum *fly ash* sebagai adsorben dalam menyisihkan logam berat timbal ( $Pb^{2+}$ ). Hasil penelitian

diperoleh kondisi umum untuk setiap variasi parameter adalah diameter adsorben 0,075-14 mm, berat adsorben 1 gr dengan pH 4, waktu kontak 60 menit dan kecepatan pengadukan 120 rpm. Semakin kecil adsorben maka semakin luas permukaan aktif adsorben.

Selain itu, Mufrodi dkk (2010) telah meneliti modifikasi limbah *fly ash* sebagai material baru adsorben. Hasil penelitian diperoleh sampel abu dapat dikelompokkan menjadi zeolit seperti materi (ZLM). Luas permukaan hasil analisis spesifik sifat fisikokimia menunjukkan peningkatan 4,975 m<sup>2</sup>/gr menjadi 45,716 m<sup>2</sup>/gr diikuti dengan pembentukan pori-pori dalam kisaran mesopori.

Berbagai jenis zeolit telah berhasil disintesis dari *fly ash* batubara, diantaranya Zhang et.al. (2007) telah meneliti sintesis *fly ash* dengan dekomposisi menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada berbagai konsentrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ZLM yang terbentuk dapat digunakan untuk material adsorben senyawa ammonium dan fosfat dari air buangan.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses adsorpsi dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai adsorben dalam penjerapan logam ion timbal yang terlarut dalam air dengan memvariasikan konsentrasi ion Pb<sup>2+</sup> (3 mg/l, 7 mg/l dan 11 mg/l) dengan kecepatan pengadukan 100 dan 130 rpm.

## 2. Bahan dan Alat

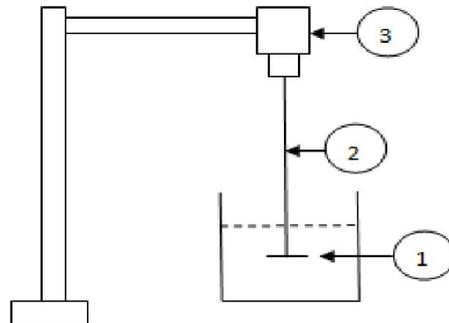
### Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Timbal Nitrat (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) (Merek, Germany), Aquades dan *fly ash*.

### Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah labu ukur, botol sampel, motor dan pengaduk, pipet volume, kertas saring, corong, *breaker glass*, *stopwatch*.

Rangkaian alat untuk proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** Rangkaian Alat Proses Adsorpsi secara *Batch*

Keterangan:

1. Larutan Sampel (Pb<sup>2+</sup>)
2. Batang Pengaduk
3. Motor

### Pembuatan Larutan Logam Timbal (Pb<sup>2+</sup>)

Timbal Nitrat (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) ditimbang sebanyak 0,16 gram dilarutkan dengan aquades dalam *beaker glass*, lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml sehingga diperoleh larutan Pb<sup>2+</sup> dengan konsentrasi 100 mg/l dengan menambahkan aquades sampai tepat tanda batas. Lalu larutan tersebut dianalisa terlebih dahulu menggunakan Atomic Absorption Spectrometer (AAS) dengan panjang gelombang (λ) 217 nm (Varian, English) untuk mengetahui kadar Pb<sup>2+</sup> sebenarnya.

### Metode Pembuatan Adsorben

Adsorben *fly ash* ditimbang sebanyak 100 gram lalu dicuci dengan menggunakan aquades lalu di oven selama 3 jam pada temperatur 110 °C

### Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilaksanakan dengan mengambil larutan sampel Pb<sup>2+</sup> yang divariasikan konsentrasinya menjadi 3 mg/l, 7 mg/l dan 11 mg/l sebanyak 500 ml dengan cara pengenceran. Di dalam *beaker glass* 500 ml kemudian ditambahkan *fly*

ash 1 gram lalu diaduk dengan motor pengaduk dengan variasi kecepatan 100 rpm dan 130 rpm dimana waktu pengambilan sampel dilakukan dengan selang waktu 20 menit selama 1 jam. Sampel larutan diambil menggunakan pipet volume sebanyak 30 ml lalu disaring dan dimasukkan ke botol sampel. Suhu yang digunakan adalah suhu kamar 30 °C.

### Pengujian Model Kesetimbangan Adsorpsi

Dalam penelitian ini, analisa data menggunakan persamaan garis lurus dari tiga model kesetimbangan adsorpsi dan kapasitas panas adsorpsi yaitu:

#### Model Freundlich

$$Q_e = K_F C_e^{1/n}$$

Bentuk lain diperoleh sebagai persamaan garis lurus yaitu:

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } K_F + \frac{1}{n} \text{Log } C_e$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ Y = & B & + & A X \end{array}$$

Dimana,  $Q_e$  adalah jumlah adsorbat yang terjerap/berat adsorben (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi adsorbat dalam larutan (mg/L),  $K_F$  adalah konstanta Freundlich,  $n$  adalah parameter untuk intensitas dari adsorpsi. Nilai  $1/n$  berkisar antara 0,1 s/d 1,0 sedangkan nilai  $n$  berkisar dari 1 s/d 10 berdasarkan kondisi adsorpsi. Dari persamaan garis lurus diatas akan terbentuk grafik log  $Q_e$  VS log  $C_e$  dan diperoleh slope (A) =  $1/n$  serta intersep (B) = log  $K_F$ .

#### Model Langmuir

$$Q_e = \frac{Q_m K_l C_e}{1 + K_l C_e}$$

Disusun ulang sebagai persamaan garis lurus:

$$\begin{array}{ccc} \frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_m K_l} \cdot \frac{1}{C_e} + \frac{1}{Q_m} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \end{array}$$

$$Y = A \cdot X + B$$

Dimana,  $Q_e$  adalah jumlah zat terlarut (adsorbat) yang diserap per unit berat adsorben (mg/g),  $C_e$  adalah konsentrasi kesetimbangan dari adsorbat (mg/L),  $Q_m$  adalah kapasitas jerap maksimum adsorben terhadap adsorbat (mg/g) dan  $K_L$  adalah konstanta dari adsorpsi. Dari persamaan garis lurus diatas akan terbentuk grafik  $1/Q_e$  VS  $1/C_e$  dan diperoleh slope (A) =  $1/Q_m \cdot K_L$  serta intersep (B) =  $1/Q_m$

#### Model Brunauer, Emmett dan Teller (BET)

$$Q_e = \frac{Q_m K \frac{C_e}{C_o}}{\left(1 - \frac{C_e}{C_o}\right) \left[1 + (K-1) \frac{C_e}{C_o}\right]}$$

Bentuk persamaan garis lurus yang diperoleh adalah:

$$\begin{array}{ccc} \frac{\frac{C_e}{C_o}}{Q_e \left(1 - \frac{C_e}{C_o}\right)} = \frac{1}{Q_m K} + \frac{K-1}{Q_m K} \frac{C_e}{C_o} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ Y = & B & + & A X \end{array}$$

Dimana,  $Q_e$  adalah jumlah adsorbat yang terjerap pada permukaan adsorben pada kondisi kesetimbangan (mg/g),  $Q_m$  adalah kapasitas jerap maksimum adsorben terhadap adsorbat (mg/g),  $K$  adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi,  $C_e$  adalah konsentrasi adsorbat dalam cairan pada kondisi kesetimbangan (mg/L), dan  $C_o$  adalah konsentrasi adsorbat dalam cairan pada kondisi awal (mg/L). Dari persamaan garis lurus diatas akan terbentuk grafik  $\frac{C_e}{C_o}$  VS  $\frac{C_e}{Q_e \left(1 - \frac{C_e}{C_o}\right)}$  dan

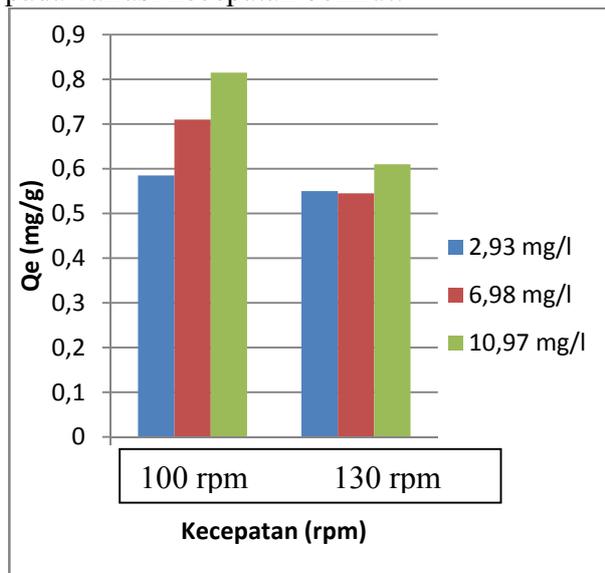
diperoleh slope (A) =  $\frac{K-1}{Qm K}$  serta intersep

$$(B) = \frac{1}{Qm K}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh Kecepatan Pada Penjerapan Pb Oleh Fly Ash Sebagai Adsorben

Hubungan antara konsentrasi logam Pb pada keadaan awal (Co) dengan kapasitas jerap adsorben *fly ash* (Qe percobaan) terhadap variasi kecepatan. Data diperoleh dari berbagai konsentrasi Pb pada keadaan awal (Co) yaitu 2,93 mg/l; 6,98 mg/l; dan 10,97 mg/l pada kecepatan 100 rpm dan 130 rpm sehingga menghasilkan grafik hubungan Co dan Qe pada variasi kecepatan berikut:



**Gambar 3.1** Grafik Hubungan Konsentrasi Logam Pb pada Keadaan Awal (Co) dengan Kapasitas *fly ash* pada Variasi Kecepatan

Dari Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan pengadukkan adsorpsi maka kapasitas jerap adsorben *fly ash* (Qe) semakin kecil sehingga jumlah adsorbet (Pb) yang teradsorpsi semakin berkurang. Pada kecepatan pengadukan 100 rpm nilai Qe 0,815 mg/g sedangkan pada kecepatan pengadukan 130 rpm nilai Qe 0,61 mg/g (pada 10,97 mg/l). Kecepatan

pengadukan menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Kecepatan 100 rpm telah efektif mewakili kecepatan optimum karena dengan kecepatan tersebut pergerakan partikel yang ada menjadi efektif sehingga adsorben dapat menjerap adsorbat yang lebih banyak. Tetapi jika kecepatan pengadukkan yang terlalu cepat, maka kemungkinan yang terjadi struktur adsorben menjadi rusak sehingga proses adsorpsi kurang optimal. Hal ini juga dijelaskan oleh Afrianita (2012).

#### 3.2 Pengaruh Konsentrasi Adsorbat (Pb<sup>2+</sup>) Pada penjerapan Pb oleh Fly Ash Sebagai adsorben

Pada Gambar 3.1 juga dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi adsorbat logam Pb pada keadaan awal (Co) maka semakin besar pula kapasitas jerap adsorben *fly ash* (Qe). Pada Co 10,97 mg/l memiliki nilai Qe 0,815 mg/g, sedangkan pada Co 6,98 mg/l dan 2,93 ppm memiliki nilai Qe 0,710 mg/g dan 0,585 mg/g (pada kecepatan 100 rpm). Itu dikarenakan pada konsentrasi besar, tumbukan antara adsorben dan adsorbet meningkat sehingga jumlah adsorbat yang terjerap semakin banyak. Hal ini sesuai dengan Mourabet dkk (2012), dimana kapasitas penjerap terhadap *fluoride* meningkat seiring dengan semakin besar konsentrasi *fluoride* tersebut.

#### 3.3 Pengujian Model Kesetimbangan Adsorpsi

Untuk lebih memastikan mekanisme adsorpsi yang terjadi, dilakukan pengujian model kesetimbangan adsorpsi. Pengujian model kesetimbangan ini bertujuan untuk menentukan model kesetimbangan yang digunakan pada proses adsorpsi logam Pb dengan *fly ash* sebagai adsorben. Pengujian model dilakukan dengan menggunakan metode regresi linier untuk tiap variasi kecepatan. Model kesetimbangan yang akan digunakan adalah model

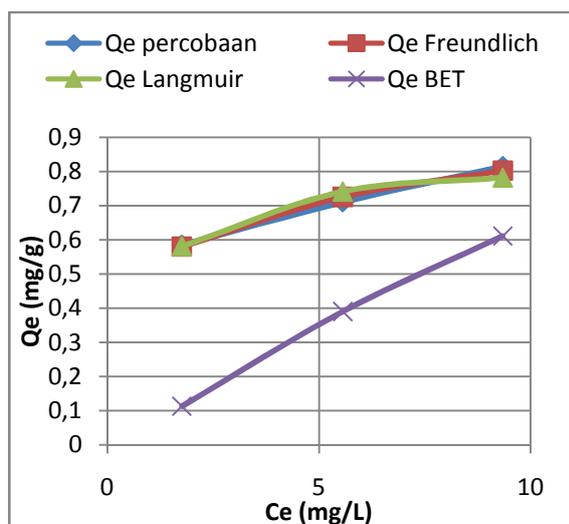
kesetimbangan Freundlich, Langmuir dan BET.

Pengujian model kesetimbangan untuk setiap variasi kecepatan, akan diperoleh parameter kesetimbangannya. Parameter kesetimbangan tersebut dimasukkan kedalam masing-masing persamaan model yang akan diuji.

Jumlah logam Pb yang terjerap berdasarkan hasil perhitungan ( $Q_e$  perhitungan) pada masing-masing model akan dibandingkan dengan jumlah logam Pb yang terjerap berdasarkan hasil percobaan ( $Q_e$  percobaan), sehingga akan diperoleh persentase kesalahan. Pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut dapat dilihat perbandingan  $Q_e$  logam Pb hasil perhitungan dari model kesetimbangan dengan  $Q_e$  data berdasarkan penelitian yang dihasilkan.

**Tabel 3.1** Perbandingan  $Q_e$  Percobaan dan  $Q_e$  Perhitungan Pada Kecepatan 100 rpm

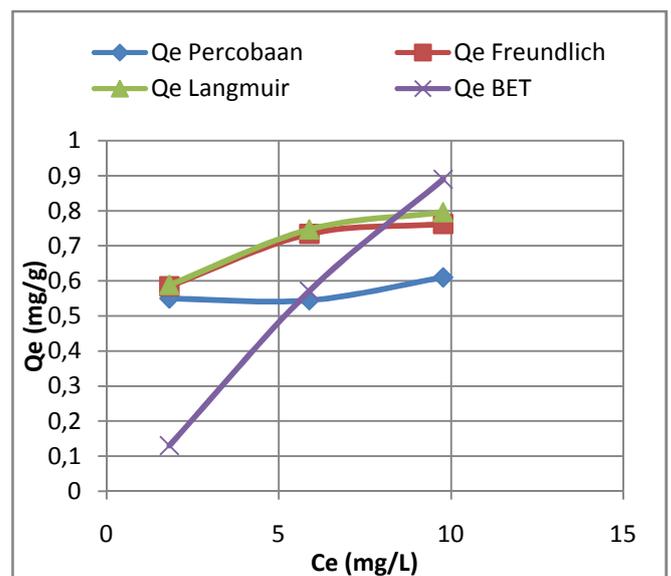
| Co (mg/L)   | Ce (mg/L) | Qe Percobaan | Qe Perhitungan |          |       |
|-------------|-----------|--------------|----------------|----------|-------|
|             |           |              | Freundlich     | Langmuir | BET   |
| 2,93        | 1,76      | 0,585        | 0,580          | 0,581    | 0,113 |
| 6,98        | 5,56      | 0,710        | 0,725          | 0,741    | 0,390 |
| 10,97       | 9,34      | 0,815        | 0,802          | 0,782    | 0,611 |
| % Kesalahan |           |              | 1,485          | 3,022    | 3,578 |



**Gambar 4.2** Grafik Hubungan Ce dengan  $Q_e$  Percobaan dan  $Q_e$  Perhitungan pada Kecepatan 100 rpm

**Tabel 4.2** Perbandingan  $Q_e$  Percobaan dan  $Q_e$  Perhitungan pada Kecepatan 130 rpm

| Co (mg/L)   | Ce (mg/L) | Qe Percobaan | Qe Perhitungan |          |         |
|-------------|-----------|--------------|----------------|----------|---------|
|             |           |              | Freundlich     | Langmuir | BET     |
| 2,93        | 1,83      | 0,55         | 0,5853         | 0,5888   | 0,13020 |
| 6,98        | 5,89      | 0,545        | 0,7339         | 0,7473   | 0,57138 |
| 10,97       | 9,75      | 0,61         | 0,8092         | 0,7964   | 0,89006 |
| % Kesalahan |           |              | 24,588         | 24,915   | 42,360  |



**Gambar 4.3** Grafik Hubungan Ce dengan  $Q_e$  percobaan dan  $Q_e$  perhitungan pada Kecepatan 130 rpm

Pada Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa isotherm Freundlich mempunyai presentase kesalahan yang kecil yaitu 1,485 %, sedangkan presentase kesalahan Langmuir dan BET lebih besar yaitu 3,022 % dan 3,578 %. Begitu juga yang diperlihatkan pada Tabel 4.2 bahwa presentase kesalahan terkecil diperoleh dengan metode Freundlich yaitu 24,58% sedangkan pada metode Langmuir dan BET presentase kesalahan yang diperoleh lebih besar yaitu 24,915 % dan 42,360 %. Hal ini mengidentifikasi bahwa penyerapan yang lebih dominan oleh isotherm Freundlich yang mewakili adsorpsi terjadi secara fisika, dimana logam Pb terjerap oleh situs dari aktif *fly*

ash dengan adanya pengaruh gaya van der Waals.

### 3.4 Mengaplikasikan Adsorben Fly Ash pada Air Sungai Siak Menggunakan Kecepatan 100 rpm

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Adsorben Fly Ash terhadap Air Sungai Siak Mengandung Pb<sup>2+</sup>

| Waktu pengadukkan (menit)       | Konsentrasi Pb <sup>2+</sup> Air Sungai Siak (mg/L) |
|---------------------------------|---|
| Sampel sebelum ditambah fly ash | 0,96  |
| 0                               | 0,91  |
| 20                              | 0,86  |
| 40                              | 0,79  |
| 60                              | 0,78  |

Dari Tabel 4.3 membuktikan bahwa fly ash dapat menyerap kandungan Pb yang ada pada air sungai Siak dengan menggunakan kecepatan 100 rpm. Hal ini dikarenakan pada kecepatan 100 rpm fly ash dapat bekerja optimal sebagai adsorben. Pada percobaan yang dilakukan terhadap air sungai Siak penyerapan optimum terjadi pada menit ke 60. Hasil ini sesuai dengan Afrianita (2012) penyerapan optimum oleh fly ash terjadi pada menit ke 60 ini disebabkan karena sifat fly ash sendiri yang merupakan hasil pembakaran sehingga memiliki titik jenuh yang lebih lama.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Pada penelitian pemanfaatan fly ash batu bara sebagai adsorben logam berat ion Pb<sup>2+</sup> yang terlarut dalam air dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini kecepatan pengadukan optimum terjadi pada kecepatan 100 rpm.
2. Waktu optimum yang dibutuhkan untuk terjadinya penyerapan oleh fly ash adalah 60 menit.
3. Hasil aplikasi penyerapan ion Pb<sup>2+</sup> oleh fly ash pada air sungai Siak menunjukkan penyerapan terbesar pada waktu 60 menit (kecepatan pengadukkan 100

rpm) terbukti dengan menurunnya konsentrasi Pb.

4. Mekanisme adsorpsi logam Pb oleh fly ash lebih didominasi oleh model isotherm Freundlich yang mewakili adsorpsi fisika, dimana logam Pb terjerap oleh situs dari aktif fly ash dengan adanya pengaruh gaya van der Waals.

### 4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya perlu dilakukan penelitian dengan variasi temperatur dan massa fly ash. Dan juga diteliti adsorpsi logam Pb dengan menggunakan biokeramik jenis lain seperti Hydroxyapatite (HA)

## 5. Daftar Pustaka

- Afrianita, R., Dewilda, Y., Fitri, R., 2012, *Studi Penentuan Kondisi Optimum Fly Ash sebagai Adsorben dalam Menyisihkan Logam Berat Timbal (Pb)*, Jurnal Teknik Lingkungan UNAND, Sumatra Barat: Fakultas Teknik UNAND
- Badan Pusat Statistik-Indonesia, 2004, *Statistik Industri Besar dan Sedang (1)*, BPS Press: Jakarta
- Badan Lingkungan Hidup (BLH), 2010, *Hasil Analisis Kualitas Air Permukaan*, Pekanbaru
- Mourabet, M, Rhilassi, A.E, Boujaady, H.E, Ziatni, M.B, Hamri, R.E, dan Taitai, A., 2012, Removal of Fluoride From Aqueous Solution by Adsorption on Apatitic Tricalcium Phosphate Using Box- Behnken Design and Desirability Function, *Journal of Applied Surface Science*, 258, 4402-4410.
- Mufrodi, Z., Sutrisno, B., Hidayat, A., 2010, *Modifikasi Limbah Abu Layang sebagai Material Baru Adsorben*. Jurnal Teknik Kimia, UII. Yogyakarta.