

Pemanfaatan Mikrolaga *Chlorella sp* yang Diimmobilisasi dalam Proses Penyisihan Logam Cr Pada Limbah Cair Industri Elektroplating

Oleh:

Ayu Eka Putri¹⁾, Shinta Elystia²⁾, Edward HS³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, ^{2,3)}Dosen Teknik Lingkungan
Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
*Email : ayuekaputri26@gmail.com

ABSTRACT

The presence of Chromium (Cr) in electroplating wastewater is a major environmental problem. That toxicity and non-biodegradable where should be eliminated from water. *Chlorella sp* immobilized in calcium alginate is one of technology that can reduce the concentration of Cr in the electroplating wastewater quickly and without produced sludge. The data were analyzed using AAS on variation cell density in alga beads (0; $1,53 \times 10^8$; $1,76 \times 10^7$; $1,54 \times 10^6$ cells / beads) and contact time (0, 12, 24, 36 and 48 hours). The result showed that the highest removal efficiency of Cr occurred at cell density $1,54 \times 10^6$ cells/beads and contact time 48 hours with efficiency of 52,04%.

Keywords: biosorption, microalgae, *Chlorella sp*, cell density, contact time, Cr, electroplating wastewater

1. PENDAHULUAN

Industri elektroplating merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat yang tinggi. Logam berat yang terkandung dalam limbah cair industri elektroplating biasanya berasal dari larutan pembilas yang agak encer, dan sering mengandung 5 mg/l – 50 mg/l ion logam berat (Mubarok,2009). Ion logam berat yang biasanya terkandung dalam limbah cair elektroplating seperti Cr, Cu^{2+} , Cr^{6+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , dan Pb^{2+} (Sumada, 2006). Kromium merupakan logam yang bersifat karsinogen bagi tubuh. Logam berat Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Sifat racun yang dibawa oleh logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan kronis (Yasril, 2009). Konsentrasi logam Cr yang

masih tinggi akan berdampak negatif apabila dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu dengan benar, karena logam Cr bersifat toksik dan sukar terdegradasi bahkan cenderung terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup yang terpapar.

Teknologi pengolahan untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan logam dari air buangan suatu industri diantaranya adalah presipitasi kimia, elektrokimia, membran filter, ion exchange, adsorpsi dan evaporasi. Namun, metode-metode tersebut memerlukan biaya yang mahal, tingkat efisiensi yang rendah, menghasilkan residu berupa sludge, atau tidak sesuai untuk mengolah limbah dengan konsentrasi tinggi (Mata *et al.*, 2009).

Biosorpsi merupakan teknologi pengolahan limbah yang dapat menyisihkan/menghilangkan logam-logam berat dalam limbah cair dengan menggunakan biomassa hidup ataupun biomassa mati (Martins, *et al.*, 2006; Al-Rub *et al.*, 2006; Ahalya *et al.*, 2003). Proses biosorpsi terjadi pada permukaan dinding sel biomassa melalui mekanisme kimia dan fisika, seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks dan adsorpsi, yang melibatkan gugus fungsi dari makromolekul penyusun sel seperti gugus karboksilat, amina, tiolat, hidroksida, imidazol, sulfhidril, fosfodiester, dan gugus fosfat yang dapat berinteraksi dengan ion logam (Wang dan Chen, 2009). Beberapa biomassa yang dapat digunakan untuk menyisihkan kandungan logam seperti bakteri, jamur, dan alga (Gadd, 2009; Wang and Chen, 2009).

Mikroalga adalah salah satu opsi yang menjanjikan untuk menghilangkan logam berat karena mikroalga melakukan penyisihan terhadap logam berat dengan cepat, efisien dan kapasitas pengikatan logam yang tinggi, tidak menghasilkan produk sampingan yang berbahaya, mikroalga dapat di regenerasi, mudah didapatkan dan ion logam yang teradsorpsi dapat di *recovery* kembali (Chen *et al.*, 2014). Salah satu jenis alga yang banyak ditemukan diperairan yaitu alga jenis *Chlorella sp.* *Chlorella sp* mampu menurunkan konsentrasi logam Pb secara maksimal sebesar 78% pada perlakuan 20 ppm pada skala laboratorium (Molazadeh *et al.*, 2015). *Chlorella sp* memiliki keterbatasan tidak bisa bekerja pada suasana basa. Kadar pencemar terlalu tinggi menyebabkan alga mati. Kematian alga terjadi pada kadar logam maksimal, Cu 18 mg/l, sementara Cd, Cr dan Zn maksimal 10 mg/l (Syahputra, 2008). Pada proses penyisihan logam alga bertindak sebagai

ligan yaitu gugus R-COOH, gugus hidroksil, gugus sulfat dan gugus amina. Gugus fungsi tersebut berperan penting dalam mengikat logam pada proses biosorpsi (Fanani, 2017).

Dari penelitian yang sudah ada menunjukkan pemanfaatan biosorben alga memiliki tingkat penyerapan yang tinggi. Namun struktur yang lemah dan ukuran yang sangat kecil dari mikroalga tidak cocok untuk operasi penyisihan logam secara kontinu. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, maka dilakukan immobilisasi biomassa. Immobilisasi biomassa merupakan teknik dimana sel yang akan digunakan dilapisi oleh lapisan polimer yang cukup berpori yang memungkinkan proses difusi substrat ke sel (Horvathova, 2009). Dengan mengimmobilisasi mikroalga, maka ukuran biomassa akan menjadi lebih besar, mempunyai bentuk agregat yang stabil, serta alga yang terlindungi (Putra, 2006). Selain itu, kelebihan dari immobilisasi ini adalah meningkatkan kekuatan mekanik dan resistansi pada zat kimia, mempermudah pemisahan antara biomassa dan hasil effluen, dan mengurangi penyumbatan pada sistem kontinu (Kurniasih, 2013).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi penyisihan logam Cr menggunakan mikroalga *Chlorella sp* yang diimmobilisasi dengan metode biosorpsi. Penelitian ini dilakukan variasi densitas sel alga di dalam *beads alga* (0 ; $1,53 \times 10^8$; $1,76 \times 10^7$; $1,54 \times 10^6$ sel/*beads*) dan waktu kontak (0 , 12 , 24 , 36 dan 48 jam).

2. ALAT, BAHAN DAN PROSEDUR

2.1 ALAT DAN BAHAN

Pada penelitian ini pengolahan dilakukan di dalam *airlift bioreactor* yang terbuat dari akrilik dengan diameter 15 cm dan tinggi 20 cm. Proses pengadukan air

limbah di dalam *airlift bioreactor* dengan menggunakan aerator pada debit udara 3 liter/menit.

Bahan yang digunakan untuk immobilisasi yaitu Na-alginat dan larutan CaCl_2 0,5 M. Nutrien yang digunakan selama kultur alga yaitu Dahril solution. Untuk pelarutan *bead* digunakan sodium sitrat 0,2 M.

2.2 PROSEDUR PENELITIAN

2.2.1 SAMPEL AIR LIMBAH

Limbah cair industri elektroplating dihasilkan dari proses pencucian alat-alat yang digunakan dalam proses pelapisan logam. Sampel diambil pada kolam yang merupakan tempat penampungan limbah cair dari hasil kegiatan industri elektroplating tersebut.

Sampel dimasukkan ke dalam jirigen 20 L, sebelumnya jirigen tersebut dibersihkan dahulu dengan HNO_3 . Pengawetan sampel dapat dilakukan dengan cara penambahan HNO_3 sampai pH sampel ≤ 2 , dengan waktu penyimpanan sampel maksimal 6 bulan (SNI, 2008).

2.2.2 KULTIVASI ALGA

Chlorella sp. di kultur untuk memperbanyak jumlah sel. Sumber nutrien yang digunakan selama kultur yaitu Dahril solution. Proses kultur selama sepuluh hari dilakukan di Pusat Penelitian Alga Universitas Riau. Pemanenan dilakukan setelah 10 hari dan di sentrifugasi. *Chlorella* sp yang sudah disentrifugasi akan dihitung densitas selnya menggunakan *Thomacytometer* hingga mencapai densitas sel 10^9 .

2.2.3 IMMOBILISASI SEL ALGA *Chlorella* sp.

Proses immobilisasi dalam penelitian ini berdasarkan metode yang dilakukan oleh

Hameed (2007). *Chlorella* sp. yang dipisahkan dari medium kultur dengan cara disentrifugasi pada 4000 *g force* selama 10 menit. Selanjutnya sel alga disuspensikan sehingga densitas sel 10^9 sel ml^{-1} . Suspensi alga yang telah homogen dicampurkan dengan natrium alginat yang konsentrasinya telah ditetapkan 4% (w/v) dengan perbandingan volume masing-masing 1:1. Campuran larutan alga-alginat yang terbentuk konsentrasinya menjadi 2%,.

Untuk mencapai densitas sel yang di tetapkan pada variasi bebas (0; $1,53 \times 10^8$; $1,76 \times 10^7$; $1,54 \times 10^6$ sel/*beads*) maka suspensi alga yang telah didapatkan sebelumnya (10^9) akan di encerkan dengan cara mencampurkan 50 ml suspensi alga dengan 450 ml aquades.

Proses immobilisasi dilakukan dengan cara meneteskan campuran alga-alginat ke dalam larutan CaCl_2 0,5 M menggunakan pompa peristaltik. Secara cepat akan terjadi ikatan antara ion kalsium dengan α -guluronaat yang terdapat di dalam rantai alginat, proses ini merupakan pembentukan gel (Susanti, 2009). Tetesan yang telah menjadi gel ini disebut *bead*. Gel didiamkan didalam larutan kalsium klorida selama 12 jam pada suhu 4 °C agar *bead* mengeras. Selanjutnya *bead* dicuci dengan larutan steril NaCl 85% dan diikuti dengan akuades.

Sebagai kontrol dalam penelitian ini yaitu alga tanpa diimmobilisasi dan *bead* alginat tanpa alga (*blank bead*). Prosedur pembuatan *bead* kosong dilakukan sama seperti *bead* alga., namun pada *bead* kosong tidak digunakan suspensi alga tapi diganti dengan akuades. Pada kontrol alga tanpa diimmobilisasi, alga dengan konsentrasi yang sama dengan alga yang tidak diimmobilisasi dimasukan langsung ke dalam medium air limbah.

2.2.4 PENELITIAN UTAMA

Air limbah sebanyak tiga liter dimasukan kedalam 4 buah *airlift bioreactor* yang berisi beads dengan variasi densitas sel (0 ; $1,53 \times 10^8$; $1,76 \times 10^7$; $1,54 \times 10^6$ sel/beads). Air limbah di aerasi dengan aerator pada debit udara 3 l/menit. Sampling dilakukan masing-masing pada waktu (0, 12, 24, 36 dan 48 jam). Konsentrasi logam Cr dihitung menggunakan AAS berdasarkan standar pengujian SNI 06-6989.17-2004

Untuk menentukan efisiensi penyisihan tertinggi digunakan persamaa berikut.

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

C_{in} = Konsentrasi influen (mg/L)

C_{ef} = konsentrasi efluen (mg/L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 KARAKTERISTIK AWAL LIMBAH CAIR INDUSTRI ELEKTROPLATING

Pada penelitian ini, dilakukan pnengolahan limbah cair industri elektroplating menggunakan mikroalga

Chlorella sp yang diimmobilisasi. Sebelum melakukan penelitian dilakukan uji awal untuk melihat kadar Cr total pada limbah cair industri elektroplating yang dapat dilihat pada tabel 3.1.

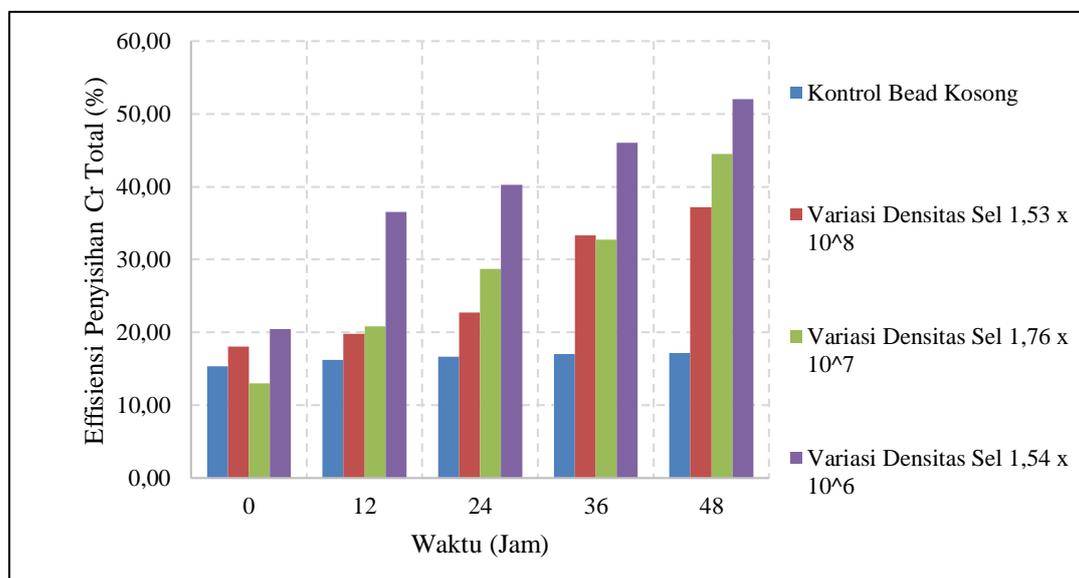
Tabel 3.1 perbandingan hasil pengamatan PermenLH No. 05 tahun 2014

Jenis Logam	Hasil Analisa (mg/l)	Standar Baku Mutu (mg/l)
Cr Total	25,69	0,5

Diketahui bahwa kadar Cr total melewati baku mutu sehingga diperlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum di buang ke badan air.

3.2 Pengaruh Variasi Densitas Sel *Chlorella sp* dan Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Cr Total

Densitas sel adalah jumlah sel yang terkandung dalam *bead* alga. Pada biomassa mati fungsi densitas sama dengan konsentrasi biomassa, dimana densitas (konsentrasi) sangat mempengaruhi efisiensi proses penyisihan logam Cr. Karena densitas akan mempengaruhi jumlah gugus fungsi yang akan menyerap logam Cr.



Gambar 3.1 Grafik Efisiensi Penyisihan Logam Cr Total

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi penyisihan logam Cr total berbanding terbalik dengan densitas sel. Dimana semakin rendah densitas sel maka semakin tinggi nilai efisiensi. Hal ini disebabkan karena densitas sel yang rendah menyebabkan pori-pori dinding sel lebih luas sehingga ion logam dapat dengan mudah diserap oleh gugus fungsi yang ada pada dinding sel *Chlorella* sp. sementara saat densitas sel tinggi maka akan membatasi aktivitas gugus fungsi untuk menyerap logam Cr karena pori-pori yang terdapat pada dinding sel dengan densitas sel tinggi akan saling menutupi (Najiah, 2016). Menurut Owen *et al* (2010) rentang densitas sel yang dapat digunakan dalam menyisihkan Cr adalah 1×10^5 - 1×10^8 sel/ml. Nilai efisiensi penyisihan tertinggi didapatkan pada densitas sel terendah yaitu $1,54 \times 10^6$ dengan nilai mencapai 52,04%. Nilai tersebut didapatkan pada waktu pengambilan sampel 48 jam. Nilai efisiensi ini tergolong rendah karena kurangnya waktu kontak. Menurut Lee (2017) untuk menyisihkan 10 mg/L logam Cr dibutuhkan waktu selama 4 hari, oleh sebab itu proses penyisihan logam Cr pada penelitian ini tidak mencapai hasil yang maksimal.

4. KESIMPULAN

Efisiensi penyisihan logam Cr Total tertinggi terjadi pada variasi densitas sel $1,54 \times 10^6$ sel/beads pada waktu kontak 48 jam dengan nilai efisiensi mencapai 52,04%. Nilai tersebut masih tergolong kecil, oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensi penyisihan perlu dilakukan penambahan waktu kontak.

5. DAFTAR PUSTAKA

- De-Bashan, L. E., Bashan, Y. 2010. Immobilized Microalgae for Removing Pollutants: Review of Practical Aspects. *Bioresour Technol*. 101. 1611-1627.
- Ahalya, N., Ramachandra, T.V., and Kanamadi, R.D. 2003. Biosorption of Heavy Metals. *Research Journal Chemical Environment*. 7 (4): 71-79.
- Chen, Pin-Wen., Yen, Hong-Wei., Hsu, Chih-Yuan., Lee, Ling. 2017. The Use Of Autotrophic *Chlorella vulgaris* In Chromium (VI) Reduction Under Different Reduction Conditions. *Journal Of The Taiwan Institute Of Chemical Engineers*.
- Fanani, Adita, S. 2017. Pemanfaatan Biomassa Alga Biru-Hijau *Anabaena cicadae* sebagai Biosorben untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Cr pada Limbah Cair Industri Elektroplating. Skripsi Sarjana. Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Gadd, G.M. 2009. Biosorption: Critical Review of Scientific Rationale, Environmental Importance and Significance for Pollution Treatment. *Journal Chemical Technology Biotechnology*. 84:13-28.
- Hameed, Abdel. 2007. Effect of Algal Density in Bead, Bead Size and Bead Concentrations on Wastewater Nutrient Removal. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 6.
- Lee, Ling., Hsu, C.Y., Yen, H.W. 2017. The Effect of Hydraulic Time Retention (HRT) on Chromium (VI) Reduction Using Autotrophic Cultivation of *Chlorella vulgaris*. *Bioprocess Biosystem engineering*.
- Molazadeh, Parvin., Khanjani, Narges., Rahimi, M.R., Nasiri, Alireza. 2015. Adsorption of Lead by Microalgae *Chaetoceros Sp.* and *Chlorella Sp.* from Aqueous Solution. *Journal of*

- Community Health Research*. 4(2): 114-127.
- Najiah, Andi Niswatun. 2016. Biosorpsi Logam Merkuri oleh *Lactobacillus acidophilus* pada Kolom Unggun Tetap: Eksperimen dan Prediksi Kurva Breakthrough. *Jurnal Teknik Universitas Hasanuddin*.
- SNI 6989.57.2008. Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Badan Standarisasi Nasional.
- Sumada, Ketut. 2006. Pengolahan Air Limbah Industri Elektroplating Secara Kimia dan Pertukaran Ion (*Ion Exchange*). *Jurnal Teknik Kimia*. Hal 26-36.
- Susanti, Tri. 2009. Studi Biosorpsi Ion Logam Cr (VI) oleh Biomassa Alga Hijau yang Diimobilisasi Pada Kalsium Alginat. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Syahputra, Benny. 2008. Pemanfaatan Alga *Chlorella pyrenoidisa* Untuk Menurunkan Tembaga (Cu) Pada Pelapisan Logam.
- Yasril, Kasjono, H.S. Ganefati, S.P. 2009. Penurunan Kadar Krom (Cr) Dengan Menggunakan Biomasa Ampas Tebu Secara Bio-Adsorpsi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 10 No. 2 Hal. 145 – 151. ISSN 1441-318X.
- Wang, J., Chen, C. 2009. Biosorbents for Heavy Metals Removal and Their Future. *Biotechnology Advance*. 27 : 195 - 226.