

Tersedia online di: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>

TEKNIK, 39 (2), 2018, 114-119

Penurunan Kadar Kromium Total Pada Limbah Elektroplating Menggunakan Adsorben Dari Daun Sukun (*Artocarpus Altilis*) Dengan Aliran Kontinu

Hardoyo, Sulastrri, Nurbaiti Marsas Prilitasari, Natalina *

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Malahayati
Jl. Jl. Pramuka No.27 Kemiling, Bandar Lampung, Indonesia 35153

Abstrak

Limbah cair elektroplating yang mengandung kromium (Cr) merupakan limbah yang berbahaya terhadap lingkungan. Limbah tersebut harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu jenis pengolahan limbah cair yang mengandung Cr adalah proses adsorpsi. Batang dan daun *Artocarpus altilis* (daun sukun) mempunyai potensi untuk digunakan sebagai adsorben untuk mengolah limbah cair yang mengandung Cr. Proses aktivasi pada pembuatan adsorben dapat dilakukan secara asam ataupun non asam. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui potensi daun sukun untuk mengadsorpsi total Cr yang terkandung dalam limbah cair elektroplating. Penelitian ini dilakukan menggunakan reactor dari pipa berukuran panjang 12 cm dan diameter 1,3 cm dengan aliran keatas secara kontinyu. Debit aliran yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0,255 cm³/det. Total Cr diukur menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi menggunakan yang dihasilkan dengan proses asam dapat mereduksi total-Cr dari 77,45 mg/l menjadi 0,474 mg/l (99,34) %, sedang adsorpsi menggunakan adsorben yang dihasilkan dengan proses non asam hanya menurunkan total-Cr dari 77,45 mg/l hingga mencapai 4,753 mg/l (93,86 %). Adsorpsi menggunakan adsorben daun Sukun yang diproduksi melalui proses asam dapat digunakan untuk mengolah limbah cair elektroplating yang mengandung Cr sebab konsentrasi limbah terolah lebih rendah 0,5 mg/l (sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5, 2014).

Kata kunci: limbah cair elektroplating; adsorpsi; daun Sukun (*Artocarpus altilis*); Cr

Abstract

[Title: Total chromium removal from electroplating wastewater using *Artocarpus Altilis* leaves as adsorbent with continuous flow] The Electroplating wastewater the contain chromium (Cr) was one of hazardous waste to the environment. That waste have to treated before discharge to the environment. One of the treatment of the Cr-containing wastewater was adsorption. The leaf and stem of *Artocarpus altilis* have potentially used as a adsorbent to treatment Cr-containing wastewater. The process activated on the production of adsorbent could be done by acid and non acid process. The purpose of this research were to known the potential of *Artocarpus altilis* leaf to adsorpt the total-Cr in the electroplating wastewater. The research was done using a 12cm length of 1,3 cm diameter of pipe reactor with up-flow continuously stream. The debit were used in this research was 0.255 cm³/det. The total-Cr were measured by Atomic Absorption Spectrophotometer(AAS). The research result show that the absorption using adsorbent that produced by acid process could be reduced total-Cr from 77.45 mg/l to 0.47mg/l (99.34%), while the absorption using adsorbent that produced by non acid-process could be reduced total-Cr from 77.45mg/l to 4,75 mg/l (93,86%) only. The absorption using *Artocarpus altilis* leaf adsorbent that produced by acid-adsorbent could be used to treatment of Cr-containing electroplating wastewater, because the treated-concentration from this process was lower than 0.5 mg/l (according on Quality standard PERMEN LH No 5, 2014).

*) Penulis Korespondensi.
E-mail: linanatalina45@yahoo

Keywords: electroplating waste water; adsorption; *Artocarpus altilis* leaf; Cr

1. Pendahuluan

Perkembangan aktivitas industri di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, namun tidak diiringi dengan penanganan limbah industrinya dengan serius. Hal ini akan berakibat terus menurunnya kualitas lingkungan yang disebabkan pencemaran oleh limbah industri. Logam Cr (kromium) merupakan salah satu unsur yang terkandung dalam limbah proses elektroplating dari suatu pelapisan material selain unsur Pb, Cd dan Ni. Krom dapat menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati (liver) dan ginjal. *Environmental Protection Agency* (EPA) Amerika Serikat menggolongkan Cr sebagai suatu zat yang bersifat karsinogenik. Mengingat bahaya unsur tersebut maka perlu dilakukan penanganan terlebih dahulu. Selain itu metode *active carbon* juga banyak digunakan, namun material ini membutuhkan biaya yang besar serta proses yang panjang (Eko et al., 2014). Salah satu alternatif penanganan limbah dengan metode adsorpsi, yakni menggunakan biosorben yang bersifat ramah lingkungan. Cara ini merupakan metode yang sangat menjanjikan karena harganya yang murah dan memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi (Mariana, Farid & Hisbullah, 2012).

Artocarpus altilis atau lebih dikenal dengan tanaman sukun merupakan tanaman yang cukup melimpah di Indonesia dan memiliki banyak manfaat, salah satunya peluang untuk dijadikan adsorben. Pada penelitian Sadewo (2015) telah dilakukan pengujian kandungan pada ekstrak daun sukun (*A. altilis*) melalui uji spektroskopi kemudian diperoleh tannin dan flavonoid yang merupakan senyawa aktif sehingga berpotensi digunakan sebagai adsorben.

Selain itu pada penelitian Suryanto dan Wehantouw (2009) juga diperoleh kandungan fenolik, flavonoid dan tanin pada ekstrak daun sukun. Kandungan tersebut memiliki kemampuan dalam mengikat polutan (Mallampati, 2013). Selain itu gugus -OH, -NH, karbonil dan karboksilat dilaporkan sebagai penyerap yang sangat penting untuk ion logam (Kalaivani et al., 2014)

Pada penelitian daun sukun (*A. Altilis*) digunakan dalam penelitian ini sebagai adsorben dalam kemampuannya mengikat logam Cr(VI). Eksperimen dilakukan untuk mengetahui kemampuan daun sukun (*A. Altilis*) mengadsorpsi logam kromium dalam limbah cair elektroplating melalui pengolahan sistem kontinu dengan tipe aliran *up flow*.

2. Bahan dan Metode

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Sampel penelitian diperoleh dari usaha elektroplating, peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *analytical balance*, oven, beaker

glass 250 -1000 mL, mortar pestle, ayakan #100 dan #150, pipa PVC diameter 3/4", botol sampel, botol plastik sampel ukuran 50 mL, selang plastik, kran pipa 3/4", *magnetic stirrer*, pompa dosing mikrometer, blender, sok drat luar pipa PVC 3/4", labu ukur 25-1000 mL, batang pengaduk, corong plastik, pH meter with *electroda* (Oaklon), *micropipette*, dan *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS Shimadzu AA-7000). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun sukun (*A. altilis*) sebagai adsorben, asam klorida 37% (Merck), aquadest, limbah elektroplating, kertas saring teknis, asam nitrat 65% (Merck), kain penyaring, lem pipa, dan tisu.

Pembuatan adsorben diawali dengan proses pencucian daun sukun sampai bebas debu dan pengotor. Setelah itu dilakukan pengeringan selama 24 jam kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh dan diaktifkan. Proses aktivasi dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk daun sukun (*A. altilis*) dan HCl 1 M dengan perbandingan 1 gram : 5 ml menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah itu larutan disaring untuk memperoleh daun sukun (*A. Altilis*) dengan perlakuan asam.

Serbuk daun sukun (*A. Altilis*) dicuci menggunakan aquades hingga pH netral, kemudian serbuk daun sukun (*A. Altilis*) dikeringkan (80°C; 24 jam), sehingga diperoleh serbuk daun sukun (*A. Altilis*) dengan perlakuan asam. Sedangkan adsorben tanpa perlakuan asam diperoleh dengan cara pencucian daun sukun (*A. Altilis*) yang telah diayak mesh 100 secara langsung menggunakan aquades, sehingga tanpa melalui kontak dengan HCl namun hanya dilakukan pencucian menggunakan aquades.

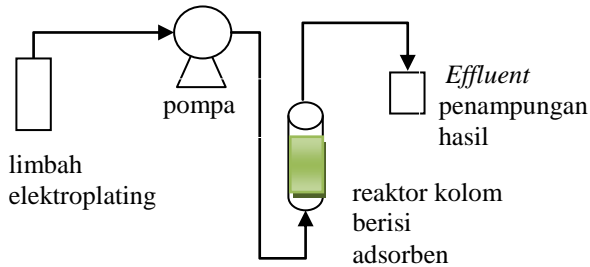
Adsorpsi Cr bergantung pada pH karena pH memiliki peranan penting untuk mengontrol proses adsorpsi dimana semakin meningkat pH maka kemampuan adsorpsi menurun (Panda dkk., 2017). Selain itu adsorpsi lebih baik pada tingkat keasaman tinggi (Tangio, 2013). Hal ini dikarenakan pada pH yang tinggi akan menghambat ion kromium untuk berinteraksi gugus fungsional (Zhou et al., 2016). Penggunaan pH 2 juga dilakukan pada penelitian menggunakan serbuk daun *Crude Pongamia* dengan modifikasi HNO₃ (Shivamani & Princeimmanual, 2008) dan penggunaan *Cocos nucifera* pada sistem batch sebagai adsorben (Sudiarta & Yulihastuti, 2010) untuk proses biosorpsi logam Cr.

2.2 Tahapan Penelitian

Alat pengolah limbah dalam penelitian ini menggunakan konsep kolom secara *up flow* dalam aliran kontinu. Rancang bangun reaktor kolom dapat dilihat pada Gambar 1.

Eksperimen adsorpsi diawali dengan pengaturan debit air limbah yang dikeluarkan pompa dosing

mikrometer menuju reaktor kolom kemudian dilakukan pengambilan sampel *effluent*. Pada penelitian ini digunakan debit 0.255 cm³/detik. Penentuan waktu kontak diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan 1 dan 2.



Gambar 1. Rancang Bangun Reaktor Kolom Adsorpsi

$$V_a = V_u - V \quad (1)$$

$$V_a = (\pi \cdot r \text{ pipa} \cdot t \text{ pipa}) - 10 \text{ cm}^3$$

$$V_a = (\pi \cdot 1,3^2 \text{ cm} \cdot 10 \text{ cm}) - 10 \text{ cm}^3$$

$$V_a = 43,066 \text{ cm}^3$$

$$EBCT = V_a / Q \quad (2)$$

$$EBCT = 43,066 / 0,255$$

$$= 168,88 \text{ detik}$$

$$= 2,814 \text{ menit}$$

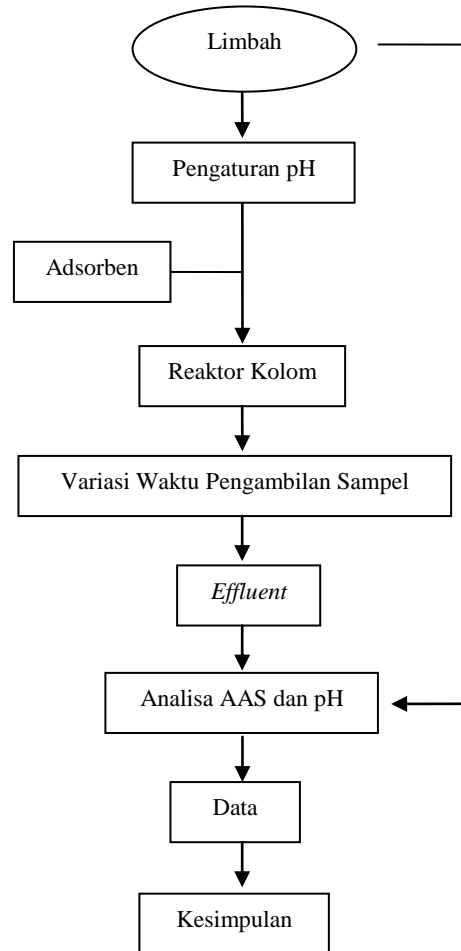
Proses adsorpsi dilakukan dengan mengkontakkan adsorben dan limbah elektroplating dalam sebuah reaktor kolom. Bagan alir proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengujian kuantitatif menggunakan metode SNI 6989.17 : 2009. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kandungan kromium total pada limbah elektroplating yang akan digunakan baik sebelum dan sesudah proses pengolahan secara adsorpsi.

1. Hasil Uji Validasi Jarak Bangunan Menggunakan Total Station

Uji validasi terhadap jarak sisi bangunan dengan sisi model tiga dimensi dilakukan pada 42 titik uji dengan nilai rata-rata sebesar 0,004 meter dengan nilai RMSE sebesar ±0,00611 meter untuk tingkat kesalahan relatifnya

Pengujian kuantitatif menggunakan metode SNI 6989.17 : 2009. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kandungan kromium total pada limbah elektroplating yang akan digunakan baik sebelum dan sesudah proses pengolahan secara adsorpsi.



Gambar 2. Bagan Alir Eksperimen Adsorpsi

3. Hasil dan Pembahasan

Limbah yang akan diolah dalam penelitian ini merupakan limbah cair elektroplating krom dengan karakteristik sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan tabel. 1 kadar Cr-T pada limbah elektroplating (154.900 mg/L atau 15,49 %) jauh melebihi ambang baku mutu yang ditetapkan Permen LH No 5 tahun 2014 yakni sebesar 0,5 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa limbah cair elektroplating harus diolah terlebih dahulu hingga konsentrasi Cr-T di bawah ambang baku mutu yang telah ditetapkan. Limbah elektroplating krom memiliki bentuk Cr⁺⁶ yang dominan disebabkan penggunaan asam kromat (H₂CrO₄).

Proses adsorpsi limbah elektroplating dilakukan dengan pengenceran 2000x dan pH = 2 mengingat pada pH rendah ion H⁺ pada permukaan adsorben meningkat sehingga menghasilkan ikatan yang kuat antara permukaan adsorben dengan ion dikromat.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair Elektroplating Krom

| Kode sampel | Hasil analisa | | | | | | Warna | Bau | Fase |
|---|---------------|----------|--------|--------|----------|--|-------------------------|-------------------|--------------------|
| | Cr Total | | | pH | | | | | |
| | Sampel | Baku mfn | Satuan | Sampel | Baku mfn | | | | |
| Limbah Elektroplating Bintang Chroom | 154,90 | 0,50 | mg/L | 0,68 | 6-9 | | Kuning kecoklatan pekat | memiliki bau khas | Cair tanpa endapan |
| Limbah electroplating yang akan diolah | 77,45 | | mg/L | 3,22 | 6-9 | | kuning jernih | Memiliki bau khas | Cair tanpa endapan |
| Limbah electroplating setelah pengolahan (Adsorben dengan perlakuan asam) | 0,47 | | mg/L | 3,00 | 6-9 | | tidak berbau | | Cair tanpa endapan |
| Limbah electroplating setelah pengolahan (Adsorben tanpa perlakuan asam) | 4,75 | 0,50 | mg/L | 3,00 | 6-9 | | tidak berbau | | Cair tanpa endapan |

Daun sukun (*A. altilis*) yang digunakan dengan dan tanpa perlakuan asam telah melalui proses pemanasan untuk menghilangkan kadar air, hal ini mempengaruhi efisiensi dari suatu adsorben karena pemanasan mampu meningkatkan porositas dinding sel adsorben sehingga luas permukaan adsorpsi semakin besar. Luas permukaan yang besar akan mengakibatkan bertambahnya efisiensi penyerapan logam (Siswanti, Kuncoro, & Soegiyanto, 2014). Kemampuan adsorpsi daun sukun (*A. altilis*) dapat ditinjau dari konsentrasi Cr-total pada *effluent* yang keluar dari reaktor kolom sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa mulai menit ke- 0 hingga ke- 13 terjadi penurunan kromium total yang cukup signifikan menggunakan adsorben tanpa perlakuan asam hingga mencapai konsentrasi 4,753 mg/L di menit ke-13 kemudian terus mengalami kenaikan kadar kromium total hingga menit ke-121. Hal ini terjadi akibat adsorbat telah teradsorpsi oleh adsorben secara optimal, sehingga titik balik (jenuh) terjadi pada menit ke-13.

Sedangkan pada adsorben dengan perlakuan asam terlihat bahwa mulai menit ke- 0 hingga ke- 5 terjadi penurunan kromium total yang cukup signifikan hingga mencapai konsentrasi 0,474 mg/L di menit ke-5. Hal ini

terjadi akibat adsorbat telah teradsorpsi oleh adsorben secara optimal, namun pada menit ke-5 bukan merupakan titik balik atau jenuh. Mengingat adanya beberapa pertimbangan seperti interval waktu adsorpsi optimum (menit ke-0 hingga ke-5) dan penggunaan debit maksimum sebesar 0,255cm³ /detik pada pompa cenderung sulit untuk menentukan titik jenuh pada adsorben dengan perlakuan asam, sehingga dugaan yang terjadi ialah kejenuhan berada pada interval menit ke- 0 hingga ke-5, namun untuk memastikannya diperlukan eksperimen lebih lanjut menggunakan debit yang lebih besar dari 0,255cm³ /detik.

Tabel 2. Cr-Total Limbah Elektroplating Pada Adsorben

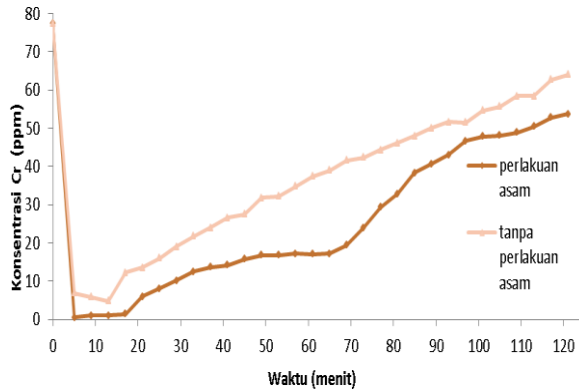
| Menit ke | Rerata Cr-T (mg/L) | | Menit ke | Rerata Cr-T (mg/L) | |
|----------|--------------------|----------------------|----------|--------------------|----------------------|
| | Perlakuan asam | Tanpa perlakuan asam | | Perlakuan asam | Tanpa perlakuan asam |
| 0 | 77,45 | 77,45 | 65 | 17,180 | 38,920 |
| 5 | 0,474 | 6,801 | 69 | 19,338 | 41,545 |
| 9 | 0,991 | 5,873 | 73 | 23,956 | 42,431 |
| 13 | 0,981 | 4,753 | 77 | 29,282 | 44,270 |
| 17 | 1,403 | 12,160 | 81 | 32,866 | 46,131 |
| 21 | 5,981 | 13,533 | 85 | 38,310 | 48,018 |
| 25 | 7,990 | 15,959 | 89 | 40,638 | 50,140 |
| 29 | 10,171 | 19,049 | 93 | 42,973 | 51,585 |
| 33 | 12,450 | 21,739 | 97 | 46,663 | 51,515 |
| 37 | 13,591 | 23,929 | 101 | 47,818 | 54,589 |
| 41 | 14,145 | 26,588 | 105 | 48,123 | 55,716 |
| 45 | 15,763 | 27,505 | 109 | 48,875 | 58,459 |
| 49 | 16,801 | 31,825 | 113 | 50,474 | 58,400 |
| 53 | 16,840 | 32,150 | 117 | 52,814 | 62,731 |
| 57 | 17,239 | 24,758 | 121 | 53,709 | 64,003 |
| 61 | 17,093 | 37,399 | | | |

Kandungan Cr-T pada proses pengolahan limbah elektroplating menggunakan adsorben yang mengalami perlakuan HCl telah memenuhi baku mutu yang diperbolehkan Permen LH No 5 tahun 2014 yaitu dibawah 0,5 mg/L sedangkan pada adsorben yang tanpa perlakuan asam masih di atas ambang baku mutu. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 3.

Perlakuan HCl pada adsorben dapat menyebabkan meningkatnya kemampuan adsorpsi. Hal ini disebabkan karena HCl mampu mengikat material pengotor seperti SiO₂, fosfat, dan garam Ca, Mg, K, Na yang ada di dalam daun sukun sehingga pori akan menjadi lebih terbuka.

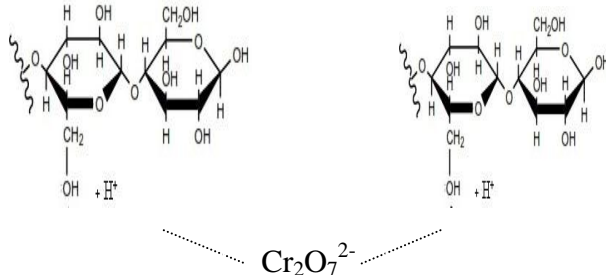
Penggunaan asam anorganik merupakan salah satu aktivasi kimia yang bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan spesifik dan situs aktif (Handayani, 2011). Peningkatan ini sebanding dengan banyaknya situs aktif, karena satu molekul adsorbat hanya dapat diadsorpsi oleh masing-masing situs aktif. Jika permukaan gugus

aktif dari adsorben menjadi lebih luas maka jumlah ion logam Cr yang terserap akan semakin banyak.



Gambar 3. Grafik Hubungan Waktu Terhadap Konsentrasi Kromium

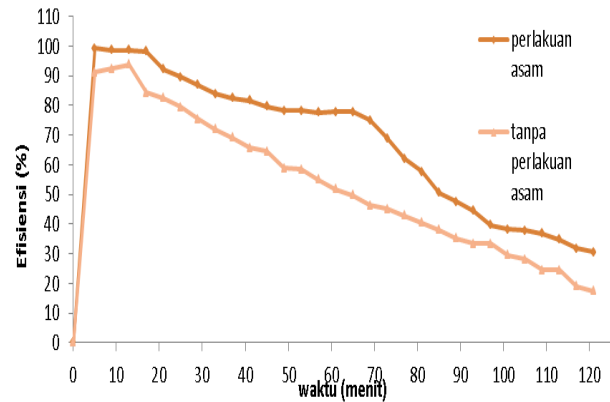
Tingginya kemampuan daun sukun dalam menurunkan konsentrasi kromium disebabkan salah satu komponen penyusunnya adalah selulosa yang merupakan struktur dari dinding sel tumbuhan. Hal ini telah dibuktikan pada penelitian Fauziah (2011) bahwa selulosa memiliki gugus hidroksil sehingga dapat berikatan dengan logam berat. Ikatan antara kromium dan selulosa dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk Ikatan yang terjadi antara $Cr_2O_7^{2-}$ dan Selulosa.

Konsentrasi ion logam yang diserap berhubungan dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan adsorben. Apabila jumlah sisi aktif adsorben lebih besar dari jumlah ion logam yang akan diserap maka efisiensi penyerapan akan tinggi, namun pada kondisi tertentu efisiensi penyerapan akan konstan karena terjadi kejenuhan pada adsorben bahkan efisiensi dapat menurun seiring meningkatnya waktu. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.

Efisiensi yang semakin turun pada gambar 5 terjadi akibat jumlah adsorben tidak sebanding dengan jumlah kromium yang terus menerus masuk ke dalam reaktor kolom.



Gambar 5. Grafik Hubungan Waktu Terhadap Efisiensi

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Daun sukun (*A. altilis*) memiliki potensi menurunkan kadar kromium total pada limbah elektroplating menggunakan aliran kontinu *up flow* dengan debit $0,255 \text{ cm}^3/\text{detik}$. Hal ini dapat dilihat dengan adanya perubahan warna kuning pada limbah elektroplating yang cenderung memudar kemudian menjadi bening secara visual.
2. Penggunaan daun sukun (*A. altilis*) sebagai adsorben yang telah mengalami perlakuan asam mampu menurunkan kadar kromium total hingga mencapai $0,474 \text{ mg/L}$ dan efisiensi sebesar $99,338 \%$ pada menit ke-5, sehingga memenuhi baku mutu Permen LH No 5 tahun 2014 yakni kurang dari $0,5 \text{ mg/L}$ sedangkan tanpa perlakuan asam masih di atas baku mutu yaitu $4,753 \text{ mg/L}$ dengan efisiensi $93,864 \%$ pada menit ke-13.

Daftar Pustaka

- Fauziah (2011) Efektivitas Penyerapan Logam Kromium (Cr VI) dan Kadmium (Cd) Oleh Scenedesmus dimorphus. *Skripsi*. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Handayani, A.W., (2011) Penggunaan Selulosa Daun Nanas Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II). *Skripsi* . Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Kalaivani S.S., Vidhyadevi, T., Murugesan, Thiruvengadaravi, K.V., Anuradha, D., Sivanesan, S. (2014) The Use of New Modified Poly (acrylamide) Chelating Resin With Pendant Benzothiazole Group Containing Donor Atoms in The Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions. *Water Res Ind*, 5, 21-35.

- Mallampati, R. (2013) Biomimetic Sythesis of Hybrid Materials For Potential Applications. *Thesis*. Department Of Chemistry National University Of Singapore, Singapore.
- Mariana, Farid, M., Hisbullah (2012) *Laporan Hasil Studi Penghilangan Cr (VI) dari Limbah Cair Menggunakan Daun Jambu Biji (Psidium Gajava L)*. Aceh : Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala
- Panda, H., Tiadi, N., Mohaty, M., Mohanty, C.R. (2017) Studies on Adsorption Behavior of an Industrial Waste for Removal of Chromium From Aqueous Solution. *South African Journal of Chemical Engineering*, 23:132-138
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 (2014) *Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta : Kementrian Lingkungan Hidup.
- Sadewo, V.D. (2015) Uji Potensi Ekstrak Daun Sukun *Artocarpus altilis* Sebagai Pestisida Nabati terhadap Hama Lalat Buah *Bactrocera spp.* Yogyakarta: Fakultas Biologi, Universitas Atmajaya Yogyakarta.
- Shivamani, S dan Princeimmanual, V. (2008). Batch Adsorption Studies for Chromium Removal. *Journal of Environment Sciences and Engineering*, 50(1) : 11-16.
- Siswantini, C.A., Kuncoro.E.P., dan Soegianto. A.(2014), *Penyisihan Timbal Menggunakan Adsorben Serbuk Daun Mangga (Mangifera indica)*. Surabaya : Universitas Airlangga.
- SNI 6989.17.(2009) *Cara Uji Krom Total (Cr-T) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Nyala*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Sudiarta, I.W, Yulihastuti, D.A. (2010). Biosorpsi Kromium (VI) Pada Serat Sabut Kelapa Hijau (*Cocos nucifera*). *Jurnal Kimia*, 4(2): 158-166.
- Suryanto, E., Wehantouw.F., (2009) Aktivitas Penangkap Radikal Bebas dari Ekstrak Fenolik Daun Sukun (*Arocarpus altilis*). *Jurnal Sains MIPA*, 17(1): 35-42
- Tangio, J.S.,. (2013) Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa *Eceng Gondok (Eichhorniacrassipes)*. *Jurnal Entropi*, 8(1): 52
- Zhou L, Liu Y, Liu S, Yin Y, Zeng G, Tan X, Hu X, Hu X, Jiang L, Ding Y, Liu S, Huang X (2016) Investigation of The Adsorption-Reduction Mechanism of Hexavalent Chromium by Marie Biochars of Diffrent Pyrolytic Temperature. *Bioresour. Technol*, 218: 351-359