

POTENCY OF CHITOSAN AS HEAVY METAL ADSORBENT FROM INDUSTRIAL WASTE EXPOSURE

Sakinah

Faculty of Medicine, Universitas Lampung

Abstract

Nowadays, industries in Indonesia show progressing, such as chemistry, textile, home industry, agriculture, and others. It aims to increase prosperity of society, but it produce side products, an industrial waste. Industrial waste has negative effects to environment and human's life. Chemistry materials that used in metal industries are toxic, which is dangerous for human's health, not only industrial employee, but also society around the company. Exposure of metal industrial waste cause many effects to body's organs, such as neurology, kidney function, reproduction, hemopoietic, cardiovascular and respiratory system. To solve this problem, many industries have use electrocoagulation-flotation system. Actually, high cost to coagulation and flocculant, need high electricity, oxidation effect, depends on electric voltage and also it cannot used for manage high electrolyte fluid. So, many researchers have found other methods for effective metal adsorbent, one of the methods is chitosan. Chitosan has good characteristic to absorb and clot. This compound is used as an absorbent heavy metal from industrial waste. Chitosan has amino group and hydroxyl which has high chemical reactivity, and cation polyelectrolyte to exchange the ion. So, it binds and clots the dangerous metal ion in human's body. [J Agromed Unila 2014; 1(1):77-81]

Key word: chitosan, heavy metal adsorbent, metal industrial waste

Abstrak

Kegiatan industri di Indonesia sedang berkembang, baik industri kimia, tekstil, rumah tangga, pertanian, dan industri lainnya. Keberadaan industri bertujuan meningkatkan kesejahteraan namun juga memiliki hasil samping berupa limbah dari olahan produk industri. Limbah industri dapat memberikan dampak negatif terhadap kelangsungan hidup manusia dan lingkungan sekitar. Bahan-bahan kimia yang digunakan pada industri pelapisan logam merupakan bahan beracun yang berbahaya bagi kesehatan manusia, tidak hanya para pekerja yang terlibat langsung dengan kegiatan industri, tetapi juga masyarakat di sekitar perusahaan. Paparan bahan tercemar logam menyebabkan gangguan pada berbagai organ tubuh, seperti gangguan neurologi, fungsi ginjal, reproduksi, sistem hemopoietik, sistem syaraf, dan sistem pernapasan. Dalam mengatasi hal ini, kebanyakan industri menggunakan sistem elektrokoagulasi-flotasi. Namun, biaya koagulan dan flokulan cukup tinggi, penggunaan listrik besar serta kelemahan sistem tersebut karena dapat terjadi oksidasi, sangat dipengaruhi besar kecilnya arus voltase listrik dan tidak dapat digunakan untuk mengolah cairan yang memiliki sifat elektrolit yang tinggi menjadikan banyak penelitian menggunakan metode lain dalam mengefektifkan penyerapan logam salah satunya adalah kitosan. Kitosan mempunyai sifat menyerap dan menggumpal dengan baik. Senyawa ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam-logam berat yang dihasilkan oleh limbah industri. Kitosan mengandung gugus amina dan hidroksil, yang mempunyai reaktifitas kimia yang tinggi dan menyebabkan sifat polielektrolit kation sehingga berperan sebagai penukar ion (*ion exchange*) sehingga berperan dalam mengikat dan menggumpalkan ion logam yang berbahaya dalam tubuh manusia. [J Agromed Unila 2014; 1(1):77-81]

Kata kunci : adsorben logam berat, kitosan, limbah metal industri

Pendahuluan

Kegiatan industri di Indonesia sedang berkembang, baik industri kimia, tekstil, rumah tangga, pertanian, dan industri lainnya. Keberadaan industri bertujuan meningkatkan kesejahteraan namun juga memiliki hasil samping berupa limbah dari olahan produk

industri. Limbah industri dapat memberikan dampak negatif terhadap kelangsungan hidup manusia dan lingkungan sekitar. Salah satunya adalah industri pelapisan logam yang menghasilkan limbah berbahaya berupa logam cair dan padat. Limbah cair yang

dibuang ke perairan akan mengotori air yang dipergunakan untuk berbagai keperluan. Limbah padat akan mencemari tanah dan sumber air bersih. Hal ini menjadi permasalahan yang kompleks apabila tidak dikelola dengan baik.¹

Bahan-bahan kimia yang digunakan pada industri pelapisan logam merupakan bahan beracun yang berbahaya bagi kesehatan manusia, tidak hanya para pekerja yang terlibat langsung dengan kegiatan industri, tetapi juga masyarakat di sekitar perusahaan.¹ Industri pelapisan logam menggunakan kromium (Cr), nikel (Ni), zink (Zn), kadmium (Cd), timbal (Pb), tembaga (Cu), mangan (Mn), dan besi (Fe).² Pencemaran logam-logam tersebut dapat mempengaruhi dan menyebabkan penyakit, karena di dalam tubuh unsur yang berlebihan akan membahayakan manusia. Logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Melalui berbagai perantara, seperti udara, makanan, maupun air yang terkontaminasi oleh logam berat, logam tersebut dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasi. Jika keadaan ini berlangsung terus menerus, dalam jangka waktu lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia.³

Paparan bahan tercemar logam menyebabkan gangguan pada berbagai organ, seperti gangguan neurologi, fungsi ginjal, reproduksi, sistem hemopoietik, sistem syaraf dan sistem pernapasan. Toksikitas logam juga mempengaruhi sistem pencernaan apabila masuk ke dalam tubuh manusia,

seperti perut kaku, mual, muntah, diare, terutama pada anak-anak.⁴

Dalam mengatasi hal ini, kebanyakan industri menggunakan sistem elektrokoagulasi-flotasi dengan penambahan bahan kimia, sedimentasi, netralisasi, lumpur aktif dan anaerobik. Namun, biaya koagulan dan flokulan yang tinggi, penggunaan listrik yang besar serta kelemahan sistem tersebut karena dapat terjadi oksidasi, sangat dipengaruhi besar kecilnya arus voltase listrik dan tidak dapat digunakan untuk mengolah cairan yang memiliki sifat elektrolit yang tinggi.

Beberapa penelitian menggunakan metode lain dalam mengefektifkan penyerapan logam yaitu dengan cara adsorpsi menggunakan senyawa adsorben seperti daun pandan laut, lumpur aktif, arang ampas tebu, dan *xanthate* kopi, dan kitosan.^{5,6}

Kitosan merupakan salah satu resin alami yang dapat dibuat dari limbah padat (kulit, kepala dan kaki) hewan *invertebrate* laut berkulit keras (*Crustacea*). Wilayah perairan Indonesia merupakan sumber limbah *Crustacea* secara berlimpah yang mengandung kitin dan kitosan dalam kadar yang cukup tinggi berkisar 20-60% tergantung spesies. Berdasarkan data dari Departemen Kelautan dan Perikanan tahun 2000, limbah berkitin di Indonesia yang dihasilkan saat ini sekitar 56.200 ton per tahun. Limbah ini mudah didapat namun belum dimanfaatkan secara optimal, bahkan sebagian besar merupakan buangan yang juga turut mencemari lingkungan.

Kitin tidak mudah larut dalam air, sehingga penggunaannya terbatas. Namun dengan modifikasi kimiawi dapat diperoleh senyawa turunan kitin yang mempunyai sifat kimia lebih baik

yaitu kitosan. Saat ini aplikasi dari kitin dan kitosan serta turunannya telah digunakan di industri makanan, pemrosesan makanan, bioteknologi, pertanian, farmasi, kesehatan, dan lingkungan.⁷

Kitosan merupakan polimer alami yang bersifat non toksik, ramah lingkungan, dan mudah terdegradasi secara alami. Kitosan mempunyai sifat menyerap dan menggumpal dengan baik. Senyawa ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam-logam berat yang dihasilkan oleh limbah industri.⁸

Mengingat bahayanya zat kimia logam berat yang terakumulasi di dalam tubuh manusia dan tersedianya sumber daya alam *Crustacea* di Indonesia terutama di Lampung yang dapat dijadikan alternatif penanganan limbah industri berupa logam, tulisan ini merupakan *review* dari berbagai sumber jurnal dan penelitian terbaru yang relevan.

● Kandungan Kimiawi Kitosan yang Aman bagi Manusia

Penyusun utama cangkang udang adalah kitin, suatu polisakarida alami yang memiliki banyak kegunaan, seperti sebagai bahan pengkelat, pengemulsi dan adsorben. Sifat kitin yang tidak beracun dan mudah terdegradasi mendorong dilakukannya modifikasi kitin. Salah satu senyawa turunan dari kitin yang banyak dikembangkan karena aplikasinya yang luas adalah kitosan. Kitosan tidak larut dalam air tapi larut dalam pelarut asam dengan pH di bawah 6,0. Pelarut yang umum digunakan untuk melarutkan kitosan adalah asam asetat 1%, dengan pH sekitar 4,0. Karena adanya gugus

amino, kitosan merupakan polielektrolit kationik (pKa 6,5).⁹

Kitosan memiliki dua gugus aktif yaitu $-NH_2$ dan $-OH$ pada pH tertentu kedua gugus aktif ini dapat saja mengalami protonasi ataupun deprotonasi yang mestinya akan menghasilkan muatan permukaan yang berbeda. Kitosan memiliki gugus hidroksil dan amin yang dapat memberi jembatan hidrogen secara intermolekuler atau intramolekuler. Dengan demikian terbentuk jaringan hidrogen yang kuat, membuat kitosan tidak larut dalam air. Gugus fungsi dari kitosan (gugus hidroksil primer pada C-6, gugus hidroksil sekunder pada C-3 dan gugus amino pada posisi C-2) membuatnya mudah dimodifikasi secara kimia.⁹

Kitosan merupakan biopolimer alam yang penting dan bersifat polikationik sehingga berperan sebagai penukar ion (*ion exchange*), diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti adsorben logam, penyerap zat warna tekstil, bahan pembuatan kosmetik serta agen adsorben logam, penyerap zat warna tekstil, bahan pembuatan kosmetik serta agen antibakteri. Sifat biokompatibel, *biodegradable* dan non-toksik yang dimiliki kitosan, merekomendasikan penggunaan senyawa ini dalam industri ramah lingkungan.

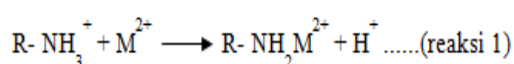
● Kitosan Sebagai Adsorben Logam Berat

Multiguna dari kitosan tidak terlepas dari sifat alaminya, yaitu sifat kimia dan sifat biologi. Sifat kimia kitosan antara lain adalah polimer poliamin berbentuk linear, mempunyai gugus amino dan hidroksil yang aktif

dan mempunyai kemampuan mengkelat beberapa jenis logam. Sedangkan sifat biologi kitosan antara lain (i) bersifat biokompatibel (sebagai polimer alami sifatnya tidak mempunyai akibat samping, tidak beracun, tidak dapat dicerna serta mudah diuraikan oleh mikroba), (ii) dapat berikatan dengan sel mamalia dan mikroba secara agresif, (iii) mampu meningkatkan pembentukan yang berperan dalam pembentukan tulang, (iv) bersifat hemostatik, fungistatik, spermisidal, antitumor, antikolesterol, dan (v) bersifat sebagai depresan pada sistem saraf pusat.⁹

Kitosan dapat digunakan sebagai adsorben logam-logam berat, seperti Zn, Cd, Cu, Pb, Mg dan Fe. Situs aktif kitosan baik dalam bentuk NH_2 ataupun dalam keadaan terprotonasi NH_3^+ mampu mengadsorpsi logam-logam berat melalui mekanisme pembentukan kelat dan atau penukar ion.¹⁰

Bila bertemu dengan situs $-\text{OH}$, maka ion akan membentuk kluster, sedangkan bila bertemu $-\text{NH}_2$ akan membentuk ikatan elektrostatik (reaksi 1).



Gambar 1. Reaksi ikatan elektrostatik

Reaksi ini dibuktikan dengan penurunan pH sistem setelah adsorpsi. Ini memperlihatkan bahwa selama proses adsorpsi terjadi pelepasan ion H^+ . Pada koadsorpsi Cr(III) - Fe(III) oleh kitosan pengurangan kandungan ion logam lebih disebabkan oleh pembentukan kluster.⁹

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Antuni dan Erfan (2010), tentang pengaruh konsentrasi kitosan dari cangkang udang terhadap efisiensi

penyerapan logam berat, dilakukan setiap 25 ml larutan yang mengandung logam berat (Cr, Fe, Ni, Cu dan Zn) dengan konsentrasi 50 ppm, ditambahkan kitosan dengan variasi berat. Penyerapan dilakukan pada suhu kamar selama 24 jam. Hasil menunjukkan bahwa nilai efisiensi penyerapan bervariasi dengan nilai terkecil sebesar 54,75% pada penyerapan logam nikel untuk berat kitosan 0,05 gram. Efisiensi terbesar diperoleh pada penyerapan logam tembaga dengan nilai 99,95% untuk berat kitosan 0,375 gram. Efisiensi penyerapan meningkat seiring dengan penambahan berat adsorben, yaitu untuk berat kitosan 0,05 gram memiliki efisiensi penyerapan 96,04% dan untuk 0,125 gram kitosan memiliki efisiensi penyerapan 98,08%.¹⁰

Perbedaan efisiensi penyerapan beberapa logam berat oleh kitosan bergantung pada jenis adsorben, jenis adsorbat, luas permukaan adsorben, temperatur dan pengaruh tekanan. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan antara lain struktur adsorben, berat adsorben, pH media, ukuran partikel, kapasitas pertukaran elektron dan suhu. Adsorben bersifat selektif, artinya suatu adsorben dapat menyerap banyak sekali suatu zat, tetapi tidak menyerap zat-zat tertentu. Penyerapan dengan zat padat dipengaruhi oleh suhu, yaitu jumlah zat yang diserap tergantung temperatur, semakin jauh jarak antara temperatur penyerapan dari temperatur kritis, maka semakin sedikit jumlah zat yang diserap. Selain itu, ukuran adsorbat juga mempengaruhi banyaknya adsorbat yang dapat terserap, jika ukuran pori adsorben sesuai maka dimungkinkan semakin tinggi kemampuannya dalam

menyerap adsorbat. Berdasarkan harga efisiensi penyerapan, kitosan merupakan adsorben yang baik untuk logam kromium, tembaga dan besi pada suhu kamar.¹⁰

Simpulan

Kitosan dari limbah *Crustacea* merupakan salah satu alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat yang aman bagi manusia dengan perannya dalam mengikat dan menggumpalkan ion logam yang berbahaya di tubuh manusia. Kitosan aman dikonsumsi bagi manusia yang terpapar oleh limbah industri berupa logam, baik untuk para pekerja maupun lingkungan sekitar perusahaan guna mencegah toksisitas logam dalam tubuh.

Daftar Pustaka

1. Sudarmaji, Mukono J, Corie. Toksikologi logam berat B3 dan dampaknya terhadap kesehatan. J Kesling. 2006; 2(2):129-42.
2. Kaban J. Modifikasi kimia dari kitosan dan aplikasi produk yang dihasilkan. Prosiding Seminar Hasil Fakultas MIPA 2009; Medan. Medan: USU; 2009.
3. Sanusi HS. *Kimia laut: proses fisik kimia dan interaksinya dengan lingkungan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor; 2006.
4. Dewi. Analisis cemaran logam timbal (Pb), tembaga (Cu) dan kadmium (Cd) dalam tepung gandum secara spektrofotometri serapan atom [skripsi]. Depok: Universitas Indonesia; 2011.
5. Mukimin A. Pengolahan limbah industri berbasis logam dengan teknologi elektrokoagulasi flotasi [tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro; 2006.
6. Eka W, Mila D, Karina P. Penerapan metode elektrokoagulasi dalam pengolahan air limbah industri penyamakan kulit. Seminar Ilmiah Nasional Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia; 2012 Jul 12, Yogyakarta. Indonesia: IATPLI; 2012.
7. Hargono, Abdullah, Indro S. Pembuatan kitosan dari limbah cangkang udang serta aplikasinya dalam mereduksi kolesterol lemak kambing. Reaktor. 2008; 12(1):53-7.
8. Nendes M. Kemampuan kitosan limbah cangkang udang sebagai resin pengikat logam tembaga (Cu) [skripsi]. Padang: Universitas Andalas; 2011.
9. Wijayanti E, Prodjosantoso, Ikhsan J. Koadsorpsi Cr-Fe oleh kitosan. J Penelitian Saintek. 2008; 13(1):95-109.
10. Antuni W, Erfan P. Pengaruh konsentrasi kitosan dari cangkang udang terhadap efisiensi penyerapan logam berat [karya tulis ilmiah]. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta; 2010.