

**MODEL KESETIMBANGAN PADA ADSORPSI ION  $Zn^{2+}$   
MENGUNAKAN PARTIKEL TRICALCIUM PHOSPHATE  
SEBAGAI ADSORBEN**

**Dovy Reyandi<sup>1</sup>, Ahmad Fadli<sup>2</sup>, Zultiniar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, <sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Kimia,  
Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. HR Subranta Km 12,5 Pekanbaru 28293  
*Dovy.reyandi@gmail.com*

**ABSTRACT**

Zinc metal pollution ( $Zn^{2+}$ ) can result in negative impacts on people's life. One effort to reduce the content of zinc metal that is the adsorption process. The objective of this research is to study the effect of temperature and stirring rate as well as determination of equilibrium model in the zinc ion adsorption using tricalcium phosphate (TCP) as the adsorbent. Zinc ( $Zn^{2+}$ ) solution with 3 mg/l was added with 1 g of TCP in a glass beaker with stirring rate of 100 rpm, 200 rpm, and 300 rpm at temperature 30°C, 40°C and 50°C. Zinc concentration in the liquid was analyzed using AAS. The adsorption temperature decreased when the adsorption capacity of TCP ( $Q_e$ ) increased. The calculation result of adsorption capacity ( $Q_e$ ) at stirring rate of adsorption 100 rpm at temperature of adsorption 30°C, 40°C and 50°C were  $Q_e$  1.0133 mg/g, 0.9598 mg/g and 0.8771 mg/g respectively. The adsorption capacity ( $Q_e$ ) of adsorbent TCP increased as stirring rate adsorption increased. The adsorption capacity ( $Q_e$ ) of zinc at temperature adsorption 30°C for stirring rate of 300 rpm, 200 rpm, and 100 rpm were 1.3702 mg/g, 1.3426 mg/g, and 1.3047 mg/g respectively. Adsorption mechanism of zinc ( $Zn^{2+}$ ) with TCP is suitable with Freundlich isotherm model.

Keywords: adsorption, zinc ( $Zn^{2+}$ ), equilibrium model, tricalcium phosphate

## **1. Pendahuluan**

Perkembangan industri di dunia semakin berkembang pesat. Bahkan pada beberapa wilayah, pemukiman masyarakat juga dijadikan sebagai lokasi berdirinya industri yang banyak menghasilkan limbah-limbah yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Salah satu satunya adalah penggunaan logam berat yang dapat menyebabkan tercemarnya lingkungan melalui air, udara, dan tanah. Logam yang cukup banyak dikenal dan digunakan pada industri adalah logam seng ( $Zn^{2+}$ ). Seng (Zn) merupakan salah satu unsur logam transisi golongan IIB yang berwarna putih kebiruan. Seng murni berbentuk kristal logam dan sangat rapuh pada suhu normal.

Seng tidak larut dalam air tetapi larut dalam alkohol dan senyawa-senyawa (larutan) asam. Seng terdapat dalam lapisan-lapisan bumi yang tidak terdapat dalam unsur bebas tetapi dalam bentuk senyawa seperti seng ( $ZnO$ ) dan dalam bentuk mineral-mineral (Cotton, 1989) Metode adsorpsi menjadi solusi untuk menghilangkan kandungan logam seng ( $Zn^{2+}$ ) yang dapat berdampak buruk pada lingkungan. Metode ini 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). Ada beberapa

faktor yang mempengaruhi adsorpsi seperti suhu, kecepatan pengadukan dan jenis adsorben. Pada suhu rendah penjerapan dengan metode adsorpsi akan lebih maksimal sedangkan untuk kecepatan pengadukan berbanding terbalik dengan suhu, itu berarti kecepatan pengadukan yang lebih besar akan menghasilkan penjerapan yang maksimal. Dari sekian banyaknya jenis adsorben, tricalcium phosphate (TCP) menjadi adsorben yang baik digunakan untuk mengurangi kandungan  $Zn^{2+}$  pada metode ini. Adsorben yang digunakan harus memiliki daya serap yang baik, memiliki luas permukaan yang besar, dan mudah diregenerasi (Rahmalia, 2006). Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan penjerapan ion seng ( $Zn^{2+}$ ) menggunakan TCP sebagai adsorben dengan memvariasikan kecepatan pengadukan dan suhu adsorpsi. Kemudian menentukan model kesetimbangan adsorpsi yang sesuai dengan menguji model kesetimbangan Langmuir, Freundlich, atau Brunauer-Emmet-Teller (BET)

Langmuir yang mengasumsikan proses adsorpsi hanya terbentuk satu lapisan tunggal saat adsorpsi dan mempunyai permukaan yang homogen dengan persamaan :

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

Freundlich mengasumsikan permukaan adsorben merupakan sistem yang heterogen dengan tingkat-tingkat energi yang berbeda dan tidak ada peristiwa adsorpsi kimia dengan persamaan :

$$Q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$$

Brunauer, Emmett, dan Teller (BET) mengasumsikan lapisan pertama menginduksi polaritas lapisan kedua, lapisan kedua menginduksi lapisan ketiga, dan seterusnya sehingga terbentuk beberapa lapisan dengan persamaan :

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

## 2. Metode Penelitian

### Bahan yang digunakan

Bahan penelitian meliputi  $ZnSO_4$  dan tricalcium phosphate (TCP). Akuades berperan sebagai pelarut,  $ZnSO_4$  sebagai adsorbat, dan TCP sebagai adsorben.

### Alat yang dipakai

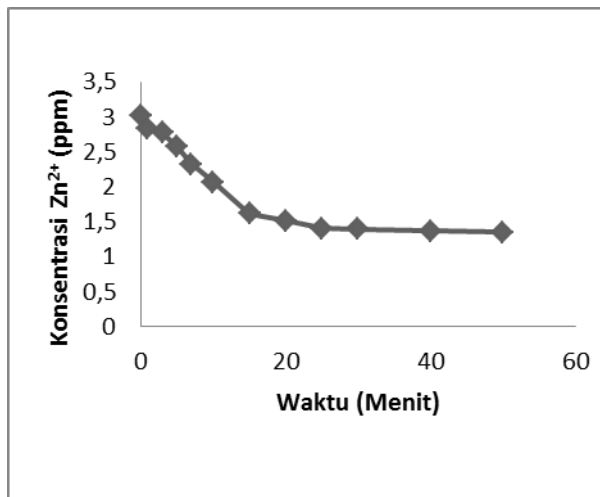
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah labu ukur, botol sampel, timbangan, pengaduk, pipet volum, *centrifuge*, kertas saring, corong, termometer, *beaker glass*, *stopwatch*, dan AAS yang berfungsi sebagai analisa kadar konsentrasi adsorbat dalam larutan.

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan persiapan larutan adsorbat. Larutan adsorbat disiapkan dengan melarutkan 0,2468 gr  $ZnSO_4$  dengan akuades 1000 mL untuk mendapatkan larutan  $Zn^{2+}$  3 ppm. Kemudian larutan adsorbat dicampurkan dengan adsorben yaitu TCP sebanyak 1 gr untuk menentukan waktu kesetimbangan penjerapan lalu diaduk dengan kecepatan 100 rpm pada temperatur lingkungan ( $50^\circ C$ ). Sampel larutan diambil dengan menggunakan pipet volum sebanyak 20 ml sesuai dengan selang waktu tertentu. Masing-masing dimasukkan ke dalam *centrifuge* untuk memisahkan larutan dan filtratnya dan di saring, kemudian di analisa AAS. Setelah mendapatkan waktu kesetimbangan penjerapan selanjutnya dilakukan proses adsorpsi dengan memasukkan sampel larutan adsorbat seng ( $Zn^{2+}$ ) 3 ppm sebanyak 500 mL ke dalam *beaker glass* yang dilengkapi dengan pengaduk berkecepatan 100 rpm, 200 rpm, dan 300 rpm kemudian ditambahkan TCP sebanyak 1 gr pada temperatur  $30^\circ C$ ,  $40^\circ C$ , dan  $50^\circ C$  setelah proses adsorpsi selesai sampel diambil dan dianalisa dengan AAS.

### 3. Hasil dan Pembahasan

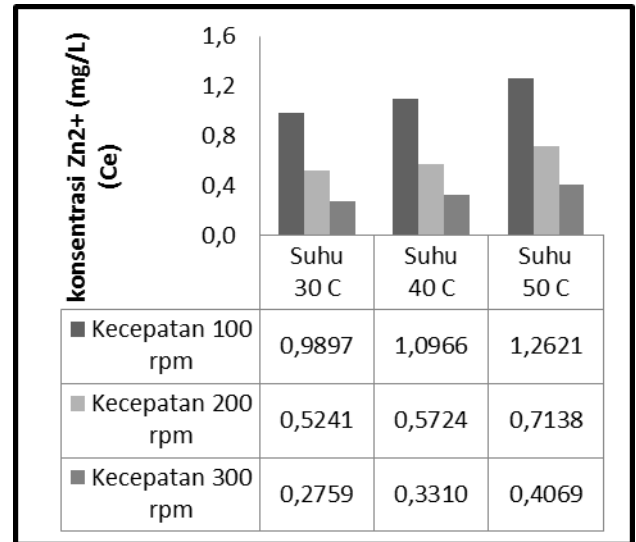
Penentuan waktu kesetimbangan dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi yang setimbang selama proses penjerapan berlangsung. Waktu kesetimbangan adsorpsi dikatakan setimbang apabila konsentrasi dari larutan adsorbat tidak mengalami perubahan yang signifikan. Konsentrasi  $Zn^{2+}$  dalam larutan selama proses penjerapan mengalami penurunan selama waktu 50 menit. Gambar 1 menunjukkan bahwa untuk penjerapan dengan tricalcium phosphate, telah mencapai lebih dari 50 % dalam 30 menit.



**Gambar 1.** Konsentrasi  $Zn^{2+}$  dalam larutan selama proses penjerapan

Dalam hal ini, keadaan kesetimbangan diasumsikan tercapai dalam waktu 30 menit. Oleh karena itu, pada penelitian ini semua data kesetimbangan diambil setelah penjerapan berlangsung selama 30 menit.

Hubungan antara Suhu adsorpsi seng ( $Zn^{2+}$ ) terhadap jumlah adsorbat yang terjerap ( $Q_e$ ) dengan variasi kecepatan pengadukan 100 rpm, 200 rpm, 300 rpm dan variasi suhu adsorpsi yaitu 30°C, 40 °C, 50 °C. Berikut Grafik konsentrasi Zn yang tersisa dalam larutan pada kondisi setimbang ( $C_e$ )



**Gambar 2.** Hubungan Suhu Adsorpsi Terhadap Konsentrasi ( $Zn^{2+}$ ) Saat Setimbang ( $C_e$ ) Pada Variasi Kecepatan Pengadukan Adsorpsi

Setelah dilakukan proses adsorpsi hingga saat setimbang ( $C_e$ ) menunjukkan konsentrasi tertinggi berada di suhu tertinggi dan kecepatan pengadukan terendah. Pada suhu 50°C memiliki nilai  $C_e$  1.2621 mg/L sedangkan pada suhu 40°C memiliki nilai  $C_e$  1.0966 mg/L dan 30°C memiliki nilai  $C_e$  0.9897 mg/L.

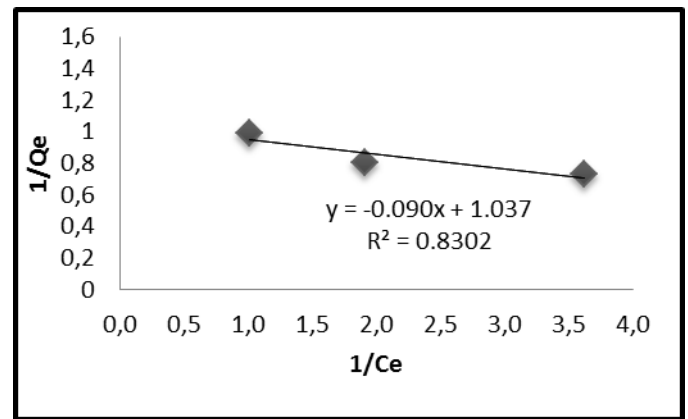
Semakin tinggi suhu adsorpsi maka kapasitas jerap ( $Q_e$ ) oleh adsorben tricalcium phosphate semakin kecil, ini ditunjukkan dengan nilai  $C_e$  yang semakin meningkat sehingga jumlah adsorbat yang teradsorpsi semakin berkurang. Suhu adsorpsi yang tinggi akan menyebabkan berkurangnya jumlah adsorbat yang teradsorpsi karena semakin tinggi suhu adsorpsi maka situs aktif dari adsorben menjadi rusak sehingga penjerapan yang terjadi tidak maksimal (Putro dan Ardhiyanti, 2010).

Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kapasitas penjerapan adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2, kecepatan pengadukan adsorpsi yang menghasilkan kapasitas jerap ( $Q_e$ ) tertinggi berada pada kecepatan pengadukan tertinggi dan pada suhu terendah. Pada kecepatan pengadukan 300 rpm dan suhu 30°C

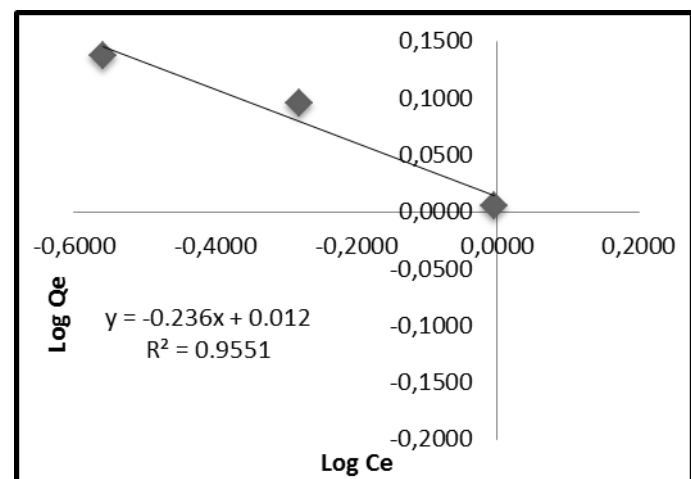
memiliki nilai konsentrasi pada saat setimbang ( $C_e$ ) 0.2759 mg/L sedangkan pada kecepatan pengadukan adsorpsi 200 rpm memiliki nilai  $C_e$  0.5241 mg/L dan pada kecepatan pengadukan 100 rpm memiliki nilai  $C_e$  0.9897 mg/L. Semakin besar kecepatan pengadukan adsorpsi mengakibatkan tumbukan antara adsorben dan adsorbat meningkat sehingga jumlah adsorbat yang terjerap semakin banyak. Sehingga untuk kecepatan pengadukan adsorpsi 100-300 rpm maka di dapatkan data pada kecepatan 300 rpm terjadinya proses adsorpsi yang maksimal dibuktikan dengan kapasitas jerap ( $Q_e$ ) yang tinggi. Proses adsorpsi sangat memerlukan pengadukan untuk mendapatkan peningkatan penyerapan pada waktu 30 menit. Kenaikan kecepatan pengadukan adsorpsi menyebabkan ketebalan dari film adsorben menipis sehingga batas lapisan difusi akan berkurang, oleh karena itu semakin besar kecepatan pengadukan adsorpsi maka semakin cepat terjadinya penyerapan adsorpsi (Dotto & Pinto, 2011).

Model kesetimbangan yang diuji adalah model kesetimbangan Langmuir, Freundlich, dan BET. Pengujian model kesetimbangan untuk setiap variasi suhu dan kecepatan pengadukan, akan diperoleh parameter kesetimbangannya. Parameter kesetimbangan dimasukkan ke dalam masing-masing persamaan model yang akan diuji. Untuk menentukan kecocokan model kesetimbangan dapat dilihat dari nilai *Correlation Factor* ( $R^2$ ) yang diperoleh (Ghahremani dkk, 2013).

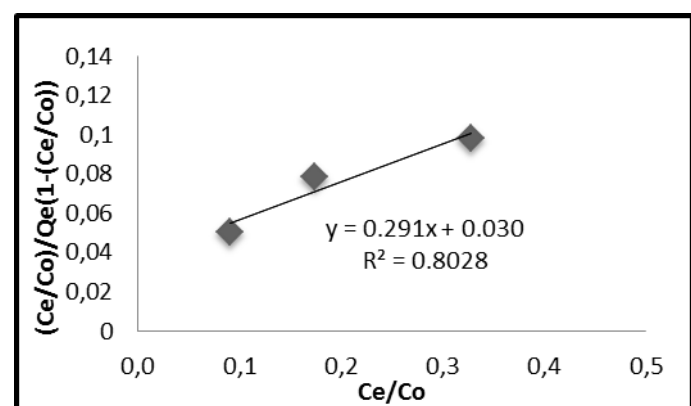
Ditampilkan Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 yang menjelaskan garis linier dan nilai  $R^2$  pada setiap model kesetimbangan. Nilai *Correlation Factor* ( $R^2$ ) yang mendekati 1 menunjukkan semakin cocoknya dengan model kesetimbangan yang didapatkan [Cui dkk, 2014].



**Gambar 3.** Kurva Perbandingan Data Penelitian dan Model Langmuir Pada Suhu 30°C



**Gambar 4.** Kurva Perbandingan Data Penelitian dan Model Freundlich Pada Suhu 30°C



**Gambar 5.** Kurva Perbandingan Data Penelitian dan Model BET Pada Suhu 30°C

Dari hasil ketiga kurva diatas dapat dilihat bahwa nilai *Correlation Factor* ( $R^2$ ) yang paling mendekati 1 adalah model kesetimbangan Freundlich yaitu 0.9551. ini berarti persen kesalahan pada model kesetimbangan Freundlich lebih kecil.

#### 4. Kesimpulan

Penjerapan ion logam seng ( $Zn^{2+}$ ) dapat dilakukan dengan menggunakan tricalcium phosphate sebagai adsorben. Kemudian Semakin rendah temperatur pada proses adsorpsi maka kapasitas jerap adsorben TCP ( $Q_e$ ) semakin meningkat sehingga jumlah adsorbat (Zn) yang teradsorpsi semakin bertambah. Semakin besar kecepatan pengadukan adsorpsi maka semakin besar pula kapasitas jerap adsorben TCP ( $Q_e$ ). Pada kecepatan pengadukan 300 rpm dan suhu 30°C memiliki nilai kapasitas penjerapan ( $Q_e$ ) 1.3702 mg/g sedangkan pada kecepatan pengadukan adsorpsi 200 rpm dan 100 rpm masing-masing memiliki  $Q_e$  1.2461 mg/g dan 1.0133 mg/g. Mekanisme adsorpsi logam Zn menggunakan TCP sebagai adsorben lebih didominasi oleh model isotherm Freundlich dengan nilai  $R^2$  yang mendekati nilai isotherm yaitu 0.9551.

#### Daftar Pustaka

- Cano, C, F, Azhar, C, O, Speisky, H. (2012). Structural and thermodynamic factors and the adsorption process of phenolic compounds onto polyvinyl polypyrrolidone. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 418
- Castellan, G.W. (1982). *Physics chemistry* (3rd ed.). New York : General Graphic Services.
- Cotton, F. Albert. *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta: Universitas Indonesia, 1989.
- Cui, L, Xu, W, Guo, X, Zhang, Y, Wei, Q, Du, B, (2014). Synthesis of strontium hydroxyapatite embedding ferroferric oxide nano-composite and its application in  $Pb^{2+}$  adsorption. *Journal Of Molecular Liquids*, 197.
- Dotto, G, L, Pinto, L, A, A (2011). Adsorption of food acid blue 9 and food yellow 3 onto chitosan: Stirring rate effect in kinetics and mechanism. *Journal of Hazardous Materials*, 187.
- Ghahremani, D, Iman, M, Esmail, S, Mohsen, E, Sahebali, M, Leila, K, (2013). Potential of Nano Crystalline Calcium Hydroxyapatite for Tin (II) Removal From Aqueous Solutions: Equilibria & Kinetic Processes. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Levenspiel, O, 1999, *Chemical reaction engineering* third edition, New York : John Wiley & Sons. Inc.
- Putro, A.N.H, dan S.A. Ardhiyany, (2010), *Proses Pengambilan Kembali Bioetanol Hasil Fermentasi Dengan Metode Adsorpsi Hidrofobik*.
- Rahmalia, W, Yulistira, F, Ningrum, F, Qurbaniah, M, dan Ismadi, M, 2006, *Pemanfaatan Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) Sebagai Bahan Dasar C-Aktif Untuk Adsorpsi Logam Perak dalam Larutan*