

# KESETIMBANGAN ADSORPSI $\text{Cd}^{2+}$ DENGAN MENGGUNAKAN ZEOLIT TERAKTIVASI

Adhe Syaputra<sup>1</sup>, Sunarno<sup>2</sup>, Silvia Reni Yenti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

<sup>1</sup>adspidy28yni@yahoo.co.id

## ABSTRACT

The use and utilization of one of the adsorbents can be used in tackling metal waste  $\text{Cd}^{2+}$  is zeolite. The purpose of this research reserve zeoliteactivated at various concentrations and temperatures and study the equilibrium solution  $\text{Cd}^{2+}$  Adsorption  $\text{Cd}^{2+}$  using activated zeolite and determine equilibrium models. Variables of this study is divided into two independent variables and the variables remain.  $\text{Cd}^{2+}$  Solution concentration used was 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, and 20 ppm. Temperature used were 30°C, 40°C and 50°C. Reserve maksimum power in this study occurred at 30°C and 20 ppm concentration is 0,1261, which is the most suitable model of equilibrium is the Langmuir isotherm corrected value of 4,4411 %.

Key Words:  $\text{Cd}^{2+}$ , Zeolite, Adsorption, Equilibrium

## 1 Pendahuluan

Perkembangan industri yang cukup pesat diberbagai negara menyebabkan polusi industri meningkat pula secara signifikan, oleh karena itu permasalahan limbah industri semakin berkembang menjadi permasalahan global yang serius. Hal ini mengakibatkan perlakuan dalam pengolahan limbah industri menjadi topik global karena limbah dari berbagai sumber dapat terakumulasi di tanah atau masuk ke dalam sistem perairan. Pencemaran lingkungan salah satunya dapat disebabkan oleh adanya logam berat dalam jumlah diatas ambang batas. Beberapa logam berat yang dapat mencemari lingkungan dan bersifat toksik adalah krom (Cr), perak (Ag), kadmium (Cd), timbal (Pb), seng (Zn), merkuri (Hg), tembaga (Cu), besi (Fe), molibdat (Mo), nikel (Ni), timah (Sn), kobalt (Co) dan unsur-unsur yang termasuk ke dalam logam ringan seperti arsen (As), aluminium (Al) dan selenium (Se).

Logam kadmium banyak dihasilkan antara lain oleh industri cat dan industri pelapisan logam. Pemerintah melalui Kep-51/Menlh/10/1995 menetapkan baku mutu limbah cair industri yang mengandung logam Cd yaitu 0,10 mg/L. Teknologi yang umum digunakan untuk mengatasi logam berat adalah presipitasi, pertukaran ion dan reverse osmosis, penambahan bahan kimia dan adsorpsi. Teknologi presipitasi dijalankan dengan cara sederhana dan mudah, namun teknologi ini tidak banyak berhasil untuk konsentrasi yang rendah serta apabila terjadi perubahan pH. Teknologi pertukaran ion dapat bekerja pada konsentrasi yang rendah, namun teknologi ini membutuhkan biaya operasi yang cukup tinggi. Biaya operasi akan semakin tinggi bila digunakan teknologi reverse osmosis, sedangkan penambahan bahan kimia akan menyebabkan limbah baru [Suhendrayatna, 2001].

Diantara proses tersebut, proses yang paling baik digunakan untuk menangani masalah tersebut adalah proses adsorpsi. Metode adsorpsi adalah salah satu metode alternatif yang potensial karena prosesnya yang relatif sederhana, dapat bekerja pada konsentrasi rendah, dapat di daur ulang, dan biaya yang dibutuhkan relatif murah. Adsorpsi didefinisikan sebagai pengambilan molekul - molekul oleh permukaan luar atau permukaan dalam suatu padatan adsorben atau oleh permukaan larutan. Beberapa faktor penting yang dapat mempengaruhi tingkatan terjadinya adsorpsi tersebut adalah pengadukan, karakteristik adsorben, daya larut, ukuran molekul zat terlarut, pH larutan dan temperatur larutan [Andreas dan Ali, 2004].

Pemilihan adsorben didasarkan pada kapasitas, selektifitas, kecepatan penjerapan, tidak mengandung bahan pencemar berbahaya dan harganya murah. Salah satu adsorben yang dapat digunakan dalam menanggulangi limbah logam  $Cd^{2+}$  adalah zeolit. Zeolit merupakan material berpori yang penggunaannya sangat luas. Kegunaan zeolit didasarkan atas kemampuannya melakukan pertukaran ion, adsorpsi dan katalisator. Zeolit memiliki bentuk kristal yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben [Sutarti dan Rachmawati, 1994].

Peningkatan daya guna atau optimalisasi zeolit sebagai adsorben dapat dilakukan melalui aktivasi secara fisis maupun kimia [Priatna, dkk, 1985]. Proses aktivasi secara fisis dilakukan dengan pemanasan (kalsinasi). Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga jumlah pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah. Aktivasi secara

kimia bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengganggu dan menata kembali letak atom yang dapat dipertukarkan [Suyartono dan Husaini, 1991].

Penelitian ini bertujuan untuk Mempelajari daya jerap zeolite teraktivasi pada berbagai macam konsentrasi dan suhu larutan Kadmium ( $Cd^{2+}$ ), Mempelajari kesetimbangan adsorpsi Kadmium ( $Cd^{2+}$ ) dengan menggunakan zeolite teraktivasi dan menentukan model kesetimbangannya.

## 2 Metodologi

Penelitian ini melalui beberapa tahapan.

### a. Persiapan Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan di dalam penelitian ini adalah asam nitrat ( $HNO_3$ ) dengan konsentrasi 0,1 N, zeolit alam, kadmium (Cd) dan aquadest yang berfungsi sebagai pencuci. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), erlenmeyer, alat yang digunakan dalam proses pengaktifan zeolit seperti ayakan 100 mesh, cawan porselin, furnace, pH meter, beaker glass, kertas saring dan oven. Sedangkan alat yang digunakan pada proses adsorpsi seperti pengaduk, water batch dan beaker glass.

### b. Variabel & Prosedur Penelitian

Variabel penelitian ini dibagi menjadi 2 (dua) yaitu variabel bebas dan variabel tetap. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah kecepatan pengadukan dan ukuran butir zeolit. Kecepatan pengadukan yang dipakai pada penelitian ini yaitu 200 rpm dan ukuran butir zeolitnya 100 mesh yaitu zeolit dengan ukuran sangat kecil yang lolos diayakan 100 mesh dan tertahan diayakan ukuran 200 mesh. Sedangkan variabel bebas yaitu konsentrasi larutan Cd dan suhu adsorpsi. Konsentrasi larutan Kadmium (Cd) yang digunakan yaitu 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm. Suhu adsorpsi yang digunakan yaitu  $30^{\circ}C$ ,  $40^{\circ}C$  dan  $50^{\circ}C$ . Prosedur penelitian berguna

untuk mengurutkan kegiatan yang akan digunakan dalam penelitian ini supaya mempermudah dalam pelaksanaan penelitian. Adapun tahap-tahap dalam penelitian ini yaitu, Tahap Persiapan Bahan, Penentuan Waktu Kesetimbangan, Pengambilan dan Pengolahan Data Keseimbangan, Percobaan pada Variasi Suhu, Analisa Hasil.

c. Penentuan Waktu Kesetimbangan  
 Tujuan untuk mencari waktu kesetimbangan ialah untuk mendapatkan waktu kesetimbangan penjerapan kadmium (Cd). Larutan Cd dengan konsentrasi 5 ppm sebanyak 200 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian dimasukkan zeolit seberat 1/10 dari volume larutan dan diaduk. Pengambilan sampel dilakukan pada tiap interval 30 menit sebanyak 10 mL kemudian disaring menggunakan kertas saring lalu dianalisa dengan menggunakan AAS. Waktu kesetimbangan tercapai jika penambahan waktu kontak tidak lagi menambah jumlah logam (kadmium) yang terjerap

### 3. Pengolahan Data Kesetimbangan

Larutan Cd dengan konsentrasi bervariasi (5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm) sebanyak 200 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kedalam larutan dimasukkan zeolit teraktivasi seberat 1/10 dari volume larutan pada suhu kamar (30°C). Pengambilan sampel dilakukan pada waktu t=0 dengan kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu kesetimbangan (te) kemudian dianalisa dengan AAS, maka akan diperoleh Co dan Ce. Percobaan diulangi dengan konsentrasi larutan Cd 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm. Dengan data Co dan Ce maka dapat diketahui Qe dengan rumus :

$$Q_e = \frac{V(Co - Ce)}{m}$$

Dimana,

Qe = Jumlah adsorbat yang dijerap pada saat kesetimbangan

V = volume larutan logam

m = massa adsorben

Ce = konsentrasi adsorbat di larutan saat setimbang

Co = konsentrasi adsorbat dilarutan mula-mula

Pasangan data Qe dan Ce di plot dalam kurva Ce Vs Qe membentuk kurva kesetimbangan. Dari data dan kurva kesetimbangan dapat dipelajari karakteristik kesetimbangan dan dapat dimodelkan untuk memperoleh konstanta-konstanta dan model yang paling sesuai. Kurva yang diperoleh kemudian dibandingkan, dianalisa dan dimodelkan sehingga diperoleh karakteristik kesetimbangan dan parameter yang diperlukan

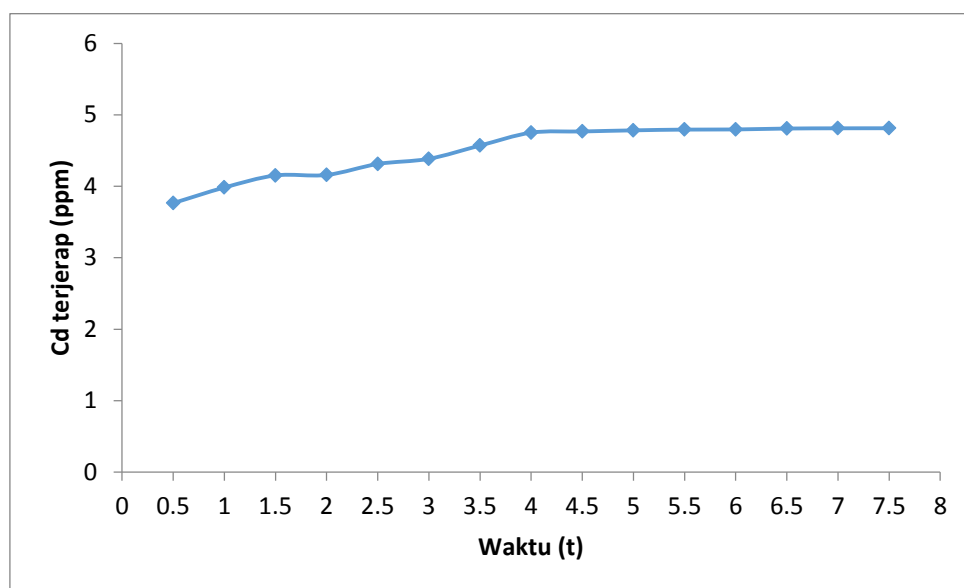
Untuk menentukan model yang cocok dilakukan dengan cara membandingkan Qe perhitungan dengan Qe percobaan. Model yang terbaik adalah model yang memiliki kesalahan relatif dan kesalahan ratat terkecil. Persen kesalahan relatif dan persen kesalahan ralat didefinisikan sebagai berikut :

$$\text{Persen.ralat.relentif} = \frac{Q_e \text{ data} - Q_e \text{ perhitungan}}{Q_e \text{ data}} \times 100 \%$$

$$\text{Ralat rata-rata} = \frac{\text{persen ralat relatif}}{\text{jumlah data}}$$

### 4 Hasil Analisa

Untuk mendapatkan waktu kesetimbangan penjerapan logam Cd<sup>2+</sup> oleh zeolite teraktivasi, dilakukan dengan menggontakkan larutan Cd<sup>2+</sup> pada konsentrasi awal 5,1362 ppm dan zeolite teraktivasi menggunakan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 30°C. Waktu kesetimbangan diperoleh jika tidak ada lagi perubahan konsentrasi adsorbat pada sampel. Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa kesetimbangan tercapai setelah terjadi pengontakan larutan logam dengan adsorben selama 6,5 jam. Logam yang terjerap selama waktu 6,5 jam sampai 7,5 jam tidak lagi menambah logam yang terjerap.



**Gambar 4.1** Waktu Kesetimbangan Penjerapan Logam Cd<sup>2+</sup>

Berdasarkan hasil penelitian yang ditampilkan pada Tabel 4.1 terlihat pengaruh konsentrasi awal terhadap penjerapan logam kadmium dengan menggunakan zeolit aktif, bahwa semakin tinggi konsentrasi awal maka penjerapan semakin meningkat. Hal ini terjadi karena konsentrasi adsorbat pada saat mula-mula tinggi, sehingga jumlah adsorbat yang terjerap semakin banyak. Dari sini diketahui bahwa proses adsorpsi akan optimal terjerap untuk adsorbat yang berkonsentrasi besar.

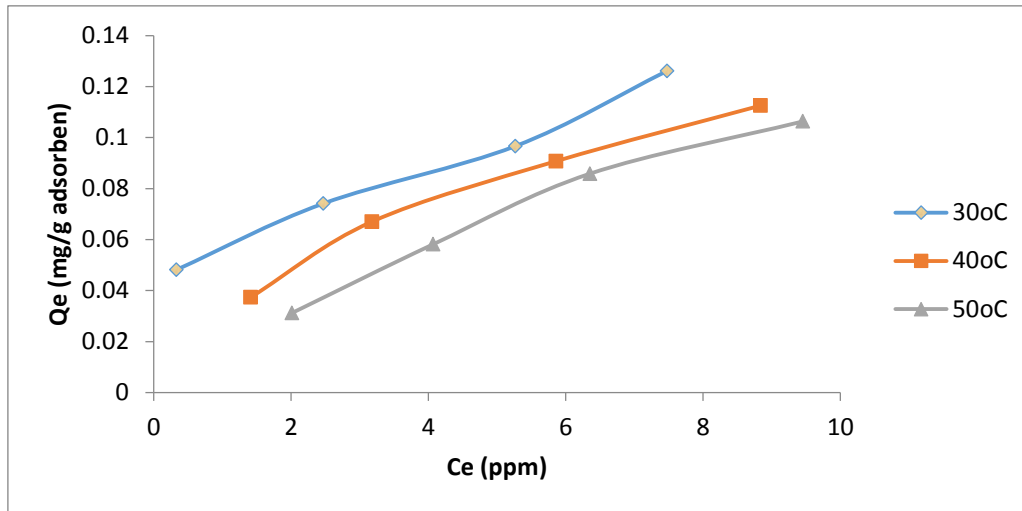
Hal ini juga terbukti pada penelitian sebelumnya Baharudin [2009]

meneliti kesetimbangan adsorpsi dengan menggunakan zeolit teraktivasi dan logam berat Pb<sup>2+</sup> mendapatkan daya jerap maksimum pada suhu 30°C dan konsentrasi 20 ppm sebesar 0,1244 mg/g. Dari tabel 4.1 terlihat bahwa pada konsentrasi 5 sampai 20 ppm Cd<sup>2+</sup> diperoleh daya jerap zeolit sebesar 0,0481 sampai dengan 0,1261.

Gambar 4.2 memperlihatkan hubungan antara konsentrasi adsorbat pada keadaan setimbang (C<sub>e</sub>) dengan daya jerap adsorben pada keadaan setimbang (Q<sub>e</sub>). Dari Gambar tersebut dapat dilihat pengaruh berbagai suhu.

Tabel. 4.1. Hasil Daya Jerap Zeolit Aktif terhadap Cd<sup>2+</sup>

Konsentrasi awal, C <sub>o</sub> (ppm)	Daya Jerap, Q <sub>e</sub> (Mg/g)		
	Suhu 30°C	Suhu 40°C	Suhu 50°C
5,1362	0,0481	0,0373	0,0312
9,8757	0,0741	0,0670	0,0581
14,9275	0,0966	0,0907	0,0858
20,0836	0,1261	0,1125	0,1063



**Gambar 4.2** Hubungan Ce dan Qe Pada Berbagai Suhu

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu maka proses penjerapan yang terjadi semakin lemah. Hal ini dapat terjadi karena dengan kenaikan suhu menyebabkan bertambahnya reaktifitas dan difusifitas atom atom yang teradsorpsi dalam pori, yang berdampak atom lebih mudah lepas kembali meninggalkan zat penjerap [Kundari dan Wiyuniati, 2008]. Dengan lepasnya adsorbat yang telah terikat pada permukaan adsorben menyebabkan daya jerap akan semakin menurun dengan kenaikan suhu.

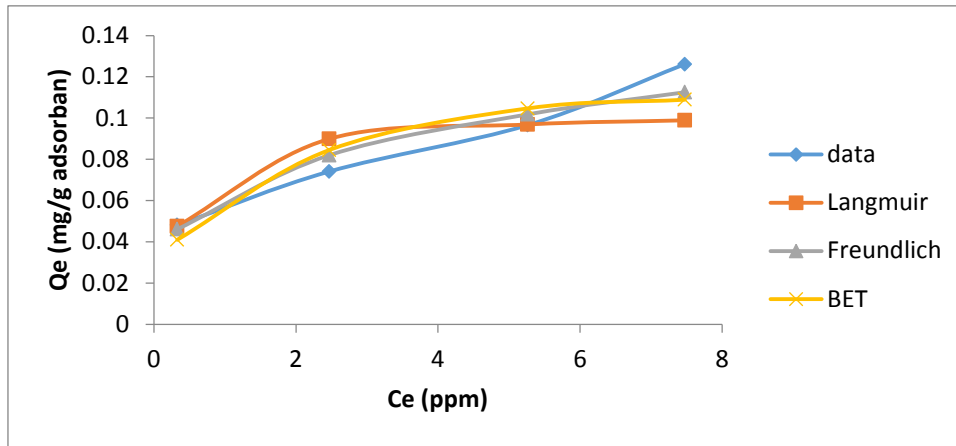
#### 4.1 Prediksi Model Kesetimbangan

Isoterm adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan persamaan adsorpsi Langmuir, Freundlich dan BET. Konstanta-konstanta yang diperoleh dari persamaan tersebut dapat digunakan untuk melihat karakteristik

adsorpsi. Pengujian model kesetimbangan dilakukan dengan metode regresi linier untuk setiap variasi suhu adsorpsi, kemudian akan diperoleh parameter kesetimbangan. Parameter kesetimbangan tersebut dimasukkan ke dalam masing-masing persamaan model yang ditinjau dan akan diperoleh jumlah logam  $Cd^{2+}$  yang terjerap berdasarkan hasil perhitungan dan kemudian dibandingkan dengan jumlah  $Cd^{2+}$  yang terjerap berdasarkan hasil penelitian. Sehingga akan diperoleh presentase kesalahan (contoh perhitungan terlampir). Pada Tabel 4.2 sampai 4.4 serta Gambar 4.3 sampai 4.5 dapat dilihat perbandingan Qe hasil perhitungan melalui model kesetimbangan dengan Qe data berdasarkan penelitian. Sedangkan pada tabel 4.5 memperlihatkan ralat rata-rata pada berbagai model.

**Tabel 4.2** Perbandingan Qe Penelitian dan Qe Perhitungan Pada Suhu 30°C

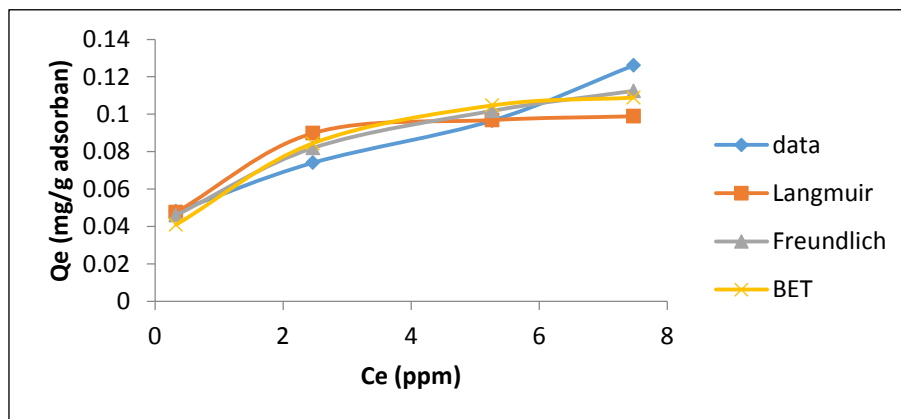
Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Qe Perhitungan (mg/g)		
		Langmuir	Freundlich	BET
0,3281	0,0481	0,0476	0,0461	0,0410
2,4684	0,0741	0,0899	0,0820	0,0845
5,2652	0,0966	0,0969	0,1018	0,1047
7,4758	0,1261	0,0989	0,1125	0,1089
Ralat (%)		10,1236	7,4213	12,1112



**Gambar 4.3** Hubungan Konsentrasi  $Cd^{2+}$  yang terjerap ( $Q_e$ ) terhadap Konsentrasi  $Cd^{2+}$  Pada Saat Kesetimbangan ( $C_e$ ) Pada Suhu  $30^{\circ}C$

**Tabel 4.3** Perbandingan  $Q_e$  Penelitian dan  $Q_e$  Perhitungan Pada Suhu  $40^{\circ}C$

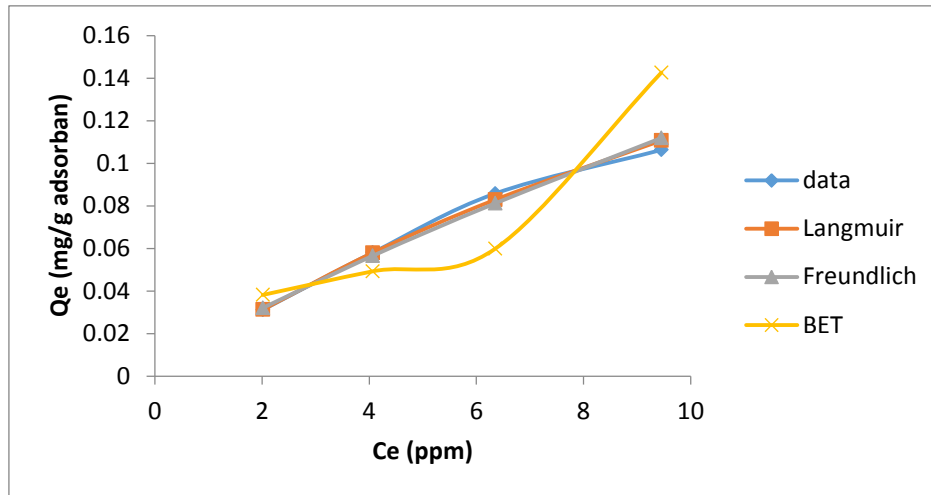
Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Qe Perhitungan (mg/g)		
		Langmuir	Freundlich	BET
1,4106	0,0373	0,0373	0,0386	0,0413
3,1783	0,0670	0,0664	0,0628	0,0564
5,8582	0,0907	0,0929	0,0906	0,0889
8,8365	0,1125	0,1106	0,1158	0,1208
Ralat (%)		1,2381	3,1757	8,5904



**Gambar 4.4** Hubungan Konsentrasi  $Cd^{2+}$  yang terjerap ( $Q_e$ ) terhadap Konsentrasi  $Cd^{2+}$  Pada Saat Kesetimbangan ( $C_e$ ) Pada Suhu  $40^{\circ}C$

**Tabel 4.4** Perbandingan  $Q_e$  Penelitian dan  $Q_e$  Perhitungan Pada Suhu  $50^{\circ}C$

Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Qe Perhitungan (mg/g)		
		Langmuir	Freundlich	BET
2,0141	0,0312	0,0313	0,0321	0,0382
4,0683	0,0581	0,0580	0,0566	0,0493
6,3517	0,0858	0,0829	0,0812	0,0599
9,4524	0,1063	0,1107	0,1119	0,1426
Ralat (%)		1,9616	3,9378	22,2783



**Gambar 4.5** Hubungan Konsentrasi  $Cd^{2+}$  yang terjerap ( $Q_e$ ) terhadap Konsentrasi  $Cd^{2+}$  Pada Saat Keseimbangan ( $C_e$ ) Pada Suhu  $50^{\circ}C$

**Tabel 4.5** Ralat rata-rata  $Q_e$  pada berbagai model

Suhu	% Kesalahan $Q_e$		
	Langmuir	Freundlich	BET
30	10,1236	7,4213	12,1112
40	1,2381	3,1757	8,5904
50	1,9616	3,9378	22,2783
Rata-rata	4,4411	4,8449	14,3266

Dari Tabel 4.2 sampai 4.4 dan Gambar 4.3 sampai 4.5 memperlihatkan bahwa isoterm langmuir adalah model yang paling baik dari ketiga model karena memberikan ralat yang lebih kecil dari ketiga model. Ralat rata-rata isoterm langmuir 4,4411 % yang lebih kecil dari model Freundlich serta model BET. Hal ini berarti adsorpsi yang terjadi menggambarkan kondisi kesetimbangan antara permukaan dan larutan yang dapat bersifat bolak-balik/reversible [Setiakurniasih, 2008].

## 5 Kesimpulan

Bedasarkan Hasil Percobaan dan Perhitungan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Pengaruh konsentrasi dan suhu adsorpsi logam  $Cd^{2+}$  dengan menggunakan zeolit aktif yaitu

semakin tinggi konsentrasi awal yaitu pada konsentrasi 20 ppm pada suhu  $30^{\circ}C$  maka daya jerap akan semakin tinggi sebesar 0,1261.

2. Semakin tinggi suhu adsorpsi pada suhu  $50^{\circ}C$  maka penyerapan akan semakin lemah yaitu dengan daya jerap 0,1063.
3. Model kesetimbangan yang paling cocok adalah isoterm langmuir dengan nilai ralat sebesar 4,4411 %.

## 6 Saran

Dari hasil penelitian yang didapat, penulis menyarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai Kesetimbangan Adsorpsi  $Cd^{2+}$  menggunakan Zeolite teraktivasi dengan konsentrasi dan suhu yang berbeda dari penelitian sebelumnya.

## 7 Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Sunarno, ST., MT dan Ibu Dra. Silvia Reni Yenti, M.Si yang telah membimbing dan memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Amri, A, Supranto, M. Fahrurozi, 2004, Kesetimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol, *Jurnal Natur Indonesia*, Hal 111-117.
- Andreas, D.P dan Ali, M. 2004, "Penurunan Kadar Besi Oleh Media Zeolit Alam Ponorogo Secara Kontinyu", Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Baharudin, A., 2009, *Kesetimbangan Adsorpsi Pb<sup>2+</sup> dengan menggunakan zeolit teraktivasi*, Laporan Penelitian Universitas Riau, Riau.
- Cheremisinoff, Paul N and Fred Ellerbusch, 1978 "Carbon Adsorption Handbook", Ann Arbor Science Publishers, inc, Michigan.
- Keputusan Menteri KLH Nomor KEP 51/MENKLH/10/1995 tentang *Baku Mutu Limbah cair bagi Kegiatan Industri*.
- Priatna, K., Suharto, S., & Syariffudin, A. 1985. Prospek pemakaian zeolit bayah sebagai penyerap NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dalam air limbah. Laporan Teknik Pengembangan. 69. PPTM. Bandung.
- Setiakurniasih, Y., (2008), Pengaruh Penambahan Sodium Silika Terhadap Adsorpsi Logam Tembaga (Cu<sup>+2</sup>) Oleh Lumpur Sidoarjo dan Kualitas Solidifikasinya Sebagai Bata Merah, *Tesis*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Suhendrayatna., 2001, Suhendrayatna, 2001, *Bioremoval Logam Berat dengan menggunakan mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan*, (<http://www.istecs.org/publication/Japan/01021>) Suhendrayatna.PDF, diakses 10 Desember 2012
- Sutarti, M dan Rachmawati, M., 1994, *Zeolit Tinjauan Literatur*, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah LIPI: Jakarta.
- Suyartono & Husaini. 1991. Tinjauan terhadap kegiatan penelitian karakterisasi dan pemanfaatan zeolit Indonesia yang dilakukan PPTM Bandung Periode 1890-1991. *Buletin PPTM*. Bandung