

Penyisihan Kadar Logam Cr (VI) dan Cr (III) pada Limbah Cair Elektroplating dengan Kombinasi Proses Pengolahan secara Biosorpsi Menggunakan Mikroalga *Chlorella* sp. dan Koagulasi Flokulasi

Putri Sarah Nurliana Atmaja¹⁾, Shinta Elystia²⁾, Edward HS³⁾

1)Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan

2)Dosen Teknik Lingkungan 3)Dosen Teknik Lingkungan

Laboratorium Pencegahan dan Pengendalian 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

E-mail: putri.atmaja97@gmail.com

ABSTRACT

*Electroplating liquid wastewater is liquid wastewater that comes from the process of coating a metal with other metals with the help of an electric current. This research conducts processing of electroplating liquid wastewater using a combination of treatment processes by biosorption using microalgae *Chlorella* sp. immobilization in an airlift bioreactor and further processing by coagulation and flocculation in a coagulation and flocculation reactor using Poly Aluminum Chloride (PAC) coagulants. The purpose of this study was to determine the removal efficiency, initial concentration and optimum contact time and functional groups in microalgae *Chlorella* sp. The variation of treatment in this study is the initial concentration of wastewater of 25, 50, 75, 100% with variations in contact time for 1, 2, 3 and 4 days in the biosorption process and the addition of a coagulant dose of 600 mg / L in the flocculation coagulation process. The results showed that the biosorption process obtained the best variation in the concentration of 75% wastewater in 4 days contact time. The combination of biosorption, coagulation and flocculation processing can set aside the Cr (VI) content of 93.03% and Cr (III) of 69.8%.*

Keywords: *Electroplating Liquid Wastewater, *Chlorella* sp., Chrom, Wastewater Concentration, Contact Time.*

1. PENDAHULUAN

Elektroplating adalah proses pelapisan suatu logam dengan logam lain dengan cara *elektrolisa*, bertujuan untuk melindungi logam yang mudah rusak karena udara (korosi) dengan logam yang lebih tahan karat. Kuantitas limbah yang dihasilkan dalam proses elektroplating tidak terlampau

besar, tetapi tingkat toksisitasnya sangat berbahaya, terutama krom, nikel dan seng (Roekmijati, 2002).

Kromium adalah salah satu jenis logam yang berada pada limbah cair tersebut dalam bentuk Cr (III) dan Cr (VI). Cr (III) dalam bentuk kation Cr^{3+} atau bentuk trivalen relatif yang tidak berbahaya dan

dapat diendapkan. Sedangkan Cr (VI) atau bentuk heksavalen merupakan anion, yang pada umumnya ada dalam bentuk $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (Wang dkk., 2010). Dalam bentuk heksavalen, kromium bersifat beracun, karsinogenik, dan mutagenik. Dalam bentuk ini, kromium mudah larut di dalam tanah dan air, selain itu merupakan pengoksidasi yang kuat yang dapat diserap oleh kulit (Elangovan dkk., 2007).

Biosorpsi dapat didefinisikan sebagai kemampuan material biologi hidup atau mati untuk menyerap logam berat secara pasif dengan cepat (Abbas et.al, 2014). Alga diketahui dapat mengadsorpsi ion-ion logam karena pada alga terdapat gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut adalah gugus karboksil, hidroksi, amino, sulfat dan sulfonat yang terdapat dalam dinding sel dalam sitoplasma (Susanti, 2009).

Salah satu jenis alga yang banyak ditemukan di perairan yaitu alga jenis *Chlorella* sp. *Chlorella* sp. mampu menurunkan konsentrasi logam Pb sebesar 78% pada perlakuan 20 ppm pada skala laboratorium (Bakhri, 2011).

Namun struktur yang lemah dan ukuran yang sangat kecil dari mikroalga tidak cocok untuk operasi penyisihan logam secara terus-menerus (Anita dkk., 2013).

Untuk mengatasi hal tersebut kemudian digunakan immobilisasi biomassa. Immobilisasi biomassa merupakan teknik dimana sel alga yang akan digunakan dilapisi oleh lapisan polimer yang cukup berpori untuk memungkinkan proses difusi substrat ke sel (Horvathova et al., 2009).

Namun penelitian yang dilakukan oleh Putri (2019), memperlihatkan kadar Cr (VI) awal sebanyak 24,78 mg/L dan Cr (III) 0,91 mg/L. Setelah dilakukan proses biosorpsi menggunakan *Chlorella* sp. yang diimmobilisasi menunjukkan hasil penurunan terhadap Cr (VI) menjadi 12,32 mg/L sedangkan kadar Cr (III) mengalami kenaikan menjadi 10,06 mg/L. Maka dari itu, perlu dilakukan pengolahan lanjutan menggunakan proses koagulasi dan flokulasi untuk menyisihkan kadar Cr (III) yang tersisa seperti penelitian yang dilakukan oleh Giacinta dkk, (2013).

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini akan dilakukan pengolahan limbah cair elektroplating yang dilakukan dengan proses biosorpsi menggunakan mikroalga *Chlorella* sp. yang diimmobilisasi dengan natrium alginat di dalam *airlift bioreactor* dan dilanjutkan dengan proses pengolahan secara koagulasi flokulasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah *airlift bioreactor* yang terbuat dari akrilik berbentuk tabung dengan diameter tabung 15 cm dan tinggi 30 cm dan dilengkapi saluran pompa aerator. Reaktor koagulasi dan flokulasi yang terbuat dari akrilik berbentuk tabung dengan ukuran diameter tabung 15 cm dan tinggi tabung 25 cm, disertai ruang endapan setinggi 5 cm.

Bahan yang digunakan Mikroalga *Chlorella* sp., medium Dahril *Solution*, aquadest, Natrium Alginat 4%, CaCl_2 0,5 M, Sodium Sitrat dan koagulan *Poly-aluminium Chloride* (PAC)

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Sampel Limbah

Sampel limbah cair elektroplating didapat dari proses pencucian dan pembilasan peralatan alat kendaraan, dan rumah tinggal yang terbuat dari logam pada industri elektroplating skala rumah tangga. Limbah diambil pada wadah penampungan hasil kegiatan industri elektroplating tersebut.

2.2.2 Kultivasi Mikroalga *Chlorella* sp

Mikroalga *Chlorella* sp dilakukan kultivasi untuk memperbanyak kepadatan selnya. Kultivasi dilakukan di Laboratorium

Pusat Penelitian Alga Universitas Riau selama 10 hari. Lalu mikroalga *Chlorella* sp disentrifus dan dilakukan perhitungan jumlah sel menggunakan *thomacythometer* hingga mencapai kepadatan sel 10^6 .

2.2.3 Immobilisasi Mikroalga *Chlorella* sp

Chlorella sp. yang telah dikultivasi selama 10 hari dipisahkan dari mediumnya dengan cara sentrifugasi dengan kecepatan 4000 g *force* selama 10 menit. Residu sel alga yang dihasilkan kemudian disuspensikan ke dalam aquades sehingga terbentuk suspensi alga. Suspensi alga kemudian di homogenkan dengan cara pengadukan agar tidak terjadi penumpukan sel.

Proses immobilisasi pada penelitian ini berdasarkan metode yang dilakukan Hameed (2007). Suspensi sel alga yang telah homogen dicampurkan dengan natrium alginat dengan konsentrasi 4% (w/v). Perbandingan volume suspensi alga dan Na-alginat 1:1 sehingga konsentrasi campuran alga-alginat yang terbentuk 2%. Campuran larutan alga-alginat ini akan diteteskan ke dalam larutan CaCl_2 0,5 M menggunakan pompa peristaltik. *Bead* alga yang terbentuk akan didiamkan di dalam larutan CaCl_2 selama 12 jam pada suhu 4°C sehingga *bead* mengeras. *Bead* alga yang telah terbentuk

akan dicuci dengan larutan steril NaCl 0,85% dan selanjutnya akan dicuci menggunakan aquades.

2.2.4 Penelitian Utama

Percobaan di dalam penelitian ini adalah melakukan variasi konsentrasi limbah awal yaitu konsentrasi limbah 25%, 50%, 75%, 100% dan variasi waktu kontak 1, 2, 3 dan 4 hari pada saat proses biosorpsi menggunakan mikroalga *Chlorella* sp. di dalam *ailift bioreactor*. Untuk mencari efisiensi limbah digunakan rumus :

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

Dimana :

C_{in} : Konsentrasi Influen Cr (mg/L)

C_{eff} : Konsentrasi Efluen Cr (mg/L)

Nilai konsentrasi Cr (III) diperoleh dengan mencari selisih antara kandungan Cr Total dan Cr (VI). Perhitungan konsentrasi Cr (III) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Liu, 2016) :

$$Cr (III) = Cr_{Total} - Cr (VI)$$

Limbah dengan efisiensi Cr (VI) tertinggi dilanjutkan dengan proses pengolahan secara koagulasi flokulasi

menggunakan koagulan PAC dengan dosis 600 mg/L di dalam reaktor koagulasi flokulasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Limbah Cair Limbah Cair Elektroplating

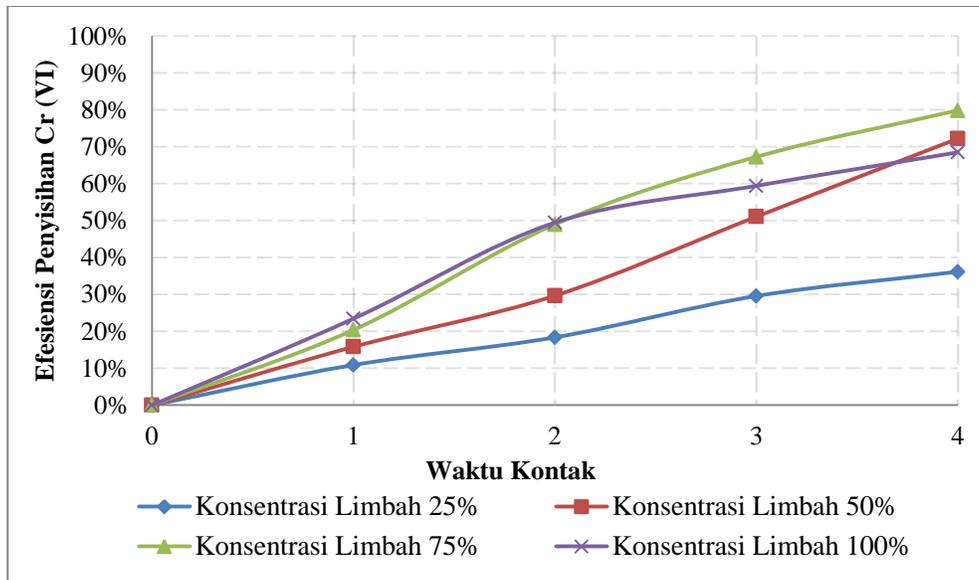
Sebelum dilakukan proses biosorpsi menggunakan bead mikroalga *Chlorella* sp., dilakukan pengujian terhadap karakteristik awal limbah cair elektroplating dan hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Perbandingan Hasil Pengamatan dengan PermenLH No 5 Tahun 2014

Jenis Logam	Hasil Analisa (mg/L)	Standar Baku mutu (mg/L)
Cr Total	24,54	0,5
Cr (VI)	21,86	0,1

3.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal Limbah dan Waktu Kontak Terhadap Efisiensi kandungan Cr (VI) Pada Limbah Cair Elektroplating.

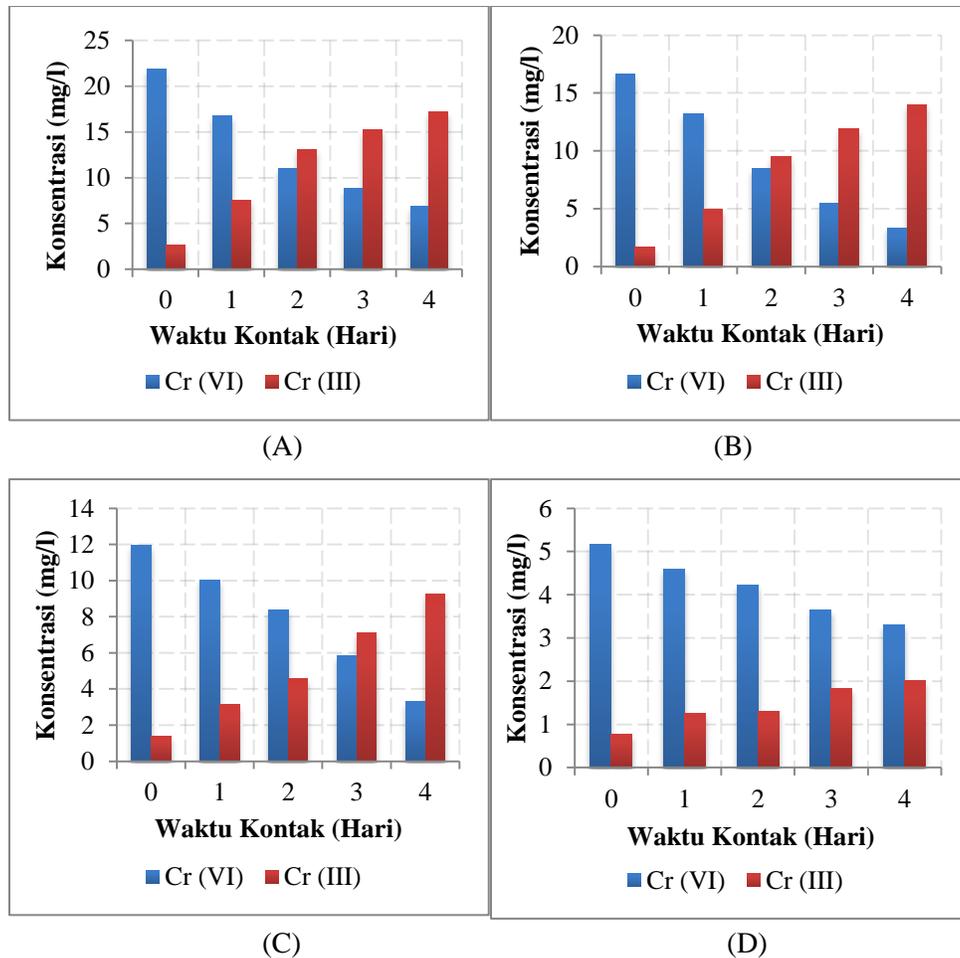
Berikut ini adalah grafik efisiensi Cr (VI) setelah melalui proses pengolahan secara biosorpsi dapat dilihat pada Gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Grafik Hubungan antara Konsentrasi Awal Limbah dengan Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Cr (VI)

Pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa penyisihan tertinggi didapat pada konsentrasi limbah sebesar 75% yang menyisihkan kadar logam Cr (VI) dengan efisiensi sebesar 79,87% dan penyisihan terendah pada konsentrasi limbah sebesar 25%. Hasil yang diperoleh sejalan dengan pernyataan Ibrahim dkk (2015) bahwa peningkatan konsentrasi ion logam akan meningkatkan kapasitas penyerapan, karena semakin banyak ion logam yang akan terikat pada gugus fungsi biomassa *bead* alga *Chlorella* sp. Rafly (2016) juga menggambarkan melalui teori tumbukan yang dimana semakin besar konsentrasi maka semakin besar pula tumbukan antara molekul di dalamnya. Sehingga banyaknya tumbukan yang terjadi reaksinyapun akan berlangsung secara cepat.

Pada konsentrasi limbah 100% efisiensi penyerapan Cr (VI) mengalami penurunan. Penurunan efisiensi dapat disebabkan karena daya serap biosorben *bead* alga *Chlorella* sp. semakin menurun, karena permukaan biomassa alga *Chlorella* sp. tidak cukup kuat untuk mengikat kation logam yang tersisa dalam larutan. Permukaan biosorben terdapat situs aktif yang jumlahnya sebanding terhadap luas permukaan biosorben, dengan demikian situs aktif pada permukaan dinding sel biosorben telah jenuh oleh ion logam. Maka penambahan konsentrasi tidak lagi dapat meningkatkan kemampuan penyerapan dari biosorben tersebut atau akan mengalami konstan (Ibrahim dkk., 2015).



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Konsentrasi limbah (A) limbah 25% (B) Limbah 50% (C) Limbah 75% (D) Limbah 100% dengan Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Cr (VI) dan Cr (III)

Berdasarkan Gambar 3.2 memperlihatkan penurunan konsentrasi logam Cr (VI) pada saat proses biosorpsi berbanding terbalik dengan konsentrasi Cr (III). Konsentrasi Cr (III) cenderung mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu kontak pada semua variasi konsentrasi limbah. Kondisi ini dijelaskan sesuai hasil penelitian Lee (2017) yang menyatakan bahwa mikroalga menyerap Cr (VI) dan mereduksinya

menjadi Cr (III) dengan bantuan enzim *Chromate reductases*. Mikroalga dapat menyisihkan Cr (VI) dengan mekanisme adsorpsi pada dinding sel, reduksi enzimatik menjadi Cr (III), kompleksasi dengan *metallothioneins*, dan detoksifikasi *Reactive Oxygen Species* (ROS).

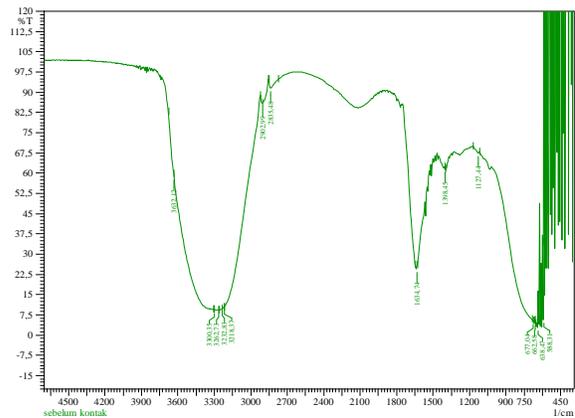
3.3 Pengaruh Proses Koagulasi dan Flokulasi Terhadap Penyisihan Logam Cr (VI) dan Cr (III)

Kandungan Cr (VI) setelah dilakukan pengolahan lanjutan secara koagulasi dan flokulasi menggunakan koagulan PAC sebanyak 600 mg/L terjadi penurunan terhadap konsentrasi Cr (VI) dari 3,35 mg/L menjadi 1,51 mg/L dengan efisiensi sebesar 54,92%. Konsentrasi Cr (III) juga mengalami penurunan dari 13,97 mg/L menjadi 3,72 mg/L dengan efisiensi sebesar 69,8%.

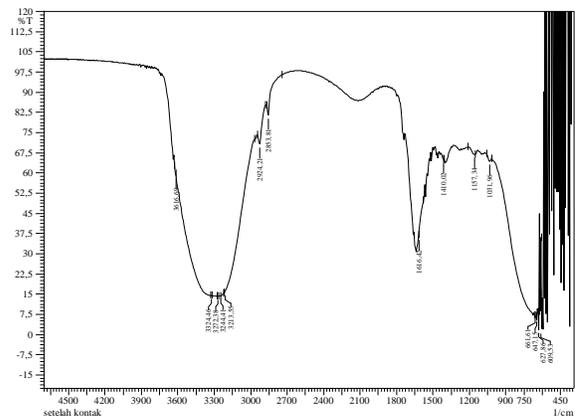
3.4 Limbah Cair Elektroplating Setelah Proses Biosorpsi Menggunakan Mikroalga *Chlorella* sp. dan Pengolahan Lanjutan Koagulasi Flokulasi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, pengolahan kombinasi secara biosorpsi menggunakan mikroalga *Chlorella* sp. dan koagulasi flokulasi didapat efisiensi akhir untuk penyisihan Cr (VI) sebesar 93,09% dan efisiensi penyisihan Cr (III) sebesar 69,8%. Efisiensi penyisihan Cr (III) cenderung masih rendah karena dosis koagulan PAC sebesar 600 mg/L dianggap belum cukup untuk menyisihkan parameter Cr (III) lebih besar lagi saat proses pengolahan secara koagulasi dan flokulasi.

3.5 Pengaruh Proses Biosorpsi Terhadap Karakteristik Mikroalga *Chlorella* sp.



Gambar 3.3 Hasil FTIR Mikroalga *bead* alga *Chlorella* sp. sebelum kontak dengan limbah cair elektroplating



Gambar 3.4 Hasil FTIR Mikroalga *bead* alga *Chlorella* sp. setelah kontak dengan limbah cair elektroplating.

4. KESIMPULAN

1. Kombinasi proses biosorpsi menggunakan mikroalga *Chlorella* sp. dan koagulasi flokulasi dapat menyisihkan logam Cr (VI) dengan efisiensi sebesar 93,03% dan Cr (III) sebesar 69,8%.

2. Pada proses biosorpsi penyisihan logam Cr tertinggi terletak pada konsentrasi awal limbah sebesar 75% dengan waktu kontak 4 hari.
3. Hasil uji karakteristik menggunakan instrumen FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi karboksil, hidroksil dan amina pada mikroalga *Chlorella* sp. yang berperan pada proses biosorpsi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S. H., Ismail, I. M., Mustofa, M. T., Sulaymon, A. H. (2014). Biosorption of Heavy Metals: A Review. *Journal of Chemical Science and Technology*, Vol 3, Iss 4, 74 – 102.
- Audina, N. 2019. Penyisihan COD, Amonia, dan Cr Total dari Limbah Cair Laboratorium Kimia Dasar Menggunakan Kombinasi Proses Koagulasi, Flokulasi, dan Biosorpsi. *Skripsi*. Universitas Riau.
- Bakhri, M. F. 2011. Modifikasi Alga Hijau *Scenedesmus* sp. yang Terimmobilisasi pada Polisulfon sebagai Penyerap Ion Logam Cd^{2+} . *Skripsi*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Elangovan, R., et, all. (2007). Biosorption of Hexavalent and Trivalent Chromium by *Palm Flower (Borassus aethiopum)*. *Chemical Engineering Journal*, Vol 141, 99-111.
- 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*.
- Liu, C., et, all. (2016). A New Technology for the Treatment of Chromium Electroplating Wastewater Based on Biosorption. *Journal of Waste Engineering*, Vol 11, 143-151
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014. Baku Mutu Air Limbah.
- Putra, Wiwid P, Kamari, Azlan, Yusoff, Siti NM ect. 2014. Biosorption of Cu(II), Pb(II), and Zn(II) Ions from Aqueous Solutions Using Selected Waste Materials: Adsorption and Characterisation Studies. *Journal of Encapsulation and Adsorption Science*, 25-23.
- Rafly, M. 2016. Biosorpsi Logam Timbal Dengan Menggunakan Khamir *Saccharomyces Cerevisiae* Termobilisasi Natrium Alginat. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
- Roekmijati. (2002). Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda. *Jurnal Kimia Lingkungan*. Universitas Indonesia.
- Silalahi, Mawar DS., Astri Rinanti Nugroho, Melati Ferianita Fachrul, Rositayanti Hadisoebroto, Laras Kurnia. 2017. Biosorpsi Logam Berat Tembaga (Cu^{2+}) Dalam Air Limbah Industri Lapis Listrik oleh Kultur Campuran Mikroalga Air Tawar Termobilisasi. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lemlit*, Vol. 2, No. 1, Januari 2017:1-7
- Wang, X.S., Chen, L.F., Li, F.Y., Chen, K.L., Wan, W.Y., Tang, Y.J. (2010). Removal of Cr (VI) with Wheat-Residue Derived Black Carbon. *Journal of Reaction Mechanism and Adsorption Performance*, pg 816–822. J. Hazard Mater : London.