

# KINETIKA ADSORPSI PADA PENJERAPAN ION TIMBAL ( $Pb^{+2}$ ) TERLARUT DALAM AIR MENGGUNAKAN PARTIKEL TRICALCIUM PHOSPHATE

Indah Fitriani<sup>1</sup>, Ahmad Fadli<sup>2</sup>, Zultiniar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

Indaah\_1804@yahoo.com

## ABSTRACT

*One of the heavy metals can pollute the waters 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 stirring rate and concentration on the adsorption of metal ions  $Pb^{2+}$  using adsorbents tricalciumphosphate (TCP) and determine a suitable adsorption kinetics model.  $Pb^{2+}$  solution (2,736 mg / L, 8,546 mg / L and 14,619 mg / L) of 500 mL were added 1 g of TCP in a glass beaker while stirred with variation of rate (100 rpm, 200 rpm and 300 rpm) at a temperature of 30°C.  $Pb^{2+}$  solution was taken at a certain time, then the solution filtered and analyzed by atomic absorption spectrophotometer (AAS). The result showed that rate of adsorption increased with concentration of adsorbate and stirring rate. Minimum constant value of adsorption kinetic was 0,865 g/mg.min obtained at adsorbate concentration of 2,736 mg/L and stirring rate of 100 rpm. Whereas maximum value of adsorption kinetics constant 3.045 g / mg.min obtained at a concentration 14.619 mg / L stirring rate 300 rpm.*

**Key words :** Kinetic, Adsorption, Timbale, Tricalcium phosphate

## 1. Pendahuluan

Keberadaan logam berat di lingkungan merupakan masalah lingkungan yang perlu mendapat perhatian serius, dikarenakan dalam konsentrasi tertentu dapat memberikan efek toksik yang berbahaya bagi kehidupan manusia dan lingkungan di sekitarnya. Salah satu ion logam berat yang sering mencemari lingkungan perairan ialah ion logam  $Pb^{+2}$ .

Karena menimbulkan masalah yang serius dan berbahaya untuk kesehatan manusia, maka diperlukan metode untuk menghilangkan kandungan logam timbal ( $Pb^{+2}$ ). Ada berbagai metode untuk

menghilangkan logam berat yaitu presipitasi kimia, membran filtrasi, pertukaran ion, ekstraksi cair atau elektrodialisis (Sitting, 1981). Namun, metode ini tidak banyak digunakan karena biaya yang tinggi dan kurang layak untuk industri skala kecil (Sohail dkk, 1999). Sebaliknya, teknik adsorpsi adalah salah satu metode yang disukai untuk menghilangkan logam berat karena efisiensi dan biaya yang rendah.

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah jenis adsorben. Salah satu jenis adsorben adalah TCP (*Tricalcium phosphate*). Penggunaan *tricalcium phosphate* biasanya sebagai bahan implant untuk menggantikan fungsi jaringan atau

organ tubuh manusia seperti tulang, sendi atau gigi. Namun, TCP juga bisa digunakan sebagai adsorben. TCP sebagai adsorben telah dilakukan oleh beberapa peneliti. TCP ini bisa menjadi adsorben karena 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 menggunakan TCP sebagai adsorben adalah ukuran partikel lebih kecil (nano dan *micrometer*), mempunyai kestabilan kimia yang baik, dan densitas rendah.

Logam timbal ( $Pb^{+2}$ ) merupakan suatu logam berat yang lunak dan dapat dibentuk berwarna keabu-abuan perak dan mempunyai densitas yang tinggi serta tahan korosi. Logam timbal ( $Pb^{+2}$ ) memiliki titik leleh  $327^{\circ}C$  dan titik didih  $1620^{\circ}C$ . Pada suhu antara  $550^{\circ}C$  –  $660^{\circ}C$ , logam timbal akan menguap dan bersenyawa dengan oksigen yang ada di udara serta membentuk senyawa timbal – oksida. Logam timbal bias dihilangkan dengan metode salah satunya adsorpsi. Secara umum proses adsorpsi diartikan sebagai proses penyerapan suatu zat lain, 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, 2006).

Kinetika adsorpsi adalah suatu kajian yang digunakan untuk mengetahui tingkat kecepatan penyerapan yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat untuk mengetahui mekanisme dari suatu proses adsorpsi, dikemukakan suatu cara untuk menemukan bagaimana laju penyerapan dan

faktor-faktor yang mempengaruhinya. Beberapa faktor yang mempengaruhi kinetika reaksi adalah :

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. Pengaruh pengadukan terhadap laju adsorpsi dapat dilihat dari persamaan Webber berikut (Dotto dkk, 2011):
2. Jumlah adsorben  
Semakin banyak adsorben, semakin banyak pula adsorbat yang dijerap
3. Konsentrasi  
Molekul-molekul harus bertumbukan agar terjadi adsorpsi, dalam konteks ini laju adsorpsi proporsional dengan konsentrasi adsorbat.
4. Temperatur  
Molekul harus bertumbukan dengan energi yang cukup untuk bereaksi. Kenaikan suhu akan menyebabkan kapasitas penyerapan semakin meningkat.

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

## **2. Metode Penelitian**

### **Bahan yang digunakan**

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah Timbal Nitrat ( $Pb(NO_3)_2$ ) (Merck, Germany), Aquades sebagai pelarut dan *Tricalcium Phosphate*  $Ca_3(PO_4)_2$  (Sigma-Aldrich) sebagai adsorben.

### Alat yang dipakai

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah labu ukur 500 mL dan 1000 mL, buret dan statip, botol sampel, motor dan pengaduk, pipet volume, kertas saring, corong, *thermometer* air raksa, *beaker glass* 1000 mL, *water batch*, dan *stopwatch*.

### Variabel Penelitian

Variabel yang akan dilakukan pada penelitian ini terbagi atas variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan adalah temperatur 30 °C dan massa adsorben 1 gram sedangkan variabel berubah adalah konsentrasi adsorbat yaitu 2,736 mg/L, 8,546 mg/L, 14,619 mg/L dan variasi kecepatan pengadukan yaitu 100 rpm, 200 rpm, 300 rpm.

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu:

#### 1. Pembuatan Larutan Logam Timbal ( $Pb^{2+}$ )

Timbal Nitrat ( $Pb(NO_3)_2$ ) ditimbang sebanyak 1,598 gram dilarutkan dengan aquades dalam *beaker glass*, lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dengan konsentrasi yaitu 1000 mg/L. Larutan tersebut diencerkan terlebih dahulu menjadi konsentrasi 100 mg/L. Larutan dengan konsentrasi 100 mg/L diencerkan lagi menjadi 2,736 mg/L, 8,546 mg/L, 14,619 mg/L dalam labu ukur 500 mL dengan menambahkan aquades sampai tepat tanda batas. Lalu larutan tersebut dianalisa terlebih dahulu menggunakan AAS dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) yaitu 283.3 nm.

#### 2. Proses Adsorpsi

##### 1. Variasi Konsentrasi adsorbat ( $Pb^{2+}$ )

Pada tahap ini digunakan konsentrasi larutan  $Pb^{2+}$  2,736 mg/L sebanyak 500 mL dalam *beaker glass* 1000 mL, kemudian ditambahkan TCP sebanyak 1 gram, lalu diaduk dengan kecepatan 100 rpm pada temperatur 30°C. Sampel larutan diambil dengan selang waktu 1 menit pada 5 menit

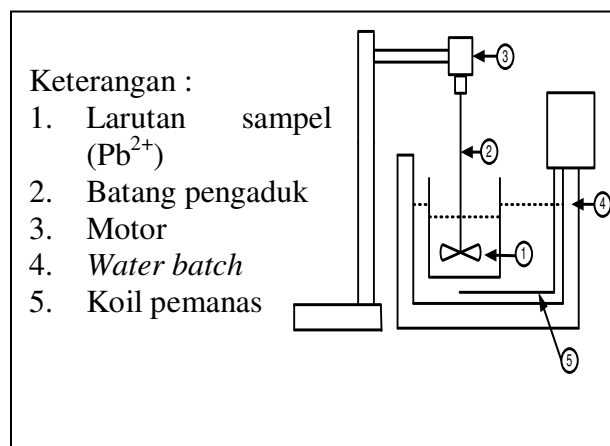
pertama setelah itu selang 5 menit sampai menit ke 20 dan larutan diambil sebanyak 10 mL lalu dimasukkan ke botol sampel dan disaring. Untuk konsentrasi 8,546 mg/L dan 14,619 mg/L tahapannya sama dengan konsentrasi 2,736 mg/L.

##### 2. Variasi Kecepatan Pengadukan

Tahap ini hampir sama dengan tahap pada variasi konsentrasi adsorbat, hanya saja larutan sampel  $Pb^{2+}$  divariasikan kecepatan pengadukannya menjadi (100 rpm, 200 rpm, 300) yang merupakan variabel bebas dimana waktu pengambilan sampel larutan diambil sesuai selang waktu 1 menit pada 5 menit pertama setelah itu selang 5 menit sampai menit ke 20 dan larutan diambil sebanyak 10 mL lalu dimasukkan ke botol sampel dan disaring. Tahap ini juga dilakukan pada temperatur yaitu 30°C.

##### 3. Analisa Sampel

Sampel yang telah disaring dengan kertas saring, dimana filtrat dari sampel tersebut dianalisa kadar  $Pb^{2+}$  dengan menggunakan *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS). Rangkaian alat untuk proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.1



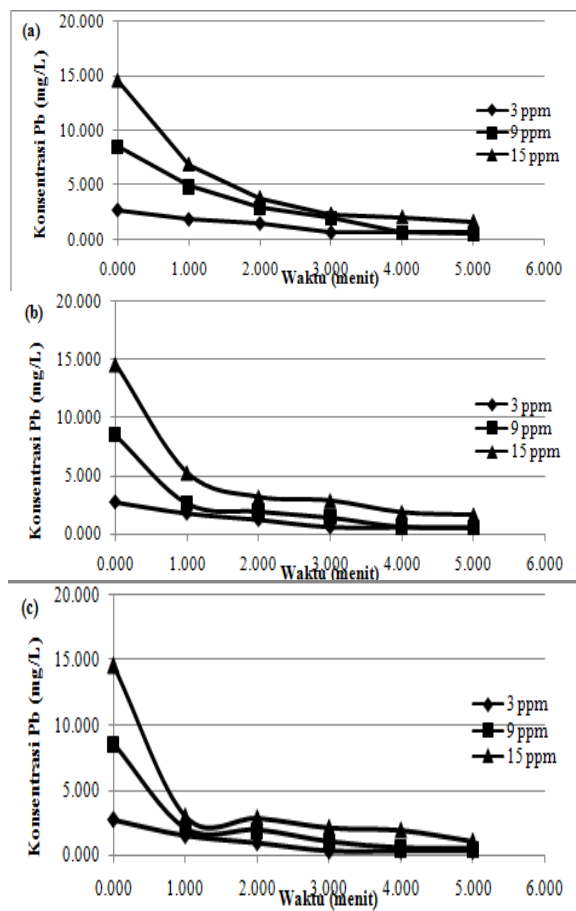
Gambar 2.1 Rangkaian Alat Adsorpsi

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 1. Pengaruh Waktu terhadap Konsentrasi $Pb^{2+}$ yang Tidak Terjerap

Larutan logam Pb dibuat dengan melarutkan  $Pb(NO_3)_2$  dengan aquades dengan variasi konsentrasi logam Pb yang diperoleh adalah 2,736 mg/L, 8,546 mg/L, 14,619 mg/L. Larutan tersebut ditambahkan *tricalciumphosphate* untuk menjerap ion timbal yang terlarut. Seiring berlangsungnya proses adsorpsi maka akan terjadi penurunan konsentrasi logam Pb setiap waktunya yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Dari gambar 3.1 terlihat seiring waktu adsorpsi maka konsentrasi logam Pb menurun. pengaktifan akan meningkatkan daya adsorpsi hingga pada akhirnya akan konstan atau bahkan menurun.



Gambar 3.1 Perubahan Konsentrasi logam Pb

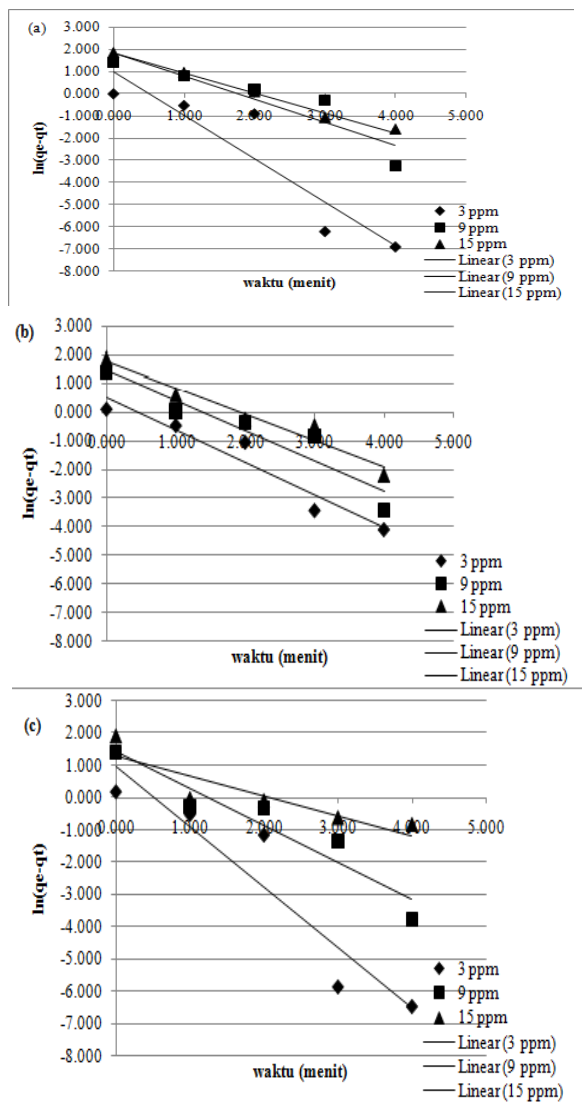
Pada waktu adsorpsi menit ke-1 menuju menit ke-2 masih terjadi penurunan konsentrasi logam Pb yang signifikan. Pada waktu adsorpsi menit ke-3 menuju menit ke-4 selisih penurunan konsentrasi sudah tidak terlalu jauh, Sehingga pada menit ke-4 menuju menit ke-5 konsentrasi logam Pb sudah mendekati konstan. Pada menit ke-5, konsentrasi Pb sudah konstan sehingga waktu ini merupakan waktu kesetimbangan. Jumlah konsentrasi logam adsorbat terkecil yang masih terdapat didalam filtrat pada menit ke-5 dengan kondisi proses pada suhu  $30^{\circ}C$  kecepatan pengadukan 300 rpm dan konsentrasi awal 14,619 adalah sebesar 1.057 mg/L. Sama halnya dengan konsentrasi 8,546 mg/L dan 2,736 mg/L juga mengalami penurunan seiring waktu adsorpsi berlangsung dengan masing-masing konsentrasi akhirnya sebesar 0,557 mg/L dan 0,342 mg/L. Itu dikarenakan pada konsentrasi besar, tumbukan antara adsorben dan adsorbat meningkat sehingga jumlah adsorbat yang terjerap semakin banyak. Begitu juga yang dihasilkan oleh Mourabet dkk (2012), dimana kapasitas penjerapan terhadap adsorbat meningkat seiring dengan semakin besar konsentrasi adsorbat tersebut. Demikian halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Kaushik, et. al.,(2003), dimana semakin meningkatnya waktu.

#### 2. Pengujian Orde Kinetika Adsorpsi

Pengujian orde dilakukan dengan membandingkan data dan model. Berikut ditampilkan gambar 3.2 untuk data konsentrasi 2,736 mg/L, 8,546 mg/L, 14,619 mg/L dengan pengadukan 100 rpm, 200 rpm, 300 rpm.

Berdasarkan Gambar 3.2 terlihat bahwa konsentrasi logam Pb didalam padatan pada kecepatan pengadukan 100 rpm, 200 rpm, 300 rpm dan konsentrasi 2,736 mg/L, 8,546 mg/L, 14,619 mg/L pada penelitian ini dibandingkan model yang

digunakan menunjukkan ralat sebesar 1,951% sampai 62,824%.

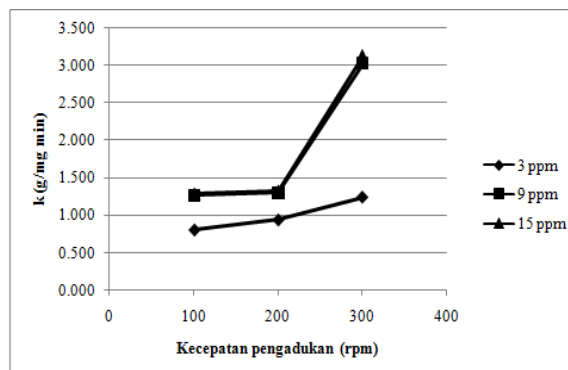


Gambar 3.2 Perbandingan Data dan Model Orde 1 pengadukan 300 rpm. .

### 3. Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Nilai Konstanta Laju Adsorpsi (k)

Semakin besar kecepatan pengadukan maka nilai dari konstanta laju adsorpsi semakin besar. Penambahan nilai k terhadap kecepatan pengadukan disebabkan oleh semakin besar pengadukan akan menyebabkan lapisan film partikel adsorben semakin menipis sehingga proses difusi film semakin meningkat, hal ini akan membuat

proses adsorpsi semakin cepat berlangsung dan akan meningkatkan nilai laju adsorpsi (k).



Gambar 3.3 Hubungan  $\ln k$  Terhadap Kecepatan Pengadukan

## 4. Simpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi  $Pb^{2+}$  yang dilarutkan dengan *tricalcium phosphate* dipengaruhi oleh konsentrasi dan kecepatan pengadukan. Semakin tinggi kecepatan pengadukan dan konsentrasi maka nilai konstanta adsorpsi juga semakin tinggi. Pada penelitian ini dilakukan pengujian model kinetika orde satu semu.

## Daftar Pustaka

- Dotto, G.L dan Pinto, L.A.A., 2011. *Adsorption of Food Dyes Acid Blue 9 and Food Yellow 3 onto Chitosan : Stirring Rate Affect in Kinetics and Mekchanism*. School of Chemistry and Food, Federal University of Rio Grande, Brazil.
- Mobasherpour, I., Salahi, E dan Pazouki, M., 2012. *Comparative of The Removal of  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  and  $Ni^{2+}$  by Nano Crystallite Hydroxyapatite from Aquaeous Solutions : Adsorption Isotherm Study*. *Arabian Journal of Chemistry*. 5 : 439-446.
- 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.
- Rahmalia, W.,Yulistira, F.,Ningrum, F., Qurbaniah, M dan Ismadi, M., 2006. *Pemanfaatan Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit (Elais guineensis Jacq) Sebagai Bahan Dasar C-Aktif Untuk Adsorpsi Logam Perak dalam Larutan. Jurnal PKMP.* 3 (13) : 1-10.
- Sitting, M., 1981. *Handbook of Toxic and Hazardous Chemical.* Noyes Publication. Park Ridge. New Jersey.
- Sohail, A., Ali, S.I., Khan, N.A dan Rao, R.A.K., 1999. *Removal of Chromium from Wastewater by Adsorption.Environmental Journal Poluttan Control.* 2 :27-31
- Weber, W.J dan Morris, J.C., 1996. *Advances in water pollution research: removal ofbiologically-resistant pollutions from waste waters by adsorption. Proceedings of the International Conference on Water Pollution Symposium 2* : 231–266.