

## PENJERAPAN LOGAM KADMIUM ( $Cd^{2+}$ ) DENGAN ADSORBEN CANGKANG TELUR BEBEK YANG TELAH DIAKTIVASI

Krisnawati, Jasinda, Iriany  
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,  
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia  
Email : krisnawati\_16@students.usu.ac.id

### Abstrak

Limbah berbahaya merupakan limbah yang membahayakan kesehatan manusia. Salah satu logam berat yang terkandung di dalam limbah berbahaya adalah kadmium. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik penjerapan kadmium, penentuan waktu setimbang, persentase adsorpsi, kinetika adsorpsi, isotherm adsorpsi dan kapasitas adsorpsi dari penjerapan ion logam Cd dengan adsorben cangkang telur bebek. Adsorben cangkang telur bebek yang telah diaktivasi pada suhu  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  dimasukkan ke dalam larutan logam kadmium dan diaduk. Sampel diambil setiap 10 menit untuk diuji dengan AAS. Pada penelitian ini menunjukkan persentase adsorpsi yang semakin meningkat dan semakin lama waktu setimbang dicapai seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben. Persamaan orde satu Lagergen digunakan sebagai model kinetika adsorpsi dan persamaan Bangham digunakan sebagai model isotherm adsorpsi.

**Kata kunci:** adsorben, adsorpsi, logam berat, isotherm adsorpsi, kinetika adsorpsi

### Abstract

Harzadous waste water is the waste that can be harmful to human's health. One of heavy metals that contains in harzadous waste is cadmium. This research aims to investigate the characteristic of cadmium adsorption, equilibrium time, percentage adsorption, adsorption kinetic, adsorption isotherm and capacity of cadmium adsorption by using duck egg's shell adsorbent. Duck egg's shell adsorbent that had been activated at  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  were put into cadmium solution and mixed together. Every 10 minutes experimental samples were analyzed using AAS. The results indicated that percentage adsorption increases and the longer equilibrium time will be reached with an increase of adsorbent dosage. The Lagergen first order Models was applied as adsorption kinetics model and the Bangham Models was applied as adsorption isotherms models.

**Keywords:** adsorbent, adsorption, heavy metal, adsorption isotherm, adsorption kinetic

### Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan dasar dari kehidupan karena peranan air yang begitu kompleks bagi makhluk hidup dan lingkungan. Akan tetapi seiring dengan berkembangnya IPTEK, memacu terjadinya pencemaran baik pencemaran air, udara maupun tanah. Pencemaran ini bisa disebabkan oleh limbah yang dibuang oleh industri. Limbah yang paling banyak mendapat perhatian adalah limbah logam – logam berat seperti kadmium (Cd).

Industri elektroplating merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah logam berat. Limbah yang dihasilkan tergolong limbah berbahaya. Di dalam limbah tersebut terkandung logam kadmium. Pada tahun 2008 jumlah limbah  $B_3$  yang dihasilkan di negara Indonesia sebanyak 402 juta ton. Sementara pada tahun 2009 jumlah limbah  $B_3$  yang dihasilkan naik menjadi 438 juta ton [7]. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, konsentrasi kadmium yang aman untuk air minum manusia tidak boleh lebih dari 1 ppm [8]. Dengan demikian

perlu ditemukan cara untuk mengolah limbah berbahaya agar tidak membahayakan lingkungan.

Para peneliti sebelumnya menemukan bahwa kalsit yang ada pada cangkang telur bebek dapat digunakan sebagai adsorben untuk menjerap (mengadsorpsi) logam – logam berat [1]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan adsorben cangkang telur bebek yang telah diaktivasi pada suhu  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  untuk menjerap ion logam kadmium. Selain itu juga untuk menentukan waktu setimbang, kinetika adsorpsi, isotherm adsorpsi dan kapasitas adsorpsi dari proses penjerapan ion logam kadmium.

### Teori

Logam kadmium digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik. Logam kadmium masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa cara seperti pernafasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit [5].

Adsorpsi adalah proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fasa fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menjerap (adsorben) [2]. Proses adsorpsi terjadi pada permukaan pori –

pori dalam adsorben [6]. Luas permukaan spesifik sangat mempengaruhi besarnya kapasitas adsorpsi dari adsorben [3]. Di dalam penelitian ini digunakan cangkang telur bebek sebagai adsorbennya. Penggunaan adsorben cangkang telur bebek disebabkan daya serap yang baik, limbah dapur yang sangat banyak dan tidak dimanfaatkan.

Model kinetika adsorpsi yang diperoleh digunakan untuk memeriksa kinetika adsorpsi dari logam berat dan untuk mengetahui skala kuantitas yang diadsorpsi pada proses adsorpsi [10].

Dalam penelitian ini digunakan persamaan kinetika orde satu semu *Lagergen* untuk mewakili proses penjerapan logam kadmium. Persamaan orde satu semu *Lagergen* ditunjukkan pada persamaan 1 [2].

$$\frac{dq}{dt} = k_1 (q_{eq} - q_t) \dots\dots\dots (1)$$

dengan  $q_{eq}$  adalah jumlah material yang teradsorpsi per unit berat adsorben pada kesetimbangan (mmol/gr),  $q_t$  adalah jumlah material yang teradsorpsi per unit berat adsorben pada waktu  $t$  (mmol/gr),  $k_1$  adalah konstanta kecepatan adsorpsi orde satu semu (L/menit).

Setelah dilakukan integrasi dengan kondisi batas, untuk  $t = 0$  dan  $q = 0$  maka persamaannya ditunjukkan pada persamaan 2.

$$\log (q_{eq} - q) = \log (q_{eq}) - \frac{k_1}{2,303} t \dots\dots\dots (2)$$

Persamaan *isotherm* adsorpsi yang digunakan untuk penelitian ini adalah persamaan *isotherm* Freundlich. *Isotherm* Freundlich digunakan untuk rentang konsentrasi yang kecil dan campuran yang cair. *Isotherm* Freundlich berdasarkan asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang heterogen dan tiap molekul mempunyai potensi penjerapan yang berbeda - beda. Persamaan 3 merupakan persamaan Freundlich yang paling banyak digunakan pada saat ini.

$$\frac{x}{m} = kC^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

dengan  $x$  adalah banyaknya zat terlarut yang teradsorpsi (mg),  $m$  adalah massa dari adsorben (mg),  $C$  adalah konsentrasi dari adsorbat yang tersisa dalam kesetimbangan,  $k$  dan  $n$  adalah konstanta. Dari persamaan 3, jika konsentrasi larutan dalam kesetimbangan diplot sebagai absis dan konsentrasi adsorbat dalam adsorben sebagai ordinat pada koordinat logaritmik, akan diperoleh gradien  $n$  dan intersep  $k$ . Dari *isotherm* adsorpsi ini, akan diketahui kapasitas adsorben dalam menjerap air. *Isotherm* Freundlich ini digunakan dalam penelitian yang dilakukan, karena dengan *isotherm* adsorpsi ini dapat ditentukan efisiensi dari suatu adsorben [13].

**Metodologi Penelitian**

Bahan yang digunakan adalah adsorben cangkang telur bebek yang telah diaktivasi pada suhu 600 °C, larutan logam berat kadmium, *aquabidest* dan asam klorida.

**Proses Penjerapan Ion Logam Kadmium**

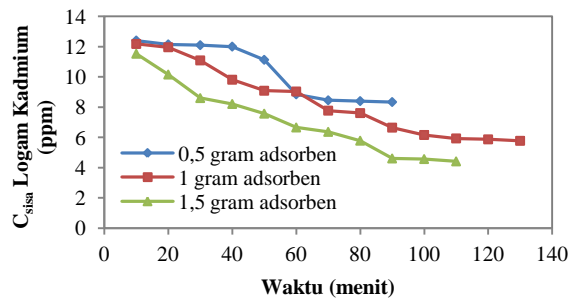
Tiga buah *beaker glass* 1000 ml diisi dengan larutan logam kadmium 12,5 ppm. Setelah itu, ke dalam masing – masing *beaker glass* ditambahkan adsorben sebanyak 0,5 gram; 1 gram dan 1,5 gram. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan interval waktu pengambilan sampel 10 menit hingga tercapai waktu setimbang. Sampel diambil dan disaring dengan menggunakan kertas saring. Sampel diukur konsentrasinya dengan menggunakan AAS. Pengukuran dilakukan terus hingga konsentrasi logam konstan.

**Hasil dan Pembahasan**

Berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan diperoleh bahwa luas permukaan dari adsorben cangkang telur tersebut sebesar 2.700,978 m<sup>2</sup>/g. Luas permukaan ini diukur dengan menggunakan metode metilen *blue* yang dilakukan oleh Putra [2008].

**Pengaruh Jumlah Adsorben Terhadap Waktu Setimbang dan Persentase Adsorpsi**

Hubungan antara konsentrasi logam kadmium yang tersisa di filtrat dengan waktu adsorpsi pada variasi jumlah adsorben dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1. Hubungan C<sub>sisa</sub> Ion Logam Kadmium terhadap Waktu**

Pada gambar 1 terlihat bahwa konsentrasi larutan kadmium yang tersisa dalam filtrat semakin menurun dengan bertambahnya waktu. Gambar 1 juga menunjukkan bahwa jumlah adsorben mempengaruhi konsentrasi logam kadmium yang tersisa dalam larutan.

Dari gambar 1 terlihat bahwa jumlah adsorben yang semakin kecil membuat waktu setimbang semakin singkat. Hasil yang diperoleh dari pengaruh jumlah adsorben dengan waktu setimbang dan persentase adsorpsi dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Persentase Adsorpsi yang Diperoleh dari Penjerapan Ion Logam Kadmium**

Jumlah Adsorben (gr)	Waktu Setimbang (menit)	Persentase Adsorpsi
0,5	90	33,2632
1,0	130	53,7895
1,5	110	64,6667

Berdasarkan penelitian Ghazy [2008], Nurhasni [2012] dan Siti [2010] diketahui bahwa konsentrasi ion logam semakin menurun dengan bertambahnya jumlah adsorben yang digunakan. Selain itu, waktu adsorpsi berpengaruh terhadap persentase adsorpsi. Pada awal kenaikan waktu adsorpsi maka akan menaikkan persentase adsorpsi ion logam. Semakin lama proses adsorpsi berlangsung maka persentase adsorpsi tidak akan mengalami kenaikan yang berarti. Hal ini disebabkan bahan penjerap telah jenuh sehingga pertambahan waktu tidak akan mempengaruhi persentase adsorpsi. Jumlah adsorben yang semakin banyak akan memperbanyak penjerapan ion logam yang ada pada suatu larutan sehingga persentase adsorpsi meningkat.

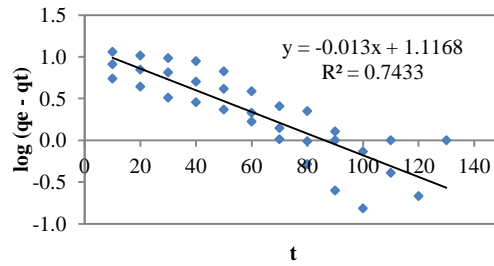
Dari tabel 1 terlihat bahwa dengan bertambahnya adsorben maka akan semakin lama waktu setimbang yang tercapai. Akan tetapi pada jumlah adsorben 1,5 gram tidak dijumpai fenomena yang sama seperti penjelasan sebelumnya. Dari hasil yang diperoleh waktu setimbang dengan menggunakan 1,5 gram lebih singkat daripada waktu setimbang yang diperoleh dari 1 gram adsorben. Hal ini disebabkan meningkatnya frekuensi tumbukan antara adsorbat dan adsorben sehingga menyebabkan sebagian besar ion logam kadmium yang ada pada filtrat telah terjerap ke dalam adsorben sehingga adsorben menjadi cepat jenuh. Kemungkinan lain dari fenomena ini dimana jumlah adsorben cangkang telur bebek sebanyak 1,5 gram merupakan jumlah adsorben optimum dalam penjerapan logam kadmium.

**Penentuan Kinetika Adsorpsi**

Kurva yang menunjukkan kinetika adsorpsi untuk penjerapan ion logam kadmium dapat dilihat pada gambar 2.

Dari gambar 2 diperoleh bahwa penjerapan ion logam kadmium dapat diwakili oleh kinetika orde satu Lagergen. Hal ini terlihat dari nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang diperoleh sebesar 0,7433. Nilai konstanta kinetika adsorpsi atau  $k_1$  diperoleh sebesar 0,0299.

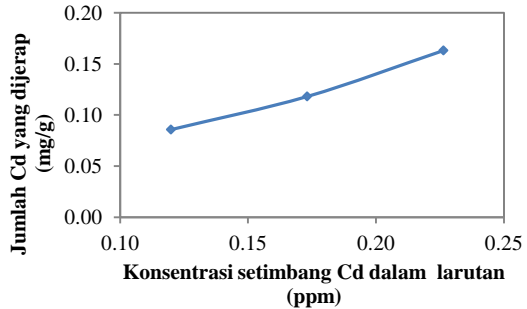
Persamaan orde satu Lagergen pernah digunakan oleh Nuryono [2007] untuk proses adsorpsi ion logam Cd.



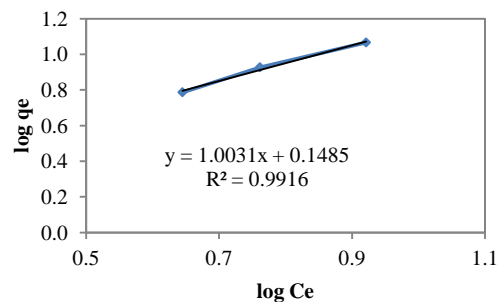
**Gambar 2. Grafik Kinetika Adsorpsi Persamaan Orde Satu Lagergen untuk Penjerapan Ion Logam Cd**

**Penentuan Isotherm Asorpsi dan Kapasitas Adsorpsi**

Pola isotherm adsorpsi cangkang telur bebek terhadap ion logam kadmium dapat dilihat pada gambar 3. Kurva isotherm adsorpsi cangkang telur bebek terhadap ion logam kadmium dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 3. Pola Isotherm Adsorpsi Cangkang Telur Bebek terhadap Ion Logam Kadmium**



**Gambar 4. Kurva Isotherm Adsorpsi Freundlich Cangkang Telur Bebek terhadap Ion Logam Kadmium**

Dari gambar 4 diperoleh bahwa penjerapan ion logam kadmium dapat diwakili oleh isotherm adsorpsi Freundlich. Hal ini terlihat dari nilai koefisien korelasi yang diperoleh sebesar 0,9916. Nilai k sebesar 1,4077 dan n sebesar 0,9969.

Isotherm Freundlich adalah isotherm adsorpsi yang paling sering digunakan untuk proses penjerapan. Dada [2012] menggunakan isotherm Freundlich dalam penjerapan logam berat seperti kadmium.

Pada penelitian ini, kapasitas adsorpsi yang diperoleh sebesar 1,4077 mg/g. Kapasitas adsorpsi

yang diperoleh mencerminkan jumlah rongga yang terdapat dalam adsorben cangkang telur bebek yang digunakan.

### Kesimpulan

Kemampuan adsorben cangkang telur bebek dalam menyerap logam berat dapat dilihat dari nilai persentase adsorpsi penjerapan. Nilai persentase adsorpsi paling maksimum sebesar 64,6667% pada jumlah adsorben 1,5 gram.

Dalam penelitian ini, semakin banyak jumlah adsorben yang digunakan maka semakin lama waktu setimbang tercapai.

Persamaan kinetika adsorpsi yang sesuai untuk penjerapan ion logam Cd adalah persamaan kinetika orde satu *Lagergen*. *Isotherm* adsorpsi yang mewakili penjerapan ion logam Cd adalah *isotherm* Freundlich. Kapasitas adsorpsi dari penjerapan ion logam Cd adalah sebesar 1,4077 mg/g.

### Daftar Pustaka

- [1] A. A. Bawa Putra, P. Suarya, I. M. Wisnu Adhiputra, "Studi Adsorpsi Desorpsi Logam Timbal dalam Larutan dengan Cangkang Telur Ayam". *Sigma*, II(2), 2008: hal 177 – 186.
- [2] Ajeng Tanindya Apsari, Dina Fitriasti. "Studi Kinetika Penjerapan Ion Khromium dan Ion Tembaga Menggunakan Kitosan Produk dari Cangkang Kepiting". Skripsi. Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, 2010. hal 22.
- [3] Bobi Wahyu Saputra, "Desain Sistem Adsorpsi dengan Dua Adsorber". Skripsi. Fakultas Teknik UI. Desember 2008: hal 42.
- [4] Dada, A.O., Olalekan, A. P., Olatunya, A. M., Dada, O., "Langmuir, Freundlich, Tempkin and Dubinin – Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of  $Zn^{2+}$  Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk" *IOSR Journal of Applied Chemistry*. ISSN: 2278 – 5736, Volume 3, Issue 1 (Nov – Dec 2012), Page 38 - 45  
<http://www.iosrjournals.org/>
- [5] Darmono, "Kadmium (Cd) dalam lingkungan dan Pengaruhnya terhadap Kesehatan dari Produktivitas Ternak", *WARTAZOA*, 8(1), 1999: hal 28 – 32.
- [6] Ega Rofina, Amir Awaluddin, Halida Sophia. "Daya Adsorpsi Birnessite Sintetis Terhadap Larutan Ion Logam  $Cd^{2+}$ ". Laporan Praktikum, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru, 2012: hal 1 – 13.
- [7] Kendro, "Soal Limbah  $B_3$ , Akurasi Data Jadi Kendala", *Koran Surya Pagi*, 13 Juli 2008, Edisi 07.
- [8] Nurhasni, Florentinus Firdiyana, Qosim Sya'ban, "Penjerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon Aktif", *Valensi*, Vol. 2 No. 4 2012: hal 516 – 525.
- [9] Nuryono et. al., "Adsorpsi Zn (II) dan Cd (II) pada Hibrid Amino – Silika dari Abu Sekam Padi," Fakultas Matematika and Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2007: hal 90 – 100  
Artikel Jurnal
- [10] R. Bhaumik, et. a;. (2012). " Eggshell Powder as an Adsorbent for Removal of Flouride from Aqueous Solution, Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies". *Journal of Chemistry*, 9, 1457 – 1480. Diakses 15 April 2013 dari World Wide Web Publications.
- [11] SE. Ghazy, A.A. El – Asmy, A.M. El – Nokrashy, " Separation of Chromium (III) and Chromium (IV) from Enviromental Water Samples Using Eggshell Sorbent", *Indian Journal of Science and Technology*, 6(1) 2008: hal 1 – 7.
- [12] Siti Wardiyati, Grace Tj. Sulungbudi, Ridwan, "Adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  dan  $Ni^{2+}$  oleh Nanopartikel  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_4$ ". *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 11. No. 2. Februari 2010: hal 83 – 87.
- [13] Yanik Ika Widiastuti, dkk, (2010), "Adsorpsi Amonium ( $NH_4^+$ ) pada Zeolit – A yang disintesis dari Abu Dasar Batu bara", Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [14] YC. Danarto, "Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr (VI) dengan Adsorpsi Besi Pasir yang Dilapisi Besi Oksida", *Ekulilibrium*, 6(2) 2007: hal 65 – 70.