

# STUDI PERBANDINGAN BERBAGAI ADSORBEN SINTETIS DAN ALAMI UNTUK MENGIKAT LOGAM BERAT

M. Lutfi Firdaus

*Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Bengkulu, Bengkulu 38371*

*Email korespondensi : ml.firdaus@gmail.com*

Logam berat merupakan pengelompokan unsur-unsur logam yang mempunyai berat jenis lebih dari  $5 \text{ gr/cm}^3$ . Contoh logam yang termasuk ke dalam golongan tersebut adalah kromium (Cr), tembaga (Cu), besi (Fe), mangan (Mn), molybdenum (Mo), nikel (Ni), timbal (Pb), zirconium (Zr) dan seng (Zn). Beberapa logam berat dalam konsentrasi kecil sangat diperlukan oleh makhluk hidup, contohnya sebagai atom pusat pada ko-enzim. Sayangnya, konsentrasi logam berat di alam banyak yang sudah melampaui ambang batas yang diperbolehkan, sehingga sifatnya menjadi toksik bagi makhluk hidup. Salah satu cara yang paling efektif untuk mengurangi konsentrasi logam berat yang ada di lingkungan, terutama lingkungan air, adalah dengan cara mengikatnya pada adsorben/penjerap yang kemudian bisa diisolasi dan diolah lebih lanjut. Kami telah melakukan penelitian pemanfaatan berbagai adsorben untuk mengikat beberapa logam berat. Adsorben yang kami teliti terdiri dari adsorben sintetis (TSK-8-hidrosiquinolin) dan adsorben yang tersedia secara alamiah (kitosan, zeolit dan karbon aktif). Kami menemukan bahwa untuk adsorben alami, kitosan menghasilkan daya serap yang lebih baik dari pada zeolit dan karbon aktif. Meskipun TSK-8HQ memberikan hasil penjerapan yang tinggi, tetapi karena proses sintesisnya yang rumit serta bahan baku yang harganya jauh lebih mahal, maka kami tidak merekomendasikannya untuk digunakan sebagai penjerap logam berat di alam. Kapasitas adsorpsi kitosan dalam menjerap Fe (III) dan Zn (II) dalam air sungai Muara Bangkahulu berturut – turut adalah 26,93 dan 86,95  $\mu\text{g/g}$ .

**Kata kunci :** TSK-8HQ, kitosan, zeolit, karbon aktif

## 1. Pendahuluan

Keberadaan logam berat di lingkungan dapat berbahaya bagi makhluk hidup. Meskipun beberapa logam berat (contohnya Fe dan Zn) dalam konsentrasi kecil bersifat esensial bagi makhluk hidup karena diperlukan untuk metabolisme tubuh, termasuk manusia, lingkungan yang telah tercemar oleh logam berat esensial pun menjadi masalah tersendiri, terutama jika konsentrasi logam berat tersebut telah melampaui ambang batas yang diperbolehkan. Tabel 1 memperlihatkan konsentrasi maksimum beberapa logam berat pada air yang digunakan sebagai bahan baku untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari (golongan B).

Hampir seluruh aktivitas sehari-hari manusia membutuhkan air, diantaranya untuk minum, memasak, mandi, mencuci dan lain sebagainya. Manusia mendapatkan air dari berbagai sumber, ada yang dari perusahaan

pelayanan air, ada yang dari sumur, bahkan ada yang dari sungai-sungai. Namun, masyarakat pada umumnya banyak yang tidak mengetahui rendahnya kualitas air yang mereka gunakan karena banyak sumber air yang telah tercemar oleh limbah rumah tangga maupun limbah industri.

Tabel 1. Kriteria Kualitas Air Golongan B untuk Bahan-Bahan Anorganik

Parameter	Konsentrasi maksimum yang diperbolehkan (mg/L)
Amoniak Bebas	0,5
Arsen	0,05
Barium	1
Besi	5
Flourida	1,5
Kadmium	0,01
Klorida	600
Kromium (valensi 6)	0,05
Selenium	0,01
Seng	5

(Rukaesih, 2004).

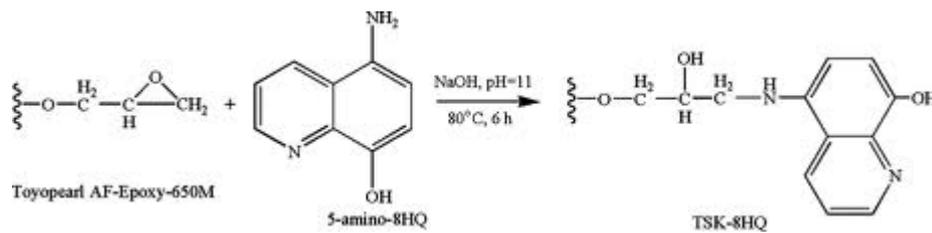
Untuk mengatasi pencemaran perairan oleh logam berat, bisa dilakukan dengan berbagai cara. Metode filtrasi yang biasa dilakukan masyarakat tidak cukup efektif untuk mengurangi konsentrasi logam berat yang terkandung didalam perairan. Cara yang cukup efektif untuk mengurangi logam berat adalah adsorpsi dengan adsorben, seperti kitosan, zeolit dan karbon aktif (Adnan dkk., 2011; Breck, 1984; Gullay dkk., 2006; Graciela dkk., 2005). Kitosan dapat digunakan untuk adsorpsi logam berat karena memiliki pasangan elektron bebas pada gugus  $-OH$  dan  $-NH_2$  yang akan berperan sebagai pendonor elektron (basa Lewis) yang dapat berinteraksi dengan kation logam berat melalui mekanisme pembentukan kompleks, sedangkan karbon aktif dan zeolit dapat mengurangi kadar logam berat dengan cara pertukaran anion/kation.

## 2. Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang digunakan adalah NaOH, HCl, air suling,  $HNO_3$ , KSCN, Alizarin Red S (ARS),  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ , larutan standar Fe dan Zn 1000 ppm, serbuk cangkang udang putih (*penaeus merguensis*), zeolit dan karbon aktif. Peralatan yang digunakan adalah Neraca analitis, alu dan lumpang, ayakan 60 mesh, penangas air, oven, termometer, pH meter, tanur pengabuan, desikator, spektrofotometer dan alat-alat gelas. Prosedur yang digunakan untuk penentuan Fe dan Zn secara spektrofotometri mengikuti Vogel (1989), sedangkan penentuan logam berat Zr dan Hf melakukan metode spektrometri ICP-MS mengikuti Firdaus (2007).

### 3. Hasil dan Pembahasan

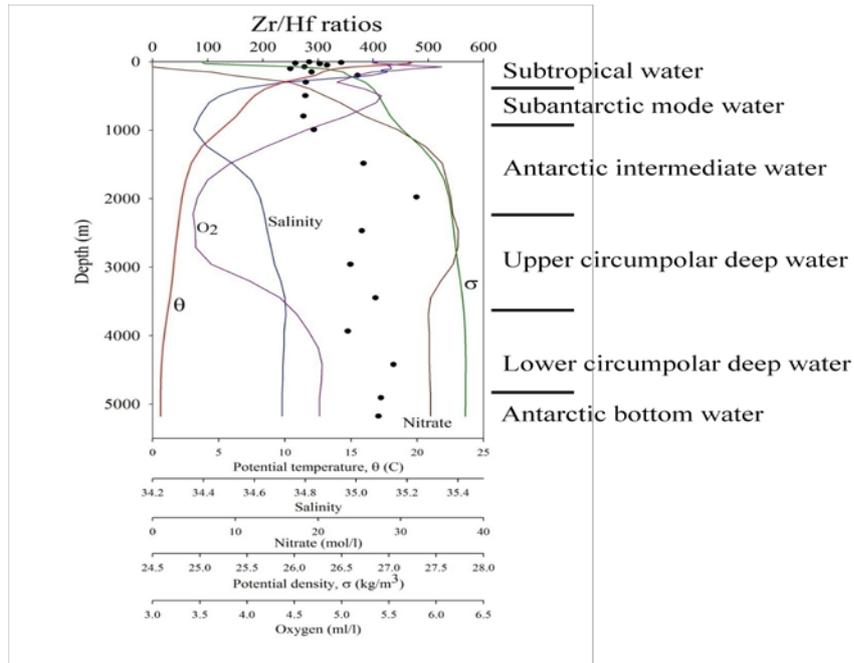
Adsorben sintetis dibuat dari awal hingga akhir di laboratorium yang kami gunakan adalah TSK-8-hidroksiquinolin (TSK-8HQ) dengan skema reaksi seperti terlihat pada Gambar 1. Kelebihan adsorben ini adalah kekuatannya terhadap asam, bahkan asam fluorida (HF) pekat (5M) pun tidak mampu untuk merusaknya. Secara struktur, TSK-8HQ memiliki gugus fungsi hidroksil dan amin yang akan mengikat logam berat untuk membentuk ikatan kompleks koordinasi. Gugus fungsi ini juga dimiliki oleh adsorben alami kitosan. Hasil analisis air laut menggunakan TSK-8HQ dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Skema Reaksi Pembuatan TSK-8HQ

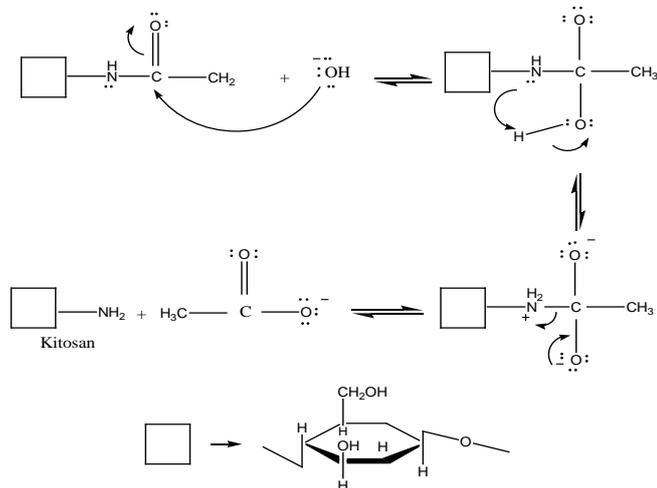
Adsorben alami yang digunakan pada penelitian ini ada 3 buah, yaitu kitosan, karbon aktif dan zeolit. Kitosan diisolasi dari serbuk cangkang udang putih (*Penaes merguensis*) ukuran 60 mesh melalui tiga tahapan, yaitu deproteinasi yang dilakukan dengan menggunakan NaOH 3.5%, demineralisasi dilakukan dengan HCl 1M dan deasetilasi menggunakan NaOH 50%. Deproteinasi merupakan tahap penghilangan protein. Pada tahap deproteinasi, protein diubah menjadi garam natrium proteinat yang larut dalam air. Hasil dari tahap ini dicuci dan disaring hingga diperoleh residu yang selanjutnya dikeringkan dalam oven. Demineralisasi merupakan tahap penghilangan mineral yang terkandung dalam cangkang udang dengan penambahan larutan asam seperti HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> atau asam lain. Larutan HCl berfungsi untuk menghilangkan senyawa anorganik berupa CaCO<sub>3</sub> (40–50%) dan Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (8–10%) yang merupakan mineral utama di dalam cangkang udang. Kemungkinan reaksi yang terjadi dalam tahap demineralisasi dapat digambarkan sebagai berikut (Chojnacka, 2010; Yang, dkk., 2011):





Gambar 2. Penentuan logam berat Zr dan Hf dari air laut di Samudera Pasifik

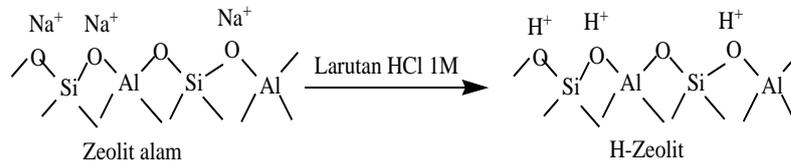
Tahap terakhir adalah deasetilasi yang merupakan tahap pemutusan ikatan antara karbon pada gugus asetil dengan nitrogen pada kitin menjadi gugus amina. Proses deasetilasi dilakukan dengan cara mereaksikan hasil demineralisasi dengan basa kuat seperti NaOH (Zhi dkk., 2009; Shilpi dan Shudakar, 2011). Mekanisme reaksi pembentukan kitosan dari kitin cangkang udang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme Reaksi Pembentukan Kitosan dari Kitin

Zeolit merupakan adsorben alami yang berpori dan sering digunakan karena kemampuannya sebagai penukar ion. Aktivasi zeolit sebagai adsorben dilakukan secara kimia dengan menambahkan asam, sehingga bisa memasukkan gugus  $H^+$  yang akan menjadi sisi aktif zeolit sebagai penukar ion. Aktivasi secara

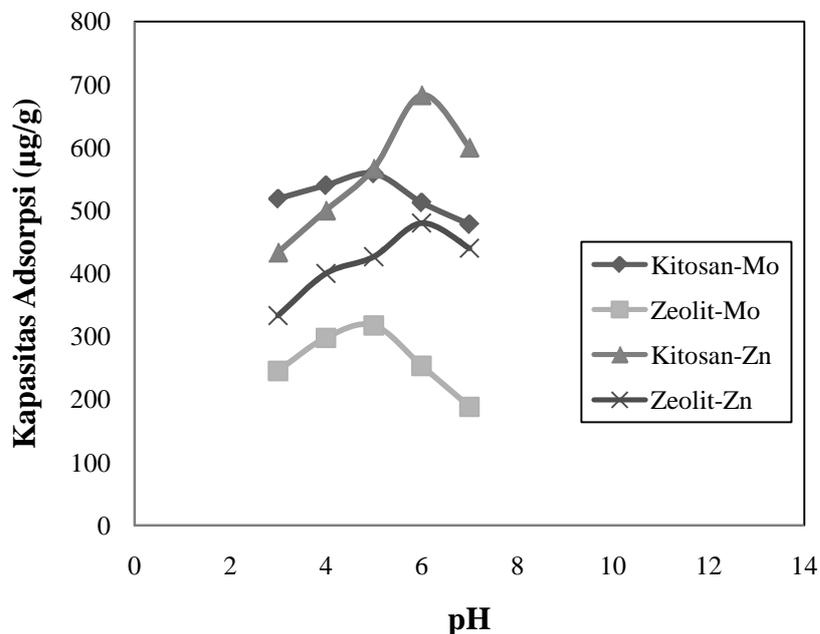
kimia ini dilakukan dengan menggunakan larutan HCl 1M yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori sehingga tidak ada lagi pengotor yang menutupi pori dan membuang senyawa pengotor. Aktivasi ini merubah zeolit alam menjadi H-zeolit (zeolit asam) melalui proses pertukaran kation. Mekanisme pertukaran kation pada zeolit terlihat pada gambar 4 dibawah ini (Breck, 1984):



Gambar 4. Mekanisme Pertukaran Kation (H dan Na) pada Zeolit

Setelah proses aktivasi dilakukan, zeolit dicuci dengan aquades hingga mendekati pH netral. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan kelebihan asam dari ion  $H^+$  saat penambahan larutan HCl. Adanya gugus  $H^+$  dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan zeolit sebagai adsorben berkaitan dengan tersedianya pusat-pusat aktif dalam saluran antar struktur zeolit.

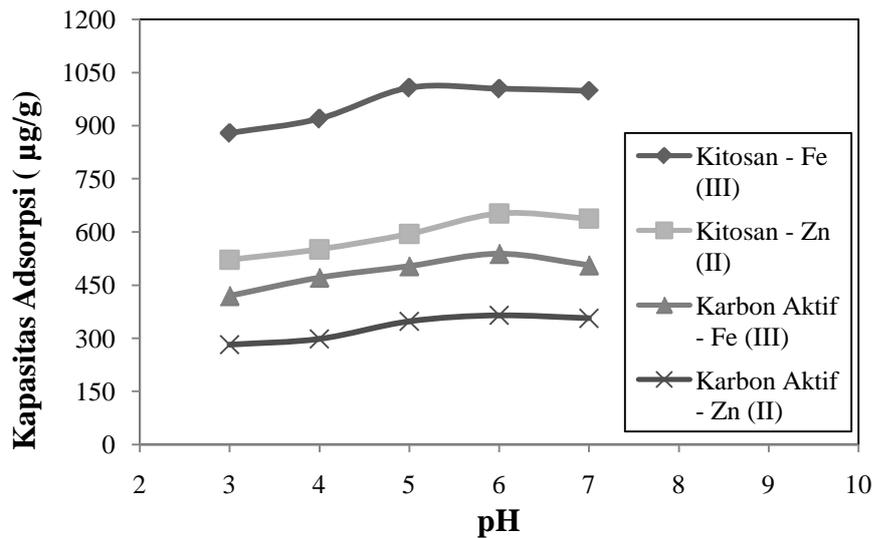
Proses adsorpsi Fe dan Zn oleh karbon aktif diprediksi terjadi melalui gaya tarik elektrostatis dan gaya van der Waals antara permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif dengan kation dari logam berat. Ikatan yang terjadi pada interaksi ini tidak terlalu kuat dengan energi ikat yang rendah.



Gambar 5. Kurva Pengaruh pH Kitosan dan zeolit terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam berat Mo dan Zn

Seperti terlihat pada Gambar 5 dan 6, kitosan memberikan kapasitas adsorpsi yang lebih bagus dari zeolit dan karbon aktif. Pada pH asam, kapasitas

adsorpsi untuk semua ion logam baik oleh kitosan, zeolit maupun karbon aktif rendah daripada pada pH di atasnya. Hal ini dikarenakan pada kondisi asam (pH rendah) situs aktif dari adsorben tersebut telah terprotonasi sehingga bermuatan positif, yang menyebabkan terjadinya tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, dan akhirnya menurunkan kapasitas adsorpsinya. Diantara adsorben alami, kitosan memberikan kapasitas adsorpsi paling tinggi. Kapasitas adsorpsi kitosan dalam menjerap Fe (III) dan Zn (II) dalam air sungai Muara Bangkahulu berturut – turut adalah 26,93 dan 86,95  $\mu\text{g/g}$ .



Gambar 6. Kurva Pengaruh pH Kitosan dan Karbon Aktif terhadap Kapasitas Adsorpsi Logam berat Fe dan Zn

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa meskipun adsorben sintetis TSK-8HQ memberikan performa yang paling bagus, tetapi karena sulitnya proses sintesis serta perlu biaya tinggi untuk membuatnya, maka adsorben alami lebih bagus dari segi ekonomis. Diantara tiga buah adsorben yang diuji, kitosan memberikan performa paling bagus dibandingkan dengan zeolit dan karbon aktif untuk menyerap logam berat. Kapasitas adsorpsi kitosan dalam menjerap Fe (III) dan Zn (II) dalam air sungai Muara Bangkahulu berturut – turut adalah 26,93 dan 86,95  $\mu\text{g/g}$ . Hasil ini sudah cukup baik, sehingga kitosan bisa digunakan dan diteliti lebih lanjut untuk proses penghilangan logam berat dari perairan di lingkungan sekitar kita.

#### 5. Daftar Pustaka

1. Adnan Khan, Syed Badshah, Claudio Airoidi (2011) Dithiocarbamated chitosan as a potent biopolymer for toxic cation remediation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 87, 88– 95.

2. Ahmad Rukaesih, (2004) *Kimia Lingkungan*, Yogyakarta: ANDI.
3. Breck, D.W. (1984) *Zeolite Molecular Sieves, Structure, Chemistry and Use*. John Wiley & Son. Inc. New York.
4. Gülay Bayramođlu, İlhami Tuzun, Gokce Celik, Meltem Yilmaz b, M. Yakup Arica (2006) Biosorption of mercury(II), cadmium(II) and lead(II) ions from aqueous system by microalgae *Chlamydomonas reinhardtii* immobilized in alginate beads. *Int. J. Miner. Process.* 81, 35–43.
5. Graciela Rojas, Rojasa, Jorge Silvaa, Jaime A. Floresb, Angelica Rodriguezb, Martha Lyc, Holger Maldonadob (2005) Adsorption of chromium onto cross-linked chitosan, *Separation and Purification Technology*, 44. 31–36.
6. Fan Yang, Huijuan Liu, Jiuhui Qu, J. Paul Chen (2011) Preparation and characterization of chitosan encapsulated *Sargassum sp.* biosorbent for nickel ions sorption. *Bioresource Technology*, 102. 2821–2828.
7. Katarzyna Chojnacka (2010) Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications. *Environment International*, 36. 299–307.
8. M. Lutfi Firdaus, Kazuhiro Norisuye, Taishi Sato, Shouhei Urushihara, Yusuke Nakagawa, Shigeo Umetani and Yoshiki Sohrin (2007) Preconcentration of Zr, Hf, Nb, Ta and W in seawater using solid-phase extraction on TSK-8-hydroxyquinoline resin and determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 583, 296-302.
9. Shilpi Kushwaha, Padmaja Sudhakar (2011) Adsorption of mercury(II), methyl mercury (II) and phenyl mercury (II) on chitosan cross-linked with a barbitol derivative. *Carbohydrate Polymers*, 86. 1055–1062.
10. Vogel A.I. (1989) *Textbook of Quantitative Chemical Analysis*. New York, Bath Press.
11. Zhi Guo, Xiang Hu, Yansong Ao (2009) Effect of chitosan on the available contents and vertical distribution of  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Cd}^{2+}$  in different textural soils. *Journal of Hazardous Materials*. 167. 1148–1151.