

MODEL KESETIMBANGAN ADSORPSI TEMBAGA (Cu^{2+}) TERLARUT DALAM AIR MENGGUNAKAN PARTIKEL *TRICALCIUM PHOSPHATE* SEBAGAI ADSORBEN

Erniwita Ekasari, Ahmad Fadli, Sunarno
Laboratorium Konversi Elektrokimia, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau
Jl. HR Subrantas Km 12,5 Kampus Bina Widya Panam Pekanbaru 28293
Telp/fax : 0761-566937 Email : erniwitae@yahoo.com

ABSTRACT

The most dangerous pollution of the waters is a heavy metal waste. One method to reduce the levels of heavy metals are soluble in water by adsorption method. The purpose of this research was to study the effect of concentration and temperature on the absorptive capacity of the adsorbent as well as determine the Cu^{2+} adsorption equilibrium models using TriCalcium Phosphate. Firstly, 1 g of TriCalcium Phosphate was mixed with 500 mL of Cu^{2+} . Subsequently the Cu^{2+} solution was stirred during the equilibrium time. The solution was filtered and the concentration of Cu^{2+} in the liquid was analyzed using AAS. At the initial concentration of Cu^{2+} 2,703 mg/L (30°C) Q_e obtained 1,307 mg/g of adsorbent. When the initial concentration of Cu^{2+} was increased to 8,452 mg/L and 14,954 mg/L, Q_e be 3,432 mg/g of adsorbent and 6,130 mg/g of adsorbent. At 30°C , 40°C and 50°C with Cu^{2+} concentration of 2,703 mg/L obtained Q_e 1,307 mg/g of adsorbent, 1,313 mg/g of adsorbent and 1,318 mg/g of adsorbent. Adsorption mechanism occurred was more dominated by Freundlich isotherm models and types of physical adsorption. Heat of adsorption obtained was 3,163 Kcal/mol.K.

Keywords: *Copper, TriCalcium Phosphate, Adsorption, Heavy Metals.*

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan hidup masyarakat menyebabkan makin banyak didirikannya berbagai industri. Selain dampak positif, pendirian industri tentunya juga akan memberikan dampak negatif bagi lingkungan, terutama perairan. Salah satu contoh dampak negatif bagi perairan adalah masuknya logam berat dari limbah industri. Logam berat dapat masuk ke dalam air sungai melalui proses alami maupun antropogenik [Hastuti dan Alfonds, 2008]. Penghilangan logam berat yang sangat berbahaya dan beracun dari air limbah industri merupakan

salah satu masalah penting di lingkungan masyarakat, mengingat saat ini banyaknya perusahaan industri yang membuang limbahnya ke perairan. Logam berat seperti Pb, Cd, Cu, Zn, Hg, Cr, dan Ni adalah logam yang paling banyak mengkontaminasi air permukaan, air tanah, dan tanah. Logam – logam berbahaya tersebut berasal dari industri pelapisan logam, tempat pembuangan sampah, dan industri pertambangan [Corami dkk, 2007].

Banyak metode yang telah diusulkan untuk menghilangkan logam berat dari lingkungan

perairan. Presipitasi, filtrasi, ekstraksi pelarut, teknik elektrokimia, penukaran ion, dan adsorpsi adalah beberapa proses yang lazim digunakan. Namun, keenam metode tersebut mempunyai biaya dan efektivitas yang berbeda – beda. Adsorpsi adalah teknologi yang paling umum yang digunakan untuk menghilangkan logam berat dari perairan. Penggunaan metode adsorpsi terutama karena biaya yang relatif murah, ramah lingkungan, dan sederhana.

Penelitian ini menggunakan adsorben komersil yaitu *TriCalcium Phosphate* (TCP). Kelebihan dari adsorben ini yaitu memiliki ukuran nano dan dapat langsung mengadsorpsi logam tanpa memerlukan proses aktivasi.

Mourabet, dkk (2012) telah melakukan penelitian adsorpsi fluoride dengan TCP melalui proses batch. Dari hasil penelitian diperoleh waktu kontak 90 menit untuk mencapai waktu kesetimbangan adsorpsi. Corami, dkk (2007) juga melakukan adsorpsi logam Cd, Pb, Zn, Cu dengan *calcium phosphate (hydroxyapatite)* melalui proses batch. Dari penelitian yang telah

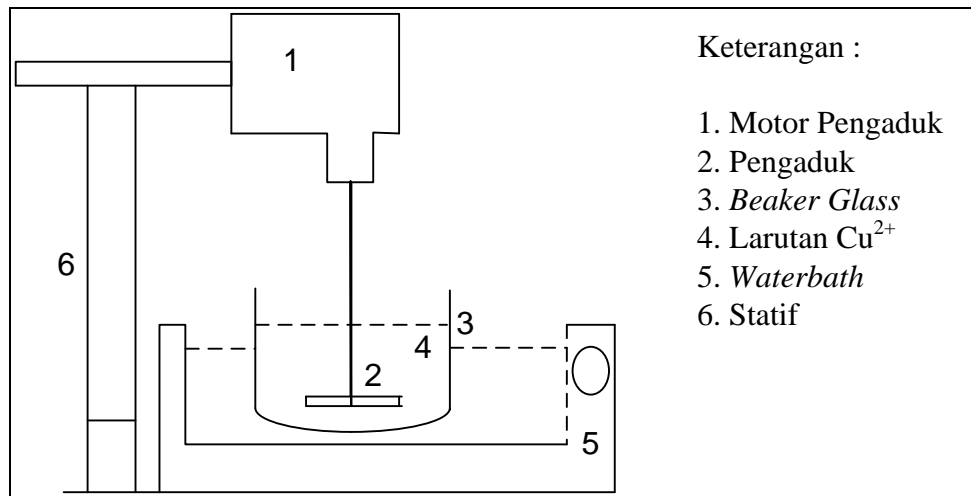
dilakukan diperoleh efisiensi penyerapan logam mencapai 63 – 83 % dan Langmuir merupakan model adsorpsi yang sesuai.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi larutan dan suhu terhadap kapasitas jerap *TriCalcium Phosphate* serta menentukan model kesetimbangan adsorpsi yang sesuai.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tembaga sulfat [$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$] (Merck, Germany), *TriCalcium Phosphate* [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] (Merck, Germany), dan aquadest.

Penelitian ini dilakukan pada kecepatan pengadukan 300 rpm dan 1 gram *TriCalcium Phosphate* dengan memvariasikan konsentrasi awal logam (3, 9 dan 15 ppm) dan suhu adsorpsi (30°C, 40°C dan 50°C). *TriCalcium Phosphate* sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam 500 mL larutan Cu^{2+} . Konsentrasi Cu^{2+} di dalam cairan dianalisa dengan menggunakan AAS dan didapat data konsentrasi Cu^{2+} yang tersisa dalam larutan.



Gambar 1. Rangkaian peralatan adsorpsi secara *batch*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Suhu dan Konsentrasi terhadap Daya Jerap pada Kondisi Kesetimbangan

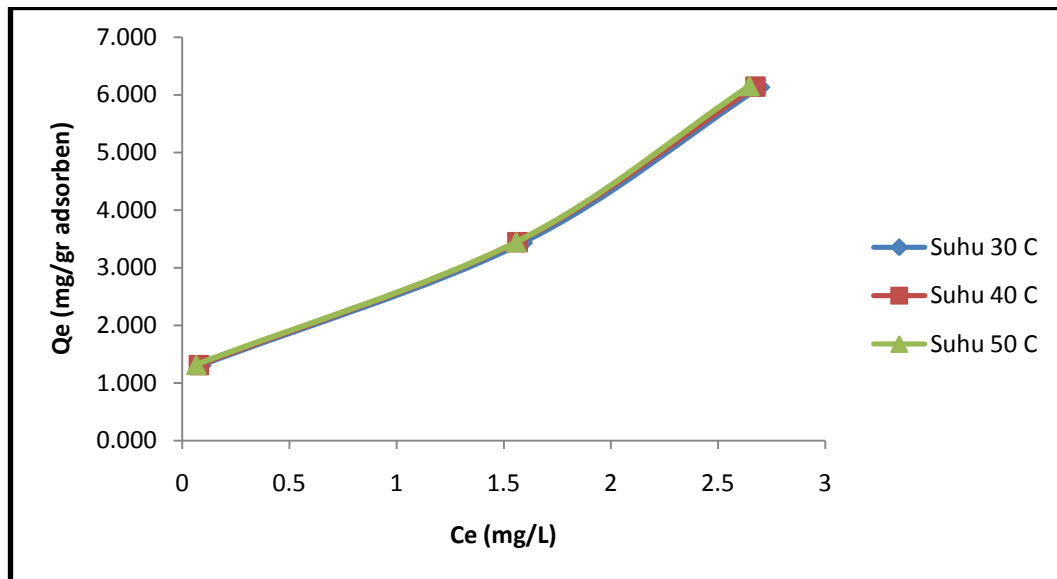
Hasil analisa daya jerap *TriCalcium Phosphate* terhadap tembaga pada konsentrasi 3 ppm, 9 ppm, 15 ppm dengan variasi suhu 30°C, 40°C, 50°C selama 2 jam dengan kecepatan pengadukan 300 rpm dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Suhu Terhadap Daya Jerap pada Berbagai Konsentrasi Cu

Konsentrasi Awal (C_0) (mg/L)	Daya Jerap (Q_e) (mg Cu/gr adsorben)		
	Suhu 30°C	Suhu 40°C	Suhu 50°C
2,703	1,307	1,313	1,318
8,452	3,432	3,444	3,447
14,954	6,130	6,140	6,154

Berdasarkan hasil penelitian yang ditampilkan pada Tabel 1 terlihat semakin besar konsentrasi adsorbat, maka kemampuan jerap adsorben semakin meningkat. Hal ini terjadi karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, tumbukan antara adsorben dan adsorbat meningkat sehingga jumlah adsorbat yang terjerap semakin banyak.

Gambar 2 dibawah ini memperlihatkan hubungan C_e (konsentrasi adsorbat pada keadaan setimbang) dengan Q_e (kapasitas jerap adsorben pada keadaan setimbang). Dari gambar tersebut dapat dilihat pengaruh berbagai suhu terhadap daya jerap pada berbagai konsentrasi Cu.



Gambar 2. Hubungan C_e terhadap Q_e pada berbagai suhu

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu, kemampuan jerap adsorben semakin menurun. Hal ini dikarenakan bahwa semakin tinggi suhu, maka akan terjadi peristiwa desorpsi. Terjadinya peristiwa desorpsi karena adanya gaya *Van Der Waals*, yaitu gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lainnya sehingga menyebabkan kapasitas penjerapan

akan semakin menurun [Cheremisinoff, 1978].

Pengujian Model Kesetimbangan Adsorpsi

Model kesetimbangan adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini adalah model kesetimbangan Freundlich, Langmuir, dan BET.

Dimana semakin kecil persentase kesalahan, semakin mendekati model yang di uji. Dari Tabel 2, yang mendekati model kesetimbangan adalah model Freundlich. Persentase kesalahan pada suhu 30°C untuk persamaan Freundlich adalah sebesar

Tabel 2. Perbandingan Q_e percobaan dan Q_e perhitungan pada suhu 30°C

C_o (mg/L)	C_e (mg/L)	Q_e percobaan (mg/g)	Q_e Perhitungan (mg/g)		
			Freundlich	Langmuir	BET
2,703	0,089	1,307	1,268	1,311	1,373
8,452	1,588	3,432	4,168	4,301	4,443
14,954	2,695	6,130	5,186	4,555	4,334
Persen Kesalahan (%)			13,279	17,108	21,271

13,279 %, sedangkan model persamaan Langmuir sebesar 17,108 % dan persamaan BET sebesar 21,271 %. Dari hasil itu, dapat dilihat yang mendekati adalah persamaan Freundlich.

13,846 %, sedangkan model persamaan Langmuir sebesar 17,498 % dan persamaan BET sebesar 21,635 %. Dari hasil itu, dapat dilihat yang mendekati adalah persamaan Freundlich.

Tabel 3. Perbandingan Q_e percobaan dan Q_e perhitungan pada suhu 40°C

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe percobaan (mg/g)	Qe Perhitungan (mg/g)		
			Freundlich	Langmuir	BET
2,703	0,078	1,313	1,274	1,326	1,385
8,452	1,564	3,444	4,189	4,339	4,455
14,954	2,674	6,140	5,183	4,565	4,373
Persen Kesalahan (%)			13,384	17,548	21,216

Dari Tabel 3, yang mendekati model kesetimbangan pada suhu 40°C adalah model Freundlich. Persentase kesalahan pada suhu 40°C untuk persamaan Freundlich adalah sebesar 13,384 %, sedangkan model persamaan Langmuir sebesar 17,548 % dan persamaan BET sebesar 21,216 %. Dari hasil itu, dapat dilihat yang mendekati adalah persamaan Freundlich.

Persen Ralat Rata – Rata

Berdasarkan pengujian masing – masing model, diperoleh persen kesalahan rata – rata yang dapat dilihat pada Tabel 5. Tabel 5 memperlihatkan bahwa isoterm adsorpsi Freundlich memberikan persen kesalahan yang relatif kecil, hal ini menjelaskan bahwa penjerapan yang terjadi adalah secara fisis.

Tabel 4. Perbandingan Q_e percobaan dan Q_e perhitungan pada suhu 50°C

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe percobaan (mg/g)	Qe Perhitungan (mg/g)		
			Freundlich	Langmuir	BET
2,703	0,067	1,318	1,280	1,319	1,406
8,452	1,559	3,447	4,218	4,353	4,451
14,954	2,646	6,154	5,154	4,546	4,363
Persen Kesalahan (%)			13,846	17,498	21,635

Dari Tabel 4, yang mendekati model kesetimbangan pada suhu 50°C adalah model Freundlich. Persentase kesalahan pada suhu 50°C untuk persamaan Freundlich adalah sebesar

Secara keseluruhan nilai persen kesalahan isoterm Freundlich lebih kecil dari isoterm Langmuir dan BET. Daya jerap paling baik terjadi pada suhu 30°C dan model persamaan Freundlich yaitu dengan persentase kesalahan 13,279 %.

Tabel 5. Persen ralat rata – rata berbagai model adsorpsi

Parameter	% Kesalahan Qe		
	Freundlich	Langmuir	BET
Suhu 30°C	13,279	17,108	21,271
Suhu 40°C	13,384	17,548	21,216
Suhu 50°C	13,846	17,498	21,635
Persen Kesalahan Rata - Rata	13,503	17,384	21,374

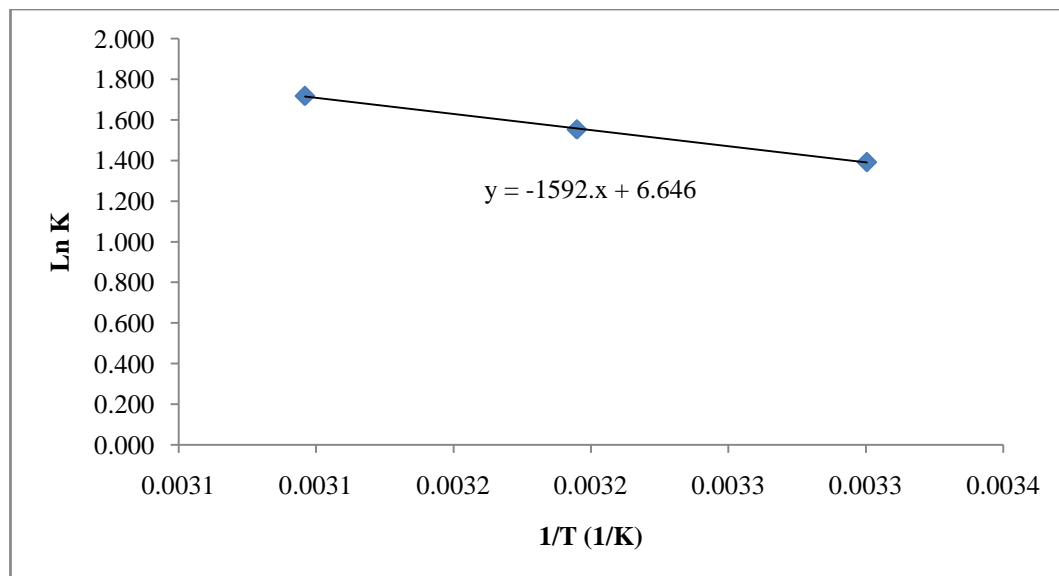
Panas Adsorpsi

Grafik hubungan suhu terhadap konstanta kesetimbangan secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.

Dapat diketahui panas adsorpsi sebesar 3,163 Kkal/mol.K. Karena panas adsorpsi yang diperoleh dibawah 20 Kkal/mol.K, maka adsorpsi yang terjadi bersifat fisis [Noll dkk, 1992].

Qe 1,307 mg/gr, sedangkan pada temperatur 40°C dan 50°C memiliki nilai Qe secara berurut 1,313 mg/gr dan 1,318 mg/gr (pada Co 2,703 mg/L).

2. Semakin tinggi konsentrasi awal maka daya jerap akan semakin tinggi. Seperti pada Co 2,703 mg/L memiliki nilai Qe 1,307 mg/gr, sedangkan



Gambar 3. Hubungan suhu adsorpsi dengan konstanta kesetimbangan

KESIMPULAN

1. Semakin besar temperatur adsorpsi maka kapasitas jerap semakin lemah. Seperti pada temperatur 30°C memiliki nilai

pada Co 8,452 mg/L dan 14,954 mg/L memiliki nilai Qe secara berurut 3,432 mg/gr dan 6,130 mg/gr (pada suhu 30°C).

3. Model kesetimbangan yang paling cocok adalah isoterm

Freundlich yang mewakili adsorpsi fisika.

4. Panas adsorpsi yang diperoleh sebesar 3,163 Kkal/mol.K.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Corami, A., Silvano M., Vincenzo F., 2007, Cadmium removal from single - and multi - metal (Cd + Pb + Zn + Cu) solutions by sorption on hydroxyapatite, *Journal of Colloid and Interface Science*, 317, 402 – 408..
- [2] Hastuti, S.P., Alfonds A.M., 2008, Status Pencemaran Dan Sedimentasi Logam Berat Di Sungai Ledok (Salatiga – Jawa Tengah) Akibat Buangan Air Limbah Pabrik Tekstil, *Jurnal Formas*, 2, 74 – 80.
- [3] Mourabet, M., A El Rhilassi, H El Boujaady, M Bennani Ziatni, R El Hamri, A Taitai, 2012, Removal of fluoride from aqueous solution by adsorption on apatitic tricalcium phosphate using box – behnken design and desirability function, *Applied Surface Science*, 258, 4402 – 4410.
- [4] Noll, K.E., Gaurnaris, V., Hou, W.S. (1992). *Adsorption technology for air and water pollution control*. Michigan : Lewis Publisher Inc.