

# Kinetika Adsorpsi pada Penjerapan Ion Timbal $Pb^{2+}$ Terlarut dalam Air Menggunakan Partikel *Tricalcium Phosphate*

Maihendra<sup>1)</sup>, Ahmad Fadli<sup>2)</sup>, Zultiniar<sup>2)</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 28293  
maihendraenda@gmail.com

## ABSTRACT

*One of the heavy metals can pollute the water is metal ion of  $Pb^{2+}$ . Concentration of ions  $Pb^{2+}$  can be removed by adsorption method. The purposes of this research are to observe the effect of temperature and adsorbent dosage on the adsorption of metal ion  $Pb^{2+}$  using tricalcium phosphate (TCP) adsorbent and determine a suitable adsorption kinetic model. Five hundred milliliter  $Pb^{2+}$  solution with of 3mg/L were added 0,5 gr, 1 gr and 1,5 gr of TCP in a glass beaker and stirred with rate of 300 rpm at a temperature of 30 °C. Pb solution was taken at a certain time, the solution centrifuged and supernatant analyzed by AAS. The result Showed that rate of adsorption increased with temperature and adsorbent dosage. Minimum constant value of adsorption kinetic of adsorption kinetic was 1,720 g/mg.min obtained at temperature 30°C and adsorbent dosage 0,5 gr. Where as maximum value adsorption kinetic constant 8,479 g/mg.min obtained at temperature 30°C adsorbent dosage 1,5 gr. The appropriate model for kinetic followed pseudo second order.*

**Keyword :** Adsorption, Kinetic, Lead ( $Pb^{2+}$ ), Tricalcium phosphate

## 1. Pendahuluan

Pencemaran lingkungan oleh industri yang berupa limbah baik berupa zat organik ataupun logam berat menjadi suatu permasalahan yang sangat penting, dikarenakan dapat memberikan efek toksik yang berbahaya bagi lingkungan manusia dan lingkungan sekitar nya (Widowati dkk,2008).

Menyadari ancaman yang begitu besar dari pencemaran logam berat, maka berbagai metode alternatif telah banyak dilakukan untuk mengurangi konsentrasi logam berat diperairan, antara lain ion exchange, membran filtrasi,ekstraksi cair, netralisasi. Salah satu metode alternatif untuk menghilangkan kandungan logam berat Pb adalah teknik adsorpsi dimana memiliki efisiensi tinggi dan biaya yang rendah (Nurhayati dan joko, 2014).Salah satu faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah jenis adsorben. Salah satu jenis adsorben adalah TCP (*tricalcium*

*phosphate*). Penggunaan *tricalcium phosphate* biasa nya seagai implan tulang untuk menggantikan fungsi jaringan atau organ tubuh manusia seperti tulang, sendi ataupun gigi. TCP sebagai adsorbentelah dilakukan oleh beberapa peneliti, dikarenakan TCP memiliki kapasitas jerap yang tinggi yang dapat digunakan untuk menyerap berbagai logam berat seperti Cr, Co, Cu, Cd, Zn, Ni, Pu, Pb, As,Sb, U, dan V (Mobasherpour dkk, 2012).

Beberapa keunggulan dalam menggunakan TCP sebagai adsorben adalah ukuran partikel lebih kecil (nano dan mikrometer) sehingga luas permukaannya lebih besar, harga TCP lebih relatif murah, mempunyai kestabilan kimia yang baik dan densitas yang rendah (Yunizar, 2013).

Logam timbal merupakanlogam berat yang lunak kebiruan atau kelabu keperakan dan memiliki densitas yang tinggi serta tahan terhadap korosi. Logam

timbal memiliki titik lebur 327,5 °C. Logam timbal dapat dihilangkan dengan metode adsorpsi. Secara umum adsorpsi dapat diartikan sebagai proses penjerapan suatu zat, proses ini hanya terjadi pada permukaan zat tersebut. Zat yang mengadsorpsi disebut adsorben dan zat yang teradsorpsi disebut adsorbat. Adsorpsi memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan metode lainnya, diantaranya biaya yang diperlukan relatif murah, prosesnya relatif sederhana, efektivitas dan efisiensinya tinggi serta adsorbennya dapat digunakan berulang-ulang (regenerasi) (Rahmalia dkk, 2006).

Kinetika adsorpsi merupakan bagian dari adsorpsi yang membahas tentang laju adsorpsi dari suatu adsorben terhadap adsorbat sehingga kinetika adsorpsi memiliki persamaan untuk menentukan konstanta laju dari adsorpsi yaitu *pseudo first order* dan *pseudo second order* (Yahaya dkk, 2011).

### ***Pseudo first order***

*Pseudo first order* mengasumsikan bahwa konsentrasi adsorbat berlebih dibandingkan jumlah sisi aktif yang tersedia pada permukaan adsorben secara umum dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Yahaya dkk, 2011)

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (2)$$

Data  $\ln(q_e - q_t)$  dan  $t$  diplotkan pada grafik sehingga didapatkan nilai  $k$ ,  $q_{e,calc}$  dan  $R^2$ . Untuk mendapatkan nilai  $q_t$  digunakan persamaan berikut (Yahaya dkk, 2011):

$$q_t = \frac{(c_0 - c_t)v}{m} \quad (3)$$

### ***Pseudo second order***

*Pseudo-second-order* dikemukakan oleh Ho dan McKay (2000) yang menyatakan diasumsikan bahwa kapasitas mengadsorpsi proporsional terhadap

jumlah situs aktif dari adsorben, dinyatakan dalam persamaan berikut:

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

$$\frac{dq_t}{(q_e - q_t)^2} = k_2 dt \quad (5)$$

$$q_t = \frac{t}{\left(\frac{1}{k_2 q_e^2}\right) + \left(\frac{t}{q_e}\right)} \quad (6)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (7)$$

Data  $t/q_t$  dan  $t$  diplotkan pada grafik akan diperoleh nilai  $k$ ,  $q_e$ , dan  $R^2$

Beberapafaktor yang mempengaruhi proses laju adsorpsi adalah sebagai berikut : (Putro dan Ardhiyany, 2010)

#### **1. Pengadukan**

Semakin besar kecepatan putaran pengadukan, maka nilai konstanta laju adsorpsi semakin besar, hal ini disebabkan pengadukan akan mempengaruhi ketebalan lapisan film yang melapisi permukaan adsorben yang apabila lapisan film semakin tipis, *film diffusion* akan semakin cepat terjadi.

#### **2. Jumlah adsorben**

Semakin besar jumlah adsorben akan meningkatkan luas permukaan sehingga akan meningkatkan laju adsorpsi.

#### **3. Konsentrasi zat adsorbat**

Molekul-molekul harus bertumbukan agar terjadi adsorpsi, dalam konteks ini laju adsorpsi proporsional dengan konsentrasi adsorbat.

#### **4. Temperatur**

Proses adsorpsi terjadi akan mempengaruhi kecepatan dan jumlah adsorpsi yang terjadi. Kecepatan adsorpsi meningkat dengan meningkatnya temperatur, dan menurun dengan menurunnya temperatur. Namun demikian, ketika adsorpsi merupakan proses eksoterm,

penjerapan adsorpsi meningkat pada suhu rendah dan akan menurun pada suhu yang lebih tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh TCP murni sebagai adsorben terhadap penjerapan ion timbal ( $Pb^{2+}$ ) dengan memvariasikan suhu dan massa adsorben dan menentukan model kinetika adsorpsi yang sesuai.

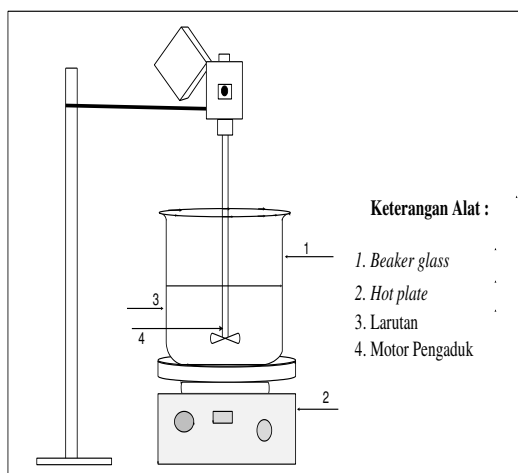
## 2. Metodologi Penelitian

### Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah Timbal Nitrat  $Pb(NO_3)_2$  (Merck, Germany), *Aquadest*, dan *Tricalcium Phosphate*  $Ca_3(PO_4)_2$  (Merck, Germany) sebagai adsorben

### Alat yang digunakan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah labu ukur 500 mL dan 1000 mL, botol sampel, statip, motor dan pengaduk, suntik, sentrifuse, *thermometer* air raksa, *beaker glass* 1000 mL, *hot plate*, dan *stopwatch*.



**Gambar 1** Rangkaian Alat Penelitian

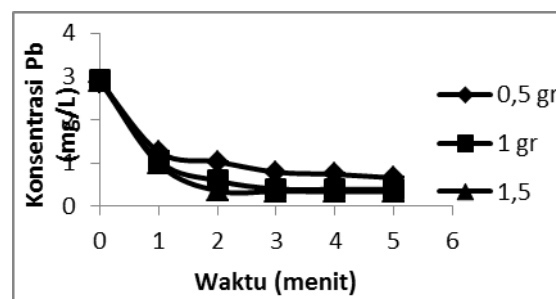
### Prosedur Penelitian

Diawali dengan menambahkan 0,5 gr, 1 gr dan 1,5 gr TCP ke dalam larutan  $Pb^{2+}$  konsentrasi 3 ppm pada suhu  $30^\circ C$ . Sampel diambil dengan interval waktu 1 menit selama 5 menit dan larutan diambil sebanyak 10 ml kemudian disentrifuse dan dianalisa dengan AAS

## 3. Hasil dan Pembahasan

### A. Pengaruh Waktu Terhadap Konsentrasi $Pb^{2+}$ yang Tidak Terjerap

Larutan logam  $Pb^{2+}$  dibuat dengan melarutkan  $Pb(NO_3)_2$  dengan aquades sehingga didapatkan konsentrasi 3 ppm. Larutan tersebut ditambahkan *tricalcium phosphate* untuk menjerap ion timbal yang terlarut. Seiring berlangsungnya proses adsorpsi maka akan terjadi penurunan konsentrasi logam  $Pb^{2+}$  setiap waktunya yang dapat dilihat pada gambar 3.1

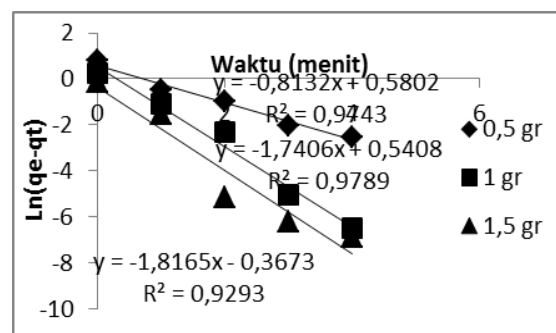


**Gambar 2** Perubahan Konsentrasi Logam Pb pada Massa Adsorben 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa seiring waktu adsorpsi maka konsentrasi logam Pb menurun. Pengaktifan akan meningkatkan daya adsorpsi hingga pada akhirnya konstan atau bahkan menurun.

### B. Pengujian Orde Kinetika Adsorpsi

Pengujian orde dilakukan dengan membandingkan data dan model. Berikut di tampilkan pada gambar 2 untuk data konsentrasi 3 ppm pada suhu  $30^\circ C$  dan variasi massa adsorben sebesar 0,5 gr, 1,5 gram.

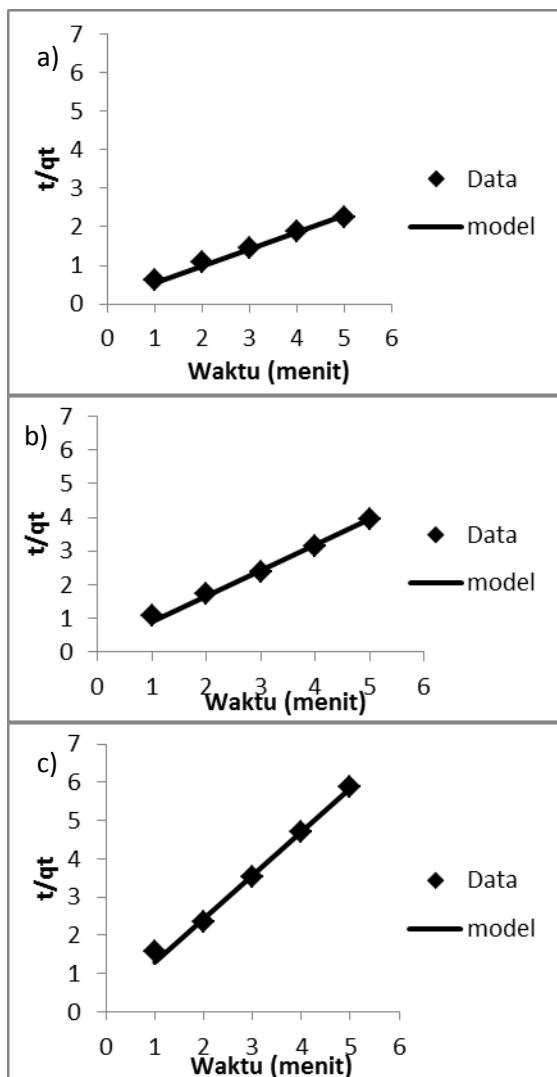


**Gambar 3** Perbandingan Data dan Model orde 1 Massa Adsorben 0,5 gr, 1 gr, 1,5 gr pada Suhu  $30^\circ C$

Berdasarkan gambar 3 pada penelitian ini menunjukkan nilai ralat yang cukup besar yaitu sebesar 18,747 % sampai 53,987%

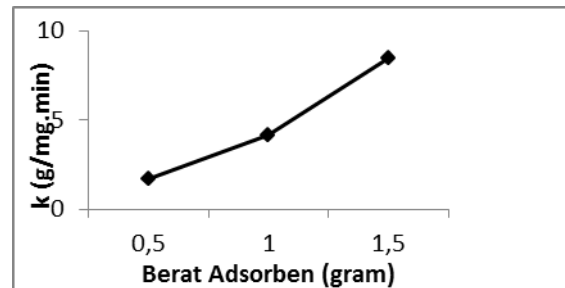
#### C. Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Kinetika Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan pada suhu 30°C dengan penambahan massa adsorben sebesar 0,5 gr, 1 gr, dan 1,5 gr. Proses adsorpsi mengikuti model kinetika orde dua semu. Data  $t/qt$  dan waktu ( $t$ ) diplotkan pada grafik yang dapat dilihat pada gambar 4



**Gambar 4** Proses Adsorpsi Mengikuti Orde Dua Semu Massa Adsorben 0,5 gr, 1gr dan 1,5 gr pada Suhu 30°C

Pada gambar 4 diperoleh nilai  $R^2$  tertinggi sebesar 0,995 dan nilai  $k$  sebesar 8,479 g/mg.min yang terdapat pada massa adsorben 1,5 gr model kinetika adsorpsi orde dua semu. Kenaikan Nilai  $k$  dapat dilihat pada gambar 5



**Gambar 5** Peningkatan Nilai Konstanta Laju Adsorpsi ( $k$ ) Terhadap Massa Adsorben

Penambahan nilai konstanta laju adsorpsi ( $k$ ) terhadap massa adsorben disebabkan oleh semakin besar jumlah adsorben yang ditambahkan akan meningkatkan luas permukaan dari adsorben, hal ini akan membuat proses adsorpsi semakin cepat berlangsung dan akan meningkatkan nilai laju adsorpsi ( $k$ ).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan yaitu model Model kinetika adsorpsi yang sesuai untuk proses penjerapan ion logam  $Pb^{2+}$  oleh *tricalcium phosphate* sebagai adsorben mengikuti model kinetika adsorpsi orde dua semu dengan nilai regresi linier paling tinggi ( $R^2$ ) yaitu 0,995 dengan nilai %SSE paling rendah 2,63 dan konstanta kinetika adsorpsi 8.479 g/mg.min. Semakin besar jumlah adsorben yang ditambahkan maka konstanta laju adsorpsi akan semakin meningkat.

#### Daftar Pustaka

Ho, Y.S, Mc Kay, G, Wase, D.A.J, dan Foster,C.F, 2000, Study of the Sorption of Divalent Metal Ions onto Peat. *Adsorption Science Technology*, 18, 639-650.

- Mobasherpour,I, Salahi, E, Pazouki,M, 2012, Comparative of The Removal of  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , and  $Ni^{2+}$  by Nano Crysallite Hydroxyapatite from Aquaeous Solution : Adsorption Isotherm Study, *Arabian Journal of Chemistry*, 5,439-446.
- Nurhayati, I dan Joko, S, 2014, *Limbah Ampas Tebu Sebagai Penyerap Logam Berat Pb*, Prosiding Seminar Nasional Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Putro, A.N.H dan Ardhiany, S.A, 2010, *Proses Pengambilan Kembali Bioetanol Hasil Fermentasi Dengan Metode Adsorpsi Hidrophobik*, Skripsi Universitas Diponegoro.
- Rahmalia, W, Yulistira, F, Ningrum, F, Qurbaniah, MdanIsmadi, M, 2006, Pemanfaatan Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Sebagai Bahan Dasar C-Aktif Untuk Adsorpsi Logam Perak dalam Larutan, *Jurnal PKMP*, 3 (13), 1-10.
- Widowati, W, Sastiono, A, dan Rumampuk, R.J, 2008, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*,Yogyakarta.
- Yahaya, N.K.E, Muhammad, F.P, Ismail, A, Olugbenga, S.BdanMohd, A.A, 2011, *Adsorptiv Removal of Cu (II) Using Activated Carbon Prepared From Rice Husk by  $ZnCl_2$  Activation and Subsequent Gasification with  $CO_2$* , School of Chemical Engineering University Sains Malaysia.
- Yunizar, F, 2013, *Penjerapan Ion Timbal ( $Pb^{2+}$ ) Terlarut dalam Air Menggunakan Partikel Tricalcium Phosphate sebagai Adsorben*, Skripsi Sarjana,Fakultas Teknik, Universitas Riau,Indonesia.