

# **BIOSORPSI LOGAM BERAT Cr (VI) DARI LIMBAH INDUSTRI PELAPISAN LOGAM MENGGUNAKAN BIOMASSA *Saccharomyces cerevisiae* DARI HASIL SAMPING FERMENTASI BIR**

**(BIOSORPTION OF HEAVY METAL Cr (VI) FROM ELECTROPLATING INDUSTRY BY  
USING OF *Saccharomyces cerevisiae* BIOMASS FROM FERMENTATION WASTE IN  
BEER INDUSTRY)**

Siti Naimah dan Rahyani Ermawati

Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian  
Jl. Balai Kimia No 1, Pekayon Pasar Rebo, Jakarta

E-mail: [ermakyo@yahoo.com](mailto:ermakyo@yahoo.com)

Received 18 Maret 2011; revised 21 Maret 2011; accepted 11 April 2011

## **ABSTRAK**

Limbah cair industri pelapisan logam mengandung logam berat terlarut Cr (VI) dalam konsentrasi tinggi dan berpotensi untuk mencemari lingkungan. Limbah cair industri pelapisan logam umumnya dihasilkan dalam jumlah relatif banyak dan bersifat sangat toksik. Untuk mencegah timbulnya masalah akibat limbah tersebut diperlukan suatu metode pengolahan yang sesuai dengan karakteristik limbah tersebut. Dalam penelitian ini metode biosorpsi diteliti untuk menyisihkan logam berat Cr (VI) tersebut dari limbah industri pelapisan logam yang terlarut, dengan menentukan kondisi optimum proses, tingkat penyisihan dan kualitas hasil pengolahan yang dapat dicapai. Biosorpsi merupakan metode alternatif yang dapat digunakan dalam mengatasi pencemaran lingkungan yang berasal dari industri yang mengandung logam berat. Biosorpsi ion logam Cr (VI) oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan pada variasi waktu kontak dan konsentrasi awal ion logam tersebut. Metode yang digunakan adalah metode *batch* dan konsentrasi ion logam Cr (VI) sebelum dan sesudah biosorpsi diukur dengan spektrofotometer serapan atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat penyisihan Cr sekitar 76%, yaitu dari 100,28 mg/L menjadi 24,7 mg/L yang dapat dicapai pada kondisi waktu kontak 3 jam. Meskipun presipitasi dapat menurunkan konsentrasi logam berat terlarut cukup signifikan dengan dua kali pengolahan, tetapi konsentrasi logam Cr (VI) hasil olahan terlarut masih belum memenuhi ambang batas baku mutu untuk industri pelapisan logam sebesar 1,0 mg/L sehingga masih memerlukan penanganan lebih lanjut.

Kata Kunci: Biosorpsi, Kromium, *Saccharomyces cerevisiae*, Adsorpsi, Pelapisan logam

## **ABSTRACT**

*Liquid waste from electroplating industry contains high concentration of heavy metal Cr (VI) and has potential to pollute the environment. The liquid waste generated by electroplating industry is generally big quantity and extremely toxic. It is urgently need to find out an appropriate method to reduce the problems according to the liquid characteristics. In this research work, precipitated and adsorption methods were evaluated to remove Cr (VI) from liquid industrial waste, covering determination of optimum process conditions, levels of removal and achievable treated waste quality. Biosorption is an alternative technique which can be used in solving environmental pollution coming from waste containing heavy metals. Biosorption of Cr (VI) ion using biomass of *Saccharomyces cerevisiae* at various contact time and initial concentration of Cr (VI) has been investigated. Biosorption was performed by a batch method and concentration of ions before and after absorption were measured by atomic absorption spectrophotometer (AAS). Results showed that Cr (VI) removal of 76%, from 100.28 mg/L to 24.7 mg/L was obtained by contact time 3 hours. Although heavy metal removal using precipitated was significant, but the concentration of heavy metal in the treated waste was still high and need for further treatment with the quality standard requirement of electroplating industry.*

*Key words: Biosorption, Chromium, *Saccharomyces cerevisiae*, Adsorption, Electroplating*

## PENDAHULUAN

Salah satu polutan yang mendapat perhatian dalam pengelolaan lingkungan adalah logam berat. Pembuangan limbah terkontaminasi oleh logam berat ke dalam sumber air bersih (air tanah atau air permukaan) menjadi masalah utama pencemaran karena sifat toksik dan tak terdegradasi secara biologis (*non biodegradable*). Jenis logam berat yang tergolong memiliki tingkat toksisitas tinggi antara lain Hg, Cd, Cu, Ag, Ni, Pb, As, Pb, CR, Sn, Zn, dan Mn (Kapoor *et al.* 1999).

Pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan masalah yang serius saat ini karena sifat akumulasi logam tersebut dalam rantai makanan dan resistensinya di dalam ekosistem. Logam berat dapat berasal dari berbagai kegiatan industri seperti metalurgi, tekstil, baterai, penambangan, keramik dan lain sebagainya. Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek khusus pada manusia.

Salah satu sumber polutan logam berat adalah limbah cair yang berasal dari industri pelapisan logam. Limbah cair ini mempunyai nilai pH ekstrim rendah (1-5) dan kadar logam berat Cr terlarut sangat tinggi (konsentrasi Cr 540 mg/L). Logam ini dapat menyebabkan terjadinya keracunan yang menyebabkan pembengkakan pada hati (Palar 1994). Batas toleransi logam kromium dalam tubuh adalah 0,05 mg/L. Limbah cair ini hingga saat ini penanganannya hanya dengan proses kimia di mana sangat banyak membutuhkan bahan kimia dan memerlukan penanganan lebih lanjut untuk lumpur yang dihasilkan. Dari sisi jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh suatu industri pelapisan logam sangat banyak dan bersifat sangat toksik. Secara kolektif dan dalam kurun waktu lama dapat berdampak nyata pada lingkungan apabila tidak dikelola secara memadai.

Limbah industri pelapisan logam tergolong dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dan memerlukan penanganan secara khusus. Berbagai penelitian telah dilakukan dalam upaya pengolahan limbah Cr (VI) dengan penghilangan ion logam, di antaranya dengan metode oksidasi reduksi, pengendapan, adsorpsi, pemadatan, rekoveri elektrolitik dan pertukaran ion. Aplikasi dari beberapa proses, kadang terbatas karena metode-metode tersebut memiliki kekurangan seperti pengikatan logam yang tidak sempurna, membutuhkan banyak bahan kimia dan energi,

serta menghasilkan produk endapan dan air beracun sebagai hasil samping. Masalah pencemaran logam oleh ion logam berat merupakan suatu tantangan dan biosorpsi merupakan solusi dari permasalahan tersebut (Viera & Valesky 2000).

Biosorpsi merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan penghilangan logam berat melalui pengikatan pasif pada biomassa tumbuhan atau mikroorganisme yang tidak hidup dari larutannya dalam air dan merupakan salah satu metode alternatif untuk menghilangkan ion logam berat dalam air limbah karena biayanya murah dan ketersediaan biosorbennya mudah dan melimpah.

Berbagai biosorben telah diteliti untuk menghilangkan logam berat dari larutannya. Palar (1994) melaporkan bahwa fungi, bakteri dan ragi telah digunakan sebagai biosorben logam-logam berat seperti Cr, Co, Ni, Zn, Ag, Au, Pb, Th, dan U dengan kapasitas absorpsi bervariasi dari 0,4 mg/g hingga 450 mg/g. Beberapa macam fungi yaitu *Aspergillus* digunakan sebagai biosorben logam berat Pb (Wang *et al.* 2005). Sedangkan Pavasant, *et al.* (2005) menggunakan *makroalgae* untuk menghilangkan  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Cd}^{+2}$ ,  $\text{Pb}^{+2}$  dan  $\text{Zn}^{+2}$ , dan kitosan digunakan sebagai biosorben ion  $\text{Pb}^{+2}$ . Biosorben lain yang digunakan untuk menghilangkan logam berat adalah tumbuhan *macrophyte* (Wang *et al.* 1995).

Pembuatan bir yang ada di pasaran menggunakan fungi dari jenis *Saccharomyces cerevisiae* untuk merubah *malt* menjadi alkohol dengan menggunakan proses fermentasi. Selama ini hasil samping proses fermentasi pada pembuatan bir tersebut tidak digunakan tetapi hanya dibuang sebagai limbah dan tidak dimanfaatkan dan dikategorikan sebagai hasil samping yang bernilai ekonomi sangat rendah. Dalam keadaan terbuka, ampas bir sudah mengeluarkan bau tak sedap dan akan mengeluarkan gas. Bau tak sedap ini muncul akibat terjadinya proses pembusukan ampas bir yang amat cepat. Ampas bir mengandung protein 25,9% dan serat kasar 15%. Tingginya protein dan serat karbohidrat serta kadar air inilah yang mempermudah aktifitas mikroba pengurai. Proses penguraian dapat bersifat aerob (membutuhkan oksigen) atau bersifat anaerob (tidak membutuhkan oksigen). Ampas bir menghasilkan bau yang sangat khas berupa  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{NH}_3$  serta berbagai bau menyengat

lainnya. Meskipun disimpan dalam tempat khusus, bau tak sedap ini tetap sulit dibendung.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas biosorpsi biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang berasal dari hasil samping fermentasi industri pembuatan bir untuk mengikat ion Cr (VI) dalam larutan limbah industri pelapisan logam. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang kemampuan biosorben ini dalam larutan yang terkontaminasi oleh ion logam Cr (VI).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

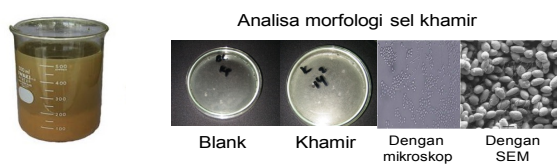
Biomassa hasil samping fermentasi industri pembuatan bir, limbah pelapisan logam yang belum diolah, air suling, NaOH 50%, HNO<sub>3</sub> pekat, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HgSO<sub>4</sub>, AgSO<sub>4</sub>, kalium hidrogen ptalat, barium klorida, natrium sulfat, alkohol 70%, *buffered peptone water* (peptone, NaCl, dinatrium hidrogen fosfat, kalium dihidrogen fosfat, dan air suling), *potato dextrose agar* (*infusion from white potatoes*, dextrose, agar dan air suling), asam tartrat 10%, dan antibiotik *Streptomycine*.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstruder, oven, *jar test*, kertas saring, lampu spiritus, cawan petri (100x15) mm, botol pengencer steril, pipet steril ukuran 1 ml dan 10 ml steril, lemari inkubasi (suhu 25°C), mikroskop, timbangan analitik (Toledo, kapasitas 100 g), penangas air oven, tanur, desikator, labu Erlenmeyer 250 mL, cawan porselen, tabung sentrifusa, sentrifusa (Type H-103N), gelas piala 250 mL, gelas ukur, pH meter (Horiba F-22), pengaduk magnet, corong, pemanas listrik, *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS) SHIMADZU 6501, *Scanning Electron Microscope* (SEM) JOEL-JED-2200 yang beroperasi pada 20kV.

### Metode

#### Persiapan Biosorben

Hasil samping industri fermentasi bir yang digunakan diambil dari satu industri di Bekasi, Jakarta. Setelah diendapkan kurang lebih satu malam, supernatan dibuang. Endapan yang ada dikeringkan dalam oven 80°C selama 24 jam. Selama proses pengeringan ini terjadi penurunan persen berat sebesar 66%. Setelah berbentuk pasta biosorben kemudian dibentuk pelet dengan menggunakan alat ekstruder



Limbah bir

Gambar 1. Limbah bir dan karakteristiknya

Tabel 1. Konsentrasi total krom pada limbah pelapisan logam

| Parameter | Pengambilan |       |        | rata-rata |
|-----------|-------------|-------|--------|-----------|
|           | Mg/L        |       |        |           |
|           | I           | II    | III    |           |
| Cr        | 597,4       | 433,3 | 515,13 | 515,28    |

sehingga berbentuk seperti tablet dengan tujuan agar biosorben tahan lama. Hal ini disebabkan jika tidak dibentuk pelet, hasil samping limbah bir tersebut akan terus terjadi fermentasi dan menimbulkan terbentuknya gas.

#### Penentuan Waktu Kontak Optimum Biosorpsi Ion Cr (VI)

Karakteristik limbah pelapisan logam yang diambil dengan waktu yang berbeda sebanyak tiga kali, setelah dianalisa dengan AAS hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Limbah pelapisan logam dimasukkan ke dalam 3 labu Erlenmeyer masing-masing 500 mL. Selanjutnya dilakukan penambahan biosorben kering ke dalam masing-masing labu Erlenmeyer dengan variasi berat : 2,5 g; 5 g; dan 7,5 g; masing-masing larutan tersebut diaduk dengan menggunakan seperangkat alat *jar test* pada kecepatan 250 rpm selama 60 menit. Larutan kemudian disaring dan supernatannya didestruksi terlebih dahulu sebelum dianalisis dengan menggunakan AAS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Penentuan Waktu Kontak Optimum Biosorpsi Ion Cr (VI) oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*

Salah satu faktor yang mempengaruhi biosorpsi adalah waktu kontak. Waktu kontak optimum menunjukkan waktu yang digunakan oleh biosorben untuk mengadsorpsi dalam jumlah maksimum ion logam yang dapat diikat. Waktu kontak optimum dari biosorpsi ion logam

Cr (VI) oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae* ditentukan dengan menghitung biosorpsi sebagai fungsi waktu. Pada penentuan waktu kontak biosorpsi optimum untuk mengikat ion Cr (VI), digunakan 7,5 g biomassa *S. cerevisiae* yang masing-masing dicampur dengan 500 mL limbah pelapisan logam pada konsentrasi 100,28 mg/L dengan waktu pengadukan 3 jam. Biosorpsi sebagai fungsi waktu ditunjukkan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2, hubungan antara efektivitas biosorpsi terhadap waktu, menunjukkan bahwa biosorpsi Cr (VI) berlangsung dengan cepat. Proses biosorpsi maksimum dicapai pada kontak selama 3 jam dengan berat biosorpsi 7,5 g. Hal ini menunjukkan bahwa makin lama waktu yang digunakan maka akan semakin banyak zat terlarut yang dapat teradsorpsi, jumlah mencapai batas maksimum dan menurun pada waktu kontak 4 jam. Hal ini disebabkan karena permukaan biosorben (biomassa *S. cerevisiae*) telah tertutupi oleh lapisan Cr (VI) yang teradsorpsi.

Dalam penelitian ini, waktu kontak selama 3 jam dengan berat biosorben sebanyak 7,5 g merupakan waktu kontak optimum dimana ion Cr (VI) teradsorpsi optimum. Meskipun presipitasi dapat menurunkan konsentrasi logam berat terlarut cukup signifikan, tetapi konsentrasi logam Cr (VI) hasil olahan terlarut masih belum memenuhi ambang batas baku mutu untuk industri pelapisan logam, sehingga efluen yang telah diolah dengan biomassa *S. cerevisiae* masih memerlukan penanganan lebih lanjut.

### Biomassa *S.cerevisiae* Yang Telah Dibentuk Menjadi Pelet

Biomassa *S. cerevisiae* dalam bentuk basah setelah dibuat pelet dengan pengeringan, berat kering menyusut sekitar 66 % dari berat basah. Kemudian pelet tersebut diamati kelarutan dalam air. Lamanya biomassa *S. cerevisiae* yang berbentuk pelet tersebut larut dan kondisi pelet selama disimpan dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 memperlihatkan bahwa semakin kecil kadar air biomassa *S.cerevisiae* yang berbentuk pelet semakin lama kelarutannya dalam air. Biomassa *S.cerevisiae* yang telah berbentuk pelet tersebut kondisinya stabil selama waktu penyimpanan 8 bulan.

### Hasil Analisa Biomassa *S.cerevisiae* Setelah Kontak dengan Limbah Pelapisan Logam Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)

Biomassa *S.cerevisiae* setelah kontak dengan limbah pelapisan logam dianalisa dengan menggunakan SEM. Dari analisa dengan SEM-EDX terlihat bahwa biomassa *S.cerevisiae* yang belum digunakan untuk mengolah limbah Cr tidak terlihat adanya ion Cr yang diikat, tetapi setelah biomassa *S. cerevisiae* digunakan untuk mengolah limbah Cr dan diamati dengan SEM terlihat adanya ion Cr yang diikat Gambar 2.

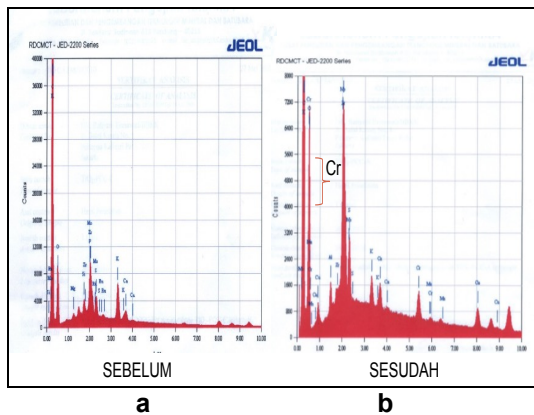
Hal ini menunjukkan bahwa biomassa *S. cerevisiae* mereduksi ion Cr yang ada di limbah pelapisan logam dengan cara mengikat pada dinding sel. Ozer *et al.* 2003 menyebutkan bahwa *S. cerevisiae* mempunyai potensi sebagai biosorben logam berat, hal ini dikarenakan mempunyai material dinding sel sebagai sumber pengikat logam yang tinggi mudah didapatkan karena banyak digunakan dalam proses fermentasi, sehingga menyebabkan konsentrasi Cr akan berkurang.

Tabel 2. Biosorpsi ion Cr (VI) terhadap waktu kontak dengan biomassa *S. cerevisiae* (Konsentrasi Cr (VI)= 100,28 mg/L)

| Berat Biosorben (g) | Konsentrasi Cr |       |      |      | Zat Organik Rata-rata (mg/L) |
|---------------------|----------------|-------|------|------|------------------------------|
|                     | Waktu (jam)    |       |      |      |                              |
|                     | 1              | 2     | 3    | 4    |                              |
| 2,5                 | 28,9           | 43,2  | 55,6 | 50,7 | 600                          |
| 5                   | 48,4           | 46,4  | 32,2 | 42,2 |                              |
| 7,5                 | 36,2           | 34,07 | 24,7 | 51,6 |                              |

Tabel 3. Performa biomassa *S. cerevisiae* setelah berbentuk pelet

| Jenis Pelet | Suhu (°C) | Waktu (jam) | Kadar Air (%) | Kelarutan Pelet (menit) | Waktu Kontak (menit) | Kondisi Pelet Setelah 8 Bulan |
|-------------|-----------|-------------|---------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------|
| serbuk      | 120       | 24          | 7,11          | 15                      | 15-30                | stabil                        |
| pelet 1     | 80        | 1           | 12,2          | 20                      | 30-60                | stabil                        |
| pelet 2     | 80        | 2           | 10,12         | 30                      | 30-60                | stabil                        |
| pelet 3     | 80        | 3           | 5,41          | 60                      | 30-60                | stabil                        |



Gambar 2. Hasil analisa SEM biomass *S. cerevisiae* sebelum (a) dan sesudah (b) kontak dengan limbah pelapisan logam.

## KESIMPULAN

Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang berasal dari hasil samping proses pengolahan bir yang dikeringkan dapat digunakan sebagai biosorben ion logam Cr (VI) sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi bahan pengolahan alternatif untuk penyisihan logam berat. Waktu kontak dan berat optimum biosorpsi *S. cerevisiae* terhadap ion Cr adalah 3 jam dengan berat 7,5 gram.

## DAFTAR PUSTAKA

- Blackley, D.C. 1983. *Synthetic rubbers: their chemistry and technology*. London: Applied Science publishers.
- Kapoor, A. T. Vararaghavan, and D.R. Cullimore. 1999. *Bioresource Technology*: 70 - 95.
- Ozer, A. 2003. Comparative of the biosorption of Pb (II), Ni (II) and Cr (VI) Ions onto *S. cerevisiae*: Determination of Biosorption Heats. *J. Hazard Material* : 317-26.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Yogyakarta: Bina Rupa Aksara.
- Pavasant, P., R. Apiratikul, V. Sungkhum, P. Suthiparinyanont, S. Wattanachira, and T. Marhaba. 2005. *Bioressour. Technol.* 97: 250 - 253.
- Vieira, R.H.S.F. and B. Volesky. 2000. Biosorption: a solution to pollution. *International Microbiol.* 3 : 17-24.
- Wang, X-S., dan Y. Qin. 2006. *Biosorption of heavy metal by Saccharomyces cerevisiae: A review. Biotechnology Advances*: 427- 451. Laboratory of