

## Penghilangan Kadar Pb dari " Air PAM Buatan" Dengan Sistim Kontinu

Tilani Hamid S., Eva Fathul K., Michael BMG.

Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI Depok, 16424

### Abstrak

Kandungan logam timbal yang diizinkan dalam "Air PAM", sesuai dengan ketetapan baku mutu air minum Pemda DKI Jakarta PPNo.20/90 adalah sebesar 0.01 mg/L. Sedangkan "Air PAM buatan", kandungan timbal sekitar 310 mg/L. Tujuan penelitian adalah mengurangi kadar timbal dalam "Air PAM buatan" sesuai baku mutu melalui proses adsorpsi dengan menggunakan 200gram karbon aktif granular dengan diameter 0.8-1.3 mm.sebagai adsorben . Sistem Kontinu digunakan untuk menyesuaikan dengan keadaan sebenarnya dan dalam penelitian ini ditentukan waktu kontak yang terjadi selama proses Adsorpsi Isothermal dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi kesetimbangan .

Karbon aktif yang digunakan dipanaskan terlebih dahulu pada temperatur 100 °C selama 24 jam, bertujuan untuk memperbesar luas permukaan karbon aktif. Kemudian karbon aktif yang telah diaktifasi tersebut digunakan untuk menyerap logam timbal yang terkandung dalam "Air PAM buatan". Sistem mencapai kurva terobosan setelah 16 jam untuk waktu kontak 10 menit, dan 10 jam untuk waktu kontak 20 menit.

### Abstract

The maximum lead content in tap water, based on Drinking Water Standard Quality of DKI local government(PP No.20/90), is 0.01 mg/L. This experiment is aimed to reduce lead content in an "artificial tap water" which has 2.3 mg/L lead content. The reduction is conducted by adsorption process using 200 grams granular activated carbon. The experiment used continue system to adapted the real condition, and the contact time during isothermal adsorption and the time needed to achieve equilibrium are observed.

The granular carbon is first heated at 100°C for 2 hours to increase its surface area. The activated carbon is then used to adsorb lead contained in "artificial tap water". The system reach breakthrough curve after 16 hours for 10 minutes' contact time and 10 hours for 20 minutes'.

### 1. Pendahuluan

Dengan pertumbuhan populasi manusia seiring dengan kemajuan teknologi, sebagai perwujudan usaha untuk mencapai taraf kehidupan yang lebih baik disegala bidang, hal diatas tidak terlepas dari pencemaran lingkungan sebagai dampak negatif teknologi. Pencemaran lingkungan dapat terjadi pada udara, air, dan tanah. Polusi pada air menyebabkan tercemarnya persediaan air tanah dan air bersih. Kondisi ini dapat disebabkan oleh limbah-limbah rumah tangga maupun limbah buangan industri-industri yang antara lain adalah logam-logam berat

seperti merkuri, timbal atau yang dikenal sebagai *lead* ataupun timah hitam, kadmium, nikel, besi atau tembaga. Timbal atau *lead* didalam limbah cairan dapat larut dalam air dalam bentuk  $PbNO_3$ . Dan apabila persediaan air minum tercemar oleh bahan tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia. Diketahui bahwa setiap kenaikan kadar timbal dalam darah sebesar 10 mg/L dapat menyebabkan penurunan IQ sebesar  $\pm 2.5$  point[8].

Pemilihan karbon aktif[1,2,3,5] berdasarkan beberapa pertimbangan yaitu bahan bakunya relatif murah dan mudah didapatkan. Karbon aktif juga memiliki

luas permukaan yang besar (500-2000 m<sup>2</sup>/gr) yang mendukung kemampuan adsorpsi karbon aktif. Namun kemampuan adsorpsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh luas permukaannya saja, keasaman maupun kebasaan yang tergantung dari metode aktifasinya dan perlakuan lanjutan juga menentukan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Penggunaan karbon aktif dalam aplikasi katalik kurang begitu luas dan cenderung terbatas, sedangkan pada aplikasi non katalik penggunaan karbon aktif sudah begitu meluas, antara lain dimanfaatkan dalam proses perbaikan kualitas buangan industri, pemurnian air, pemucat warna, sebagai Norit/obat anti diare, dan dapat digunakan untuk menyerap bahan beracun berupa limbah cair baik itu berupa bahan organik maupun bahan anorganik, atau kandungan logam Ca, Fe, Pb, Cu, dan Hg, atau berupa emisi gas seperti NH<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan emisi Hidrokarbon.

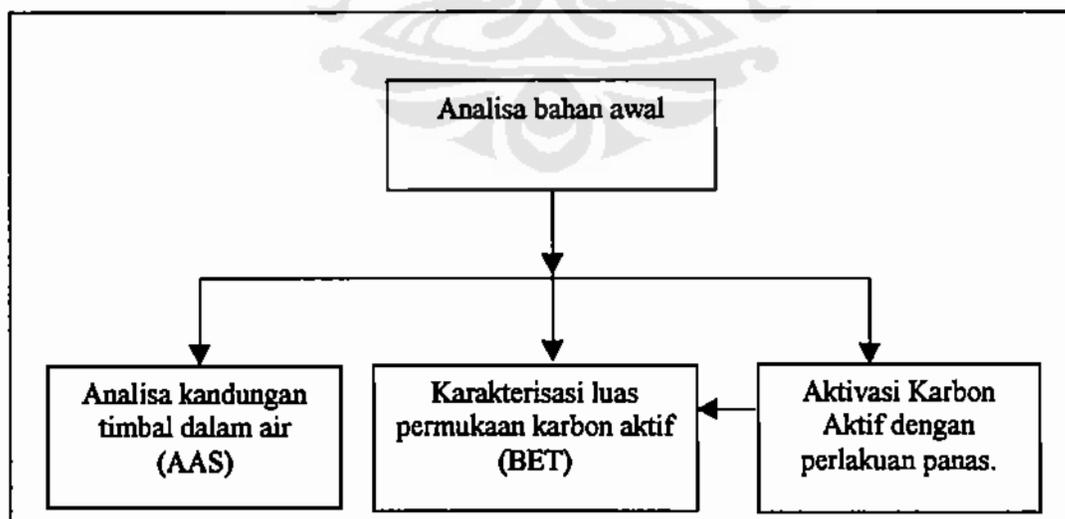
Dalam penelitian yang dilakukan adalah memanfaatkan karbon aktif untuk

menyerap logam timbal yang terkandung dalam "Air PAM buatan", dengan menggunakan sistem Kontinu.

## 2. Metode Penelitian

### Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian adsorpsi timbal dalam "Air PAM buatan" (skala laboratorium) ini dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini. Proses penelitian ini dimulai dengan karakterisasi luas permukaan karbon aktif dengan metode BET, dilanjutkan dengan proses aktivasi karbon aktif dengan perlakuan pemanasan. Analisa kandungan timbal dalam "air PAM buatan" dan tahap akhir adalah menggunakan karbon aktif sebagai adsorben untuk menyerap kandungan logam timbal dalam air. Dibawah ini adalah diagram alir persiapan awal karbon aktif dan karakterisasi bahan tersebut:



Gambar 1. Diagram Alir Persiapan

**Proses aktivasi karbon aktif dengan pemanas(Gambar1)**

Proses ini dilakukan sebagai berikut :

1. Karbon aktif granular yang tersedia diayak terlebih dahulu dengan ukuran diameter 0.8 mm dengan ayakan electric.
2. Karbon aktif yang telah diayak kemudian dicuci dengan air, setelah itu dipanaskan dalam oven pada suhu 100 °C selama 24 jam.

**Prosedur pengujian luas permukaan karbon[4] aktif(Gambar1)**

Pengujian luas permukaan dan diameter pori rata-rata karbon aktif dilakukan dengan menggunakan AUTOSORB. Alat AUTOSORB yang digunakan adalah ASAP 2400 (Accelerate Surface Area and Porosity) yang menyajikan analisa BET (luas permukaan) dan diameter pori rata-rata.

**Prosedur pengujian adsorpsi timbal untuk sistem Kontinu(Gambar.2)**

Karbon aktif yang telah diaktifasi tersebut digunakan untuk mengadsorpsi timbal dari dalam air. Prosedur adsorpsi yang diterapkan adalah sebagai berikut :

1. Menimbang karbon aktif seberat 200 gram, kemudian dimasukkan ke dalam volume glass yang berfungsi sebagai bed.(Tabel 1)
2. Melarutkan Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ke dalam air sebanyak 0.5 gram/liter "air PAM buatan" yang menghasilkan 0.31

gram Pb dan ditampung pada tangki penampung. Perhitungan kandungan timbal pada limbah buatan:

$$\begin{aligned} \text{Pb(NO}_3)_2 &\longrightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{NO}_3^- \\ \text{Mol Pb(NO}_3)_2 &= 0.5 \text{ gr} * (1\text{mol}/331 \text{ gr}) \\ &= 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol sehingga,} \\ \text{mol Pb} &= 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol maka berat} \end{aligned}$$

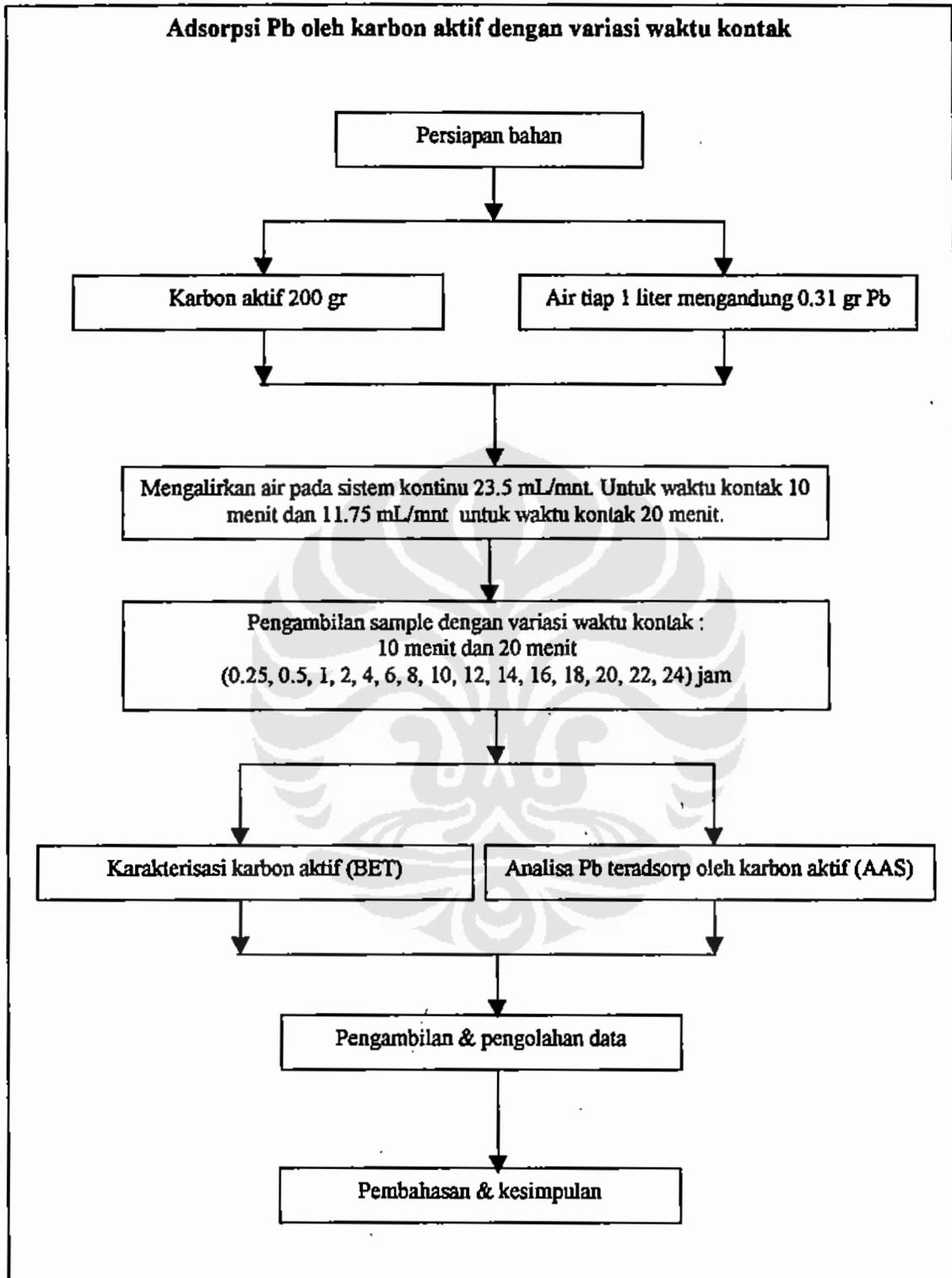
$$\begin{aligned} \text{Pb} &= 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol} * 207 \text{ gram/mol} \\ &= 310 \text{ mg./L air.} \end{aligned}$$

3. Melakukan kalibrasi kecepatan keluaran air dari tangki, dengan tujuan untuk mencapai waktu kontak.
4. Setelah kecepatan aliran dari tangki sesuai dengan waktu kontak, kemudian aliran dialihkan ke dalam tabung gelas dan siap untuk pengambilan data.
5. Data diambil pada setiap 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 jam.

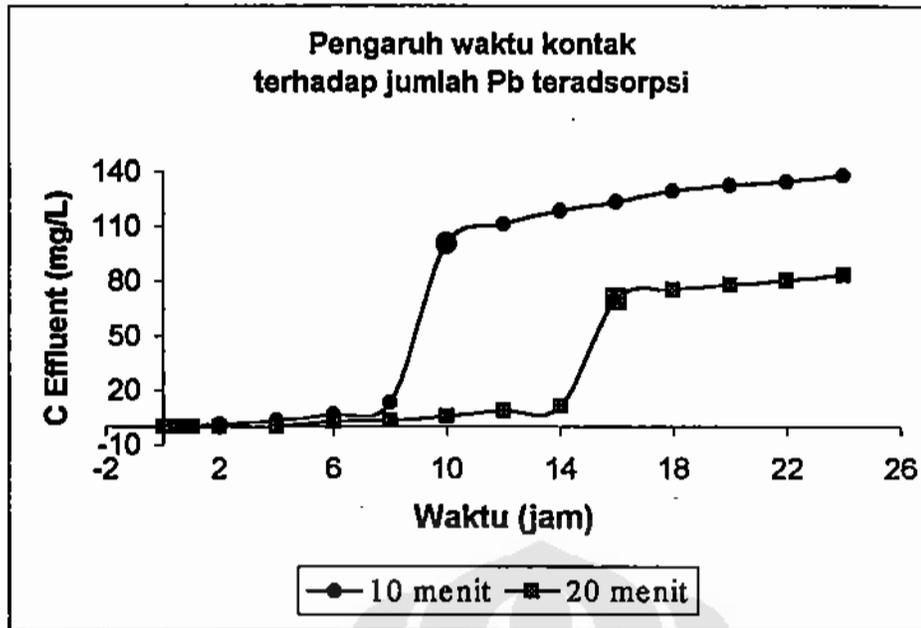
Pengujian adsorpsi timbal dengan karbon aktif ini dilakukan dengan variasi waktu kontak 10 menit dengan laju alir 23.5 mL/menit dan waktu kontak 20 menit dengan laju alir 11.75 mL/menit.

Proses sistim kontinu sebagai berikut:

**Diagram alir sistim kontinu**



**Gambar 2.**Diagram alir sistim kontinu



Gambar 3. Pengaruh variasi waktu kontak terhadap jumlah Pb teradsorpsi

Tabel 1. Kondisi operasi penelitian

	Waktu kontak 10 menit	Waktu kontak 20 menit
Berat karbon aktif [W]	200 gram	200 gram
Laju alir aliran [F]	23.5 mL/menit	11.75 mL/menit
Tinggi kolom karbon aktif	25 cm	25 cm
Suhu operasional	Suhu kamar	Suhu kamar
Diameter tabung gelas	2.5 cm	2.5 cm
Tekanan	1 atm	1 atm
Konsentrasi awal Pb	310 mg/L	310mg/L

### Pengaruh waktu kontak terhadap jumlah Pb teradsorpsi untuk sistem Kontinu

Pengaruh variasi waktu kontak 10 menit dan 20 menit terhadap jumlah Pb teradsorpsi dari dalam air untuk sistem kontinu dapat dilihat pada gambar 3, dengan kondisi operasi pada tabel.1

Pada Gambar 3. Proses adsorpsi dengan waktu kontak 10 menit, dapat dilihat bahwa kurva terobosan terjadi pada jam ke-10. Untuk rentang waktu 0 - 10 jam, jumlah timbal teradsorpsi

cenderung naik, sehingga laju adsorpsinya mempunyai peningkatan yang cukup tinggi. Sedangkan pada rentang waktu 10-24 jam, jumlah timbal teradsorpsi cenderung stabil, karena adsorpsi karbon aktif telah mencapai kondisi jenuh. Untuk proses adsorpsi dengan waktu kontak 20 menit, kurva terobosan terjadi pada jam ke-16. Bila dibandingkan dengan waktu kontak 10 menit, pencapaian kurva terobosan lebih lama 6 jam.

**Penentuan konstanta kesetimbangan untuk proses adsorpsi[5,6,7]**

Untuk menentukan konstanta kesetimbangan untuk proses adsorpsi, dipergunakan persamaan Freundlich. Persamaan Freundlich biasanya digunakan untuk adsorpsi pengotor pada *liquid solution* dengan karbon aktif. Model persamaannya adalah sebagai berikut

$$Q = (X/m) = K_f \cdot C^{1/n} \quad (1)$$

$$\text{Log } (X/m) = \text{Log } K_f + 1/n \text{ Log } C \quad \dots(2)$$

dimana :

X: Berat timbal terserap (mg)

m: Berat karbon aktif yang akan dipergunakan (gram)

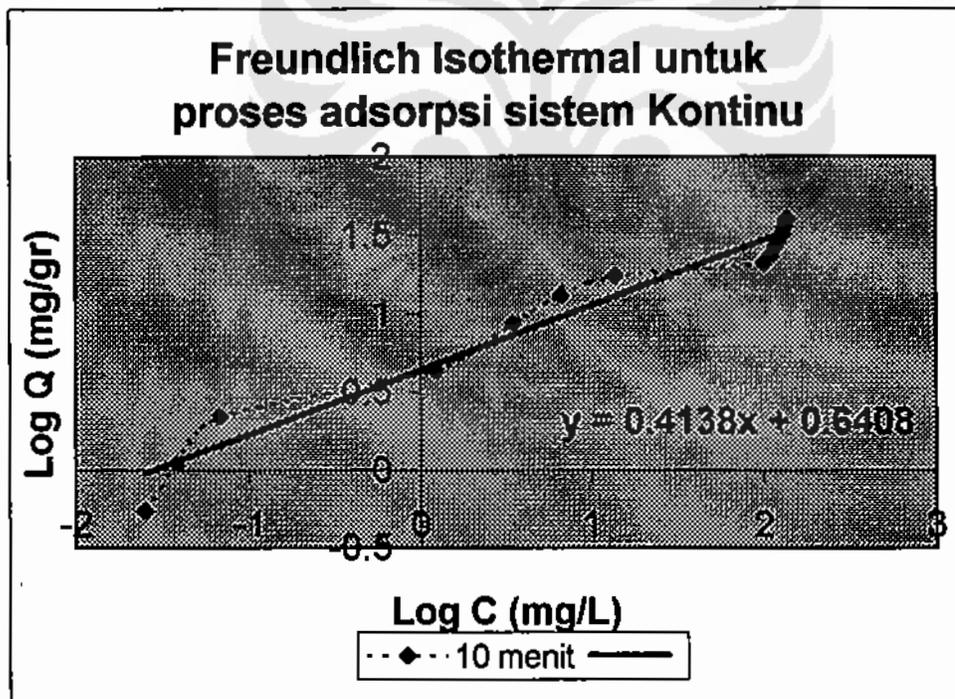
$K_f$ : konstanta

n : konstanta

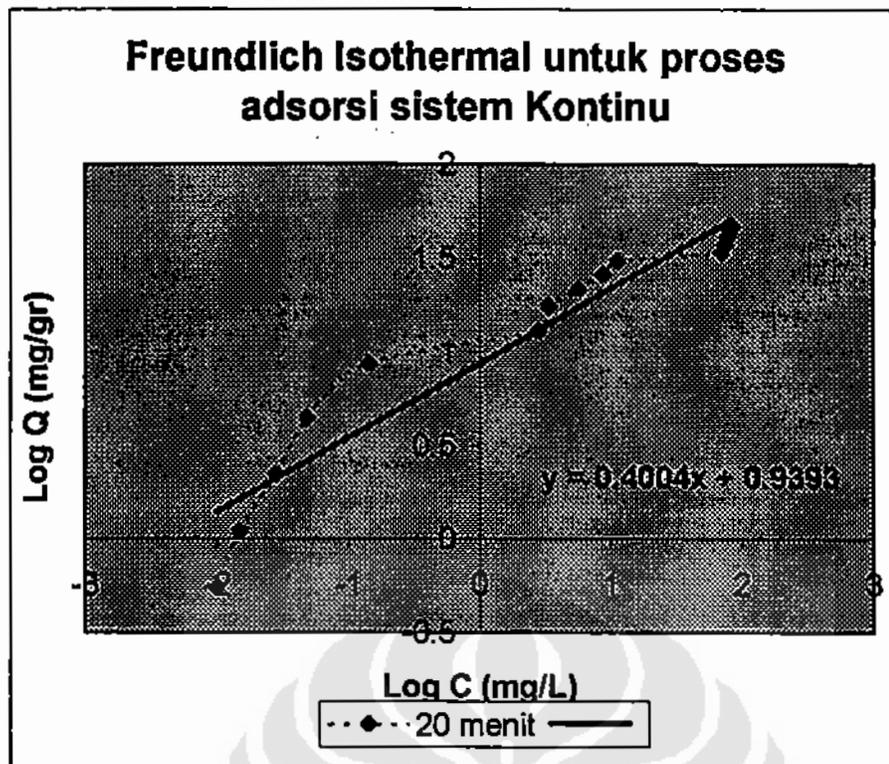
C : Konsentrasi(mg/L)

Dimana  $K_f$  dan n adalah konstanta,  $n > 1$ .

Pada Gambar 4 dan 5 diperlihatkan nilai  $1/n$  adalah 0.4 dan besar nilai  $K_f$  0.64 untuk waktu kontak 10 menit, untuk waktu kontak 20 menit  $1/n$  adalah 0.4 dan besarnya  $K_f$  sebesar 0.93. Nilai  $1/n$  dan nilai  $K_f$  ini menunjukkan besarnya kemampuan yang dimiliki karbon aktif untuk menyerap Pb.



Gambar 4. Freunlich Isothermal sistem Kontinu dengan waktu kontak 10 menit



Gambar 5. Freundlich Isothermal sistem Kontinu dengan waktu kontak 20 menit

Untuk mengurangi kandungan timbal dari 0.05 mg/L menjadi 0.01 mg/L (Ketetapan Pemda, PP No.20/90 untuk Kriteria Kualitas Air Golongan A), dibutuhkan karbon aktif granular sebanyak 0.061 gr/L untuk waktu kontak 10 menit, sedangkan waktu kontak 20

menit membutuhkan karbon aktif sebanyak 0.029 gr/L. Pada tabel 2 dijabarkan berat karbon aktif yang diperlukan pada waktu kontaknya dengan konsentrasi awal 0.05 mg/L (kadar maksimum Pb, ketetapan baku mutu air di DKI Jakarta) menuju 0.01 mg/L.

Tabel 2. Berat karbon aktif yang dibutuhkan.

Waktu kontak	Log $K_f$	W karbon untuk baku mutu timbal		W karbon sistem kontinu menuju baku mutu	
10 menit	0.6408	0.061 gr/liter air		480.44 gr/liter air	
20 menit	0.9393	0.029 gr/liter air		227.02 gr/liter air	
C Awal Pb (mg/L)		0.05	0.05	312.3	312.3
C Akhir Pb (mg/L)		0.01	0.01	0.01	0.01
Waktu kontak		10 menit	20 menit	10 menit	20 menit

### 3. Kesimpulan

1. Pada waktu kontak 10 menit, dalam rentang 0-10 jam laju adsorpsi besar dan pada waktu kontak 20 menit laju adsorpsinya besar pada rentang waktu 0-16 jam.
2. *Breakthrough point* pada waktu kontak 10 menit didapat pada waktu 10 jam dan pada waktu kontak 20 menit pada waktu 16 jam.
3. Kenaikan waktu kontak akan menaikkan jumlah timbal yang teradsorpsi.
4. Pemakaian Karbon aktif granular pada sistim kontinu dapat di aplikasikan untuk menyerap timbal dari dalam air.

### Daftar Pustaka

- [1] Frederick S.Backer, Charles E.Miller, A.J.Repik, E.D. Tolles, "Aactivated Carbon", Encyclopedia of Chemichal Engineering, vol.4, 1015-1037,1980
- [2] Do,D.D.,Chemichal Engineering Science, vol.51, no.17,4145-4158,1996
- [3] Figueredo,J.L., Molijin,J.A.,"Carbon and Coal Gasification Science and Technology. "Martinus Nijhoff Publishers, Boston, 1986
- [4] Quantachchrome corp, "Autosorb Gas Sorbtion System",New York 1992
- [5] Kirk Othmer, "Adsorption", Ensiklopedia of Chemichal Tech, Vol.I, Wiley Interscience, 1994
- [6] <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/Adsorption.htm>
- [7] Coulson, J.M. and Richardson,J.F., "Chemichal Engineering, vol.2", Pergamon Press, New York, 1997
- [8] Ozon, Edisi November-I,Ozon,1999
- [9] <http://www.britanian.net.id/lead>,1999
- [10] Zauda, Amru, Skripsi : Adsorpsi timbal dari "air PAM buatan" dengan Karbon Aktif Pada Sistim Batch, Jurusan Gas dan Petrokimia FTUI, Depok juni 2000
- [11] Keputusan Gubernur KDKI Jakarta., " Penetapan peruntukan dan Baku Mutu Air sungai/Badan air serta Baku mutu limbah cair di wilayah DKI Jakarta ", nomor 20/90.