

# **PEMANFAATAN LIMBAH KULIT BUAH KAKAO SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PENYERAPAN ION LOGAM KROMIUM (VI) PADA LIMBAH ELEKTROPLATING DI BUKITTINGGI**

**Ulet Putri Hayati<sup>1</sup>, Hendri Sawir<sup>2</sup>**

Teknik Lingkungan, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang  
email: <sup>1</sup>lulethayati@gmail.com, <sup>2</sup>hendri.sawir@yahoo.com

## **ABSTRAK**

The ability of cacao (*Theobroma cacao*) peels to remove metal ions chromium (VI) from waste water has been investigated. Effect of pH, initial concentration of metal ions solution, contact time, adsorbent mass and particle size of adsorbent with batch method has been studied. The optimum conditions for metal ions chromium (VI) was found at pH 6 with initial concentration of 750 mg/L, contact time 15 minutes, adsorbent mass 0,1 gram and particle size 32  $\mu\text{m}$ . This optimum conditions have been applied to electroplating waste in Jirek – Bukittinggi, gave capacity of adsorption metal ions chromium (VI) about 0,0776 mg/g and efficiency of adsorption about 84,07 %.

**Keywords** : Cacao (*Theobroma cacao*) peels, metal ions chromium (VI), adsorbent and adsorption

## **I. PENDAHULUAN**

Perkembangan bidang industri di Indonesia pada saat ini cukup pesat. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan manusia seperti industri logam, kertas, tekstil, percetakan, elektroplating dan sebagainya. Seiring dengan pertumbuhan industri tersebut, maka semakin banyak pula hasil sampingan yang diproduksi sebagai limbah. Salah satu limbah tersebut adalah limbah logam berat.

Kontaminasi lingkungan oleh logam berat dapat berasal dari pembuangan limbah yang mengandung logam ke badan air, dapat menumpuk di sepanjang rantai makanan yang menyebabkan bahaya ekologi dan kesehatan. Limbah ini akan menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat di dalamnya melebihi ambang batas serta mempunyai sifat racun yang sangat berbahaya. Logam berat diakui sebagai kontaminan berbahaya dalam jangka panjang karena toksisitasnya tinggi, dapat terakumulasi dan retensi di

dalam tubuh manusia, misalnya seperti limbah elektroplating yang mengandung logam berat seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn), nikel (Ni), kadmium (Cd) dan kromium (Cr).

Elektroplating di wilayah Sumatera Barat khususnya di Bukittinggi ditemukan dalam bentuk bengkel dengan skala usaha kecil menengah. Berdasarkan survei lapangan yang dilakukan bengkel elektroplating di Bukittinggi terdapat di beberapa lokasi yakni di daerah Gulai Bancah, Aua Ateh, Jirek, Munggu dan Tanjung Alam. Namun, bengkel elektroplating yang ditemukan pada umumnya tidak memperbolehkan konsumen untuk melihat secara langsung bagaimana proses dari elektroplating yang dilakukan, ini dikarenakan bengkel yang ada di Bukittinggi tersebut tidak memiliki perizinan secara resmi dari Kantor Lingkungan Hidup (KLH) setempat. Hal ini ditakutkan dapat membahayakan lingkungan apabila dibiarkan begitu saja mengingat bahwa limbah elektroplating

mengandung logam berat yang berbahaya bagi lingkungan.

Belakangan ini penelitian untuk menemukan teknik pengolahan baru bagi limbah logam berat semakin banyak dilakukan. Salah satunya ialah proses adsorpsi (penyerapan) logam berat dengan menggunakan bahan-bahan yang bersumber dari alam (biomaterial). Bahan tersebut dapat diperoleh dari limbah pertanian ataupun perkebunan. Bahan yang dimanfaatkan tersebut biasanya berasal dari daun, batang, buah, biji, kulit ataupun akar. Mengingat bahwa Indonesia khususnya provinsi Sumatera Barat merupakan daerah dengan sektor pertanian dan perkebunan yang cukup luas tentunya juga menghasilkan limbah pertanian dan perkebunan yang besar dan cenderung tidak dimanfaatkan seutuhnya.

Salah satu daerah di Sumatera Barat dengan sektor perkebunan yang luas adalah Pasaman Barat. Selain kelapa sawit Pasaman Barat juga banyak menghasilkan buah kakao dengan luas lahan perkebunan rakyat sebesar 154.129 hektare dan hasil produksi kakao mencapai 88.967 ton/tahun, karena mayoritas masyarakat Pasaman Barat memiliki kebun buah kakao sebagai sumber penambah penghasilan. Disamping buah kakao membantu meningkatkan ekonomi masyarakat, buah kakao ini juga menimbulkan masalah yaitu adanya limbah kulit buah kakao. Produksi limbah kulit buah kakao ini mencapai sekitar (60-75%) dari total produksi buah kakao atau enam kali lipat produksi biji kakao kering (*Balitbang Pertanian 2007; Yuli Yetri 2015*). Limbah kulit kakao ini timbul karena banyak masyarakat yang tidak tahu bagaimana cara mengolah limbah buah kakao tersebut. Limbah kulit buah kakao ini menimbulkan adanya masalah lingkungan seperti : estetika, bau dan sumber penyakit. Biasanya masyarakat setelah panen kakao, kulit kakao tersebut hanya ditumpuk di suatu tempat dan dibiarkan membusuk secara alami. Oleh sebab itu, untuk

menjaga keseimbangan dan kelestarian alam maka perlu digalakkan penggunaan limbah kulit buah kakao menjadi bahan yang berdaya guna tinggi guna meningkatkan nilai ekonomis dari kulit buah kakao yang selama ini hanya terbuang percuma saja.

Maka dari penelitian ini dilakukan pemanfaatan terhadap limbah kulit buah kakao yang diperoleh dari Pasaman Barat sebagai biomaterial dalam penyerapan logam berat dari limbah elektroplating di salah satu bengkel elektroplating di Bukittingi. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bahwa limbah kulit buah kakao dapat dijadikan sebagai adsorben dalam menyerap ion logam kromium (VI) dan untuk mengetahui kondisi optimum dari proses adsorpsi ion logam kromium (VI) oleh adsorben limbah kulit buah kakao dan dibandingkan dengan baku mutu PERMENLH No. 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan /atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam.

## II. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian rancangan percobaan. Penelitian rancangan percobaan adalah penelitian yang bertujuan untuk menilai pengaruh suatu perlakuan/ tindakan/ treatment terhadap suatu objek atau menguji hipotesis tentang ada – tidaknya pengaruh tindakan itu bila dibandingkan dengan tindakan lain. Berdasarkan hal tersebut maka tujuan umum percobaan adalah untuk meneliti pengaruh dari suatu perlakuan tertentu terhadap gejala suatu kelompok tertentu di banding dengan kelompok lain yang menggunakan perlakuan yang berbeda (Sumadi, 1998). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biota Sumatera – UPT Sumber Daya Hayati Universitas Andalas. Sedangkan waktu penelitian dilaksanakan pada Bulan April 2016 sampai dengan Juni 2016. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data yang diperoleh dari

pengujian di laboratorium, untuk kemudian diolah dengan rumus/persamaan yang telah ditentukan.

Adapun langkah - langkah penelitian ini adalah :

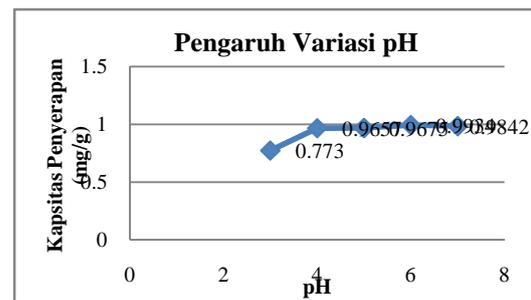
1. Pembuatan Reagen;
2. Pembuatan Adsorben Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*);
3. Percobaan untuk masing-masing parameter uji antara lain : Pengaruh pH (3-7), pengaruh konsentrasi awal larutan ion (10;50;100;250;500;750 ppm), waktu kontak (15;30;90;120 menit), massa adsorben (0,1;0,3;0,6;0,9 gram) dan ukuran partikel (32;160;425  $\mu\text{m}$ ).

Setelah dilaksanakan langkah-langkah penelitian tersebut maka selanjutnya dilakukan analisis data primer dengan melakukan perhitungan kapasitas adsorpsi (Q) dan efisiensi penyerapan (%X). Kemudian hasil dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan ringkasan hasil dari penelitian ini yang berkaitan dengan tujuan Tugas Akhir dan hal-hal baru yang diperoleh selama Tugas Akhir dilaksanakan. Saran diberikan agar dapat memunculkan ide akan hal-hal baru yang sebaiknya diperhitungkan dalam pengembangan objek Tugas Akhir di kemudian hari.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh pH Terhadap Penyerapan Ion Logam Cr (VI)

pH merupakan parameter yang penting pada proses penyerapan ion Cr (VI) oleh adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao*). Nilai pH mempengaruhi dua aspek yaitu kelarutan ion logam dan jumlah muatan biosorben. Karena proton dapat terserap atau dilepaskan. Pengaruh pH dipelajari pada rentang 3 – 7. Hasil yang didapat ditunjukkan pada Gambar 1 :

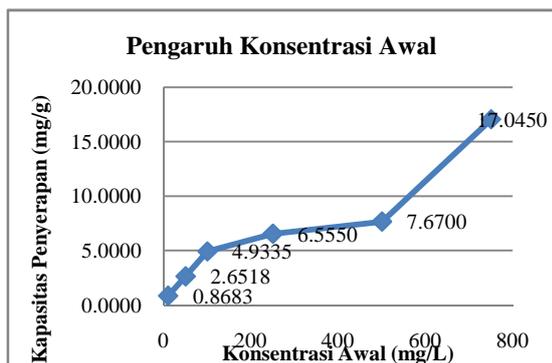


Gambar.1. Pengaruh pH pada penyerapan ion logam Cr (VI) ;10 mL larutan ion logam; konsentrasi 10mg/L; massa adsorben 0,1 g; ukuran partikel 160 $\mu\text{m}$ ; waktu kontak 15 menit; kecepatan pengadukan 200 rpm

Berdasarkan Gambar.1, pada pH 3 kapasitas penyerapan ion logam Cr (VI) kecil. Hal ini terjadi karena adanya kompetisi antara ion logam Cr (VI) dengan ion lain yang berasal dari larutan untuk dapat berikatan dan terjerap pada permukaan adsorben. Kapasitas penyerapan ion Cr (VI) meningkat pada pH 4 sampai 7 namun peningkatan kapasitas penyerapan tersebut tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan. Kapasitas penyerapan optimum ion logam Cr (VI) terjadi pada pH 6 yakni 0,9934 mg/g. Namun berbeda pada penyerapan ion logam Cr (VI) menggunakan adsorben kulit jagung, kapasitas penyerapan optimum terjadi pada pH 4.

#### 3.2 Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap Penyerapan Ion Logam Cr (VI)

Konsentrasi awal larutan ion logam dipelajari untuk mengetahui seberapa banyak ion logam yang dapat berikatan dengan sisi aktif dari adsorben. Pengamatan terhadap pengaruh konsentrasi awal dilakukan pada pH optimum yakni pada pH 6. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar.2 dibawah ini.

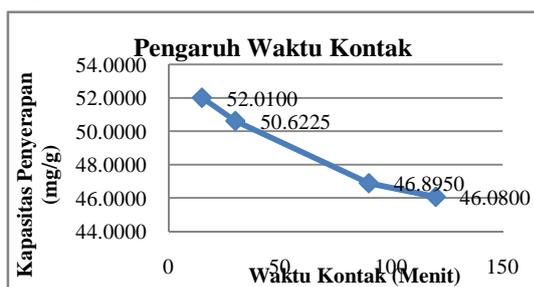


Gambar.2.Pengaruh konsentrasi awal pada penyerapan ion logam Cr (VI) dengan 10 mL larutan ion dengan berbagai konsentrasi; pH 6; massa adsorben 0,1 g; ukuran partikel 160 $\mu$ m; waktu kontak 15 menit; kecepatan pengadukan 200 rpm.

Jumlah ion logam yang diserap oleh adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan logam. Hal ini terjadi karena, pada konsentrasi tinggi semakin banyak ion logam yang akan bersaing untuk dapat berikatan pada gugus aktif dari adsorben. Namun terlihat jelas pada konsentrasi 10 mg/L sampai dengan 500 mg/L tidak terjadi penyerapan yang begitu signifikan. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi tertinggi ion logam saling berkompetisi dalam berikatan dengan adsorben sehingga pada konsentrasi tertinggilah kapasitas penyerapan menjadi optimum yakni pada konsentrasi 750 mg/L dengan kapasitas penyerapan sebesar 17,0450 mg/g.

### 3.3 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Penyerapan Ion Logam Cr (VI)

Pengamatan waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cr (VI) dapat dilihat pada Gambar.3. dibawah ini :



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak pada penyerapan ion logam Cr (VI) dengan 10 mL larutan ion; pH 6; konsentrasi 750 mg/L; massa adsorben 0,1 g; ukuran partikel 160 $\mu$ m; kecepatan pengadukan 200 rpm.

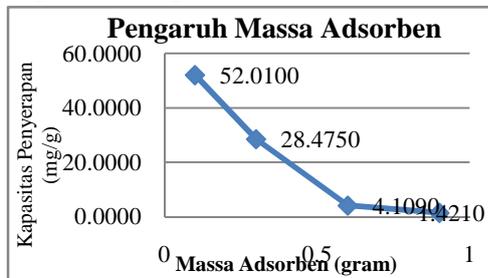
Perlakuan ini dilakukan untuk mengetahui waktu optimum yang dibutuhkan oleh adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) agar dapat menyerap ion logam Cr (VI) dengan baik. Pada Gambar.4.3 terlihat bahwa waktu optimum untuk penyerapan ion logam Cr (VI) adalah pada saat 15 menit.

Pada saat 15 menit sisi aktif dari biosorben lebih banyak tersedia sehingga ion logam dapat berinteraksi dengan mudah dan lebih leluasa, sehingga pada rentang waktu awal tersebut ion logam sudah lebih dahulu berikatan secara maksimal dengan permukaan adsorben sehingga pada waktu kontak selanjutnya yakni 30 menit, 90 menit dan 120 menit kapasitas penyerapan ion logam pun semakin menurun. Hal ini disebabkan karena hampir semua permukaan adsorben telah berikatan dengan ion logam secara maksimal pada awal waktu kontak yakni 15 menit. Dengan demikian waktu kontak optimum pada penyerapan ion logam Cr (VI) adalah pada saat 15 menit dengan kapasitas penyerapan 52,0100 mg/g dengan efisiensi penyerapan sebesar 69,35 %.

Sedangkan untuk penyerapan ion logam Cr (VI) menggunakan adsorben kulit jagung terjadi perbedaan waktu optimum yakni selama 3,5 jam percobaan dengan metoda kolom, jika dibandingkan dengan adsorpsi dengan kulit buah kakao maka adsorben kulit jagung membutuhkan waktu yang cukup lama dibanding dengan adsorben kulit buah kakao yang hanya membutuhkan waktu optimum selama 15 menit. Berbeda lagi dengan adsorpsi menggunakan zeolit, waktu kontak optimum yang didapatkan adalah selama 50 menit.

### 3.4 Pengaruh Massa Adsorben terhadap Penyerapan Ion Logam Cr (VI)

Pengamatan massa adsorben terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cr (VI) dilakukan pada rentang 0,1 gram, 0,3 gram, 0,6 gram dan 0,9 gram. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar.4. dibawah ini :



Gambar.4. Pengaruh massa adsorben terhadap penyerapan ion logam Cr (VI) ukuran partikel 160  $\mu\text{m}$ ; dengan 10 mL larutan ion logam; pH 6; konsentrasi 750 mg/L; massa adsorben berbagai variasi; waktu kontak 15 menit; kecepatan pengadukan 200 rpm.

Jumlah adsorben yang digunakan menentukan potensi adsorben untuk menghilangkan ion logam pada konsentrasi awal yang diberikan. Berdasarkan Gambar.4. semakin besar dengan bertambahnya massa dari adsorben maka kapasitas penyerapan ion logam menjadi semakin menurun.

Peningkatan massa biosorben mengakibatkan turunnya kapasitas penyerapan ion logam Cr (VI). Ini terjadi karena terlalu banyaknya sisi aktif pada permukaan adsorben sedangkan jumlah ion logam tetap sama. Pada massa adsorben rendah, jumlah ion teradsorpsi per satuan berat adsorben menjadi tinggi.

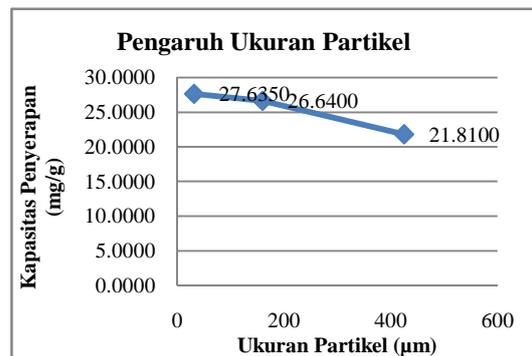
Peningkatan penyerapan ion logam dapat dilakukan dengan meningkatkan dosis adsorben karena akan menyebabkan peningkatan jumlah situs aktif dan luas permukaan yang tersedia. Dalam aplikasi nyata, massa adsorben yang paling menguntungkan harus didefinisikan sebagai jumlah terendah yang memberikan tingkat efisiensi penyerapan yang sesuai. Maka massa adsorben optimum adalah pada 0,1 gram adsorben dengan kapasitas

penyerapan ion logam sebesar 52,0100 mg/g.

Namun berbeda dengan proses adsorpsi ion logam Cr (VI) menggunakan zeolit, kapasitas penyerapan optimum diperoleh pada percobaan massa adsorben sebanyak 25 gram. Ini menunjukkan jumlah yang jauh berbeda dengan adsorpsi ion logam Cr (VI) menggunakan kulit buah kakao (*Theobroma cacao*).

### 3.5 Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Penyerapan Ion Logam Cr (VI)

Ukuran partikel adsorben berhubungan dengan luas permukaan yang akan berinteraksi dengan ion logam. Pengamatan pengaruh ukuran partikel adsorben dapat ditunjukkan pada Gambar.5. terlihat bahwa penyerapan optimum untuk ion logam adalah dengan menggunakan adsorben dengan ukuran paling kecil, yaitu 32  $\mu\text{m}$ .



Gambar.5. Pengaruh ukuran partikel pada penyerapan ion logam Cr (VI), dengan 10 mL larutan ion logam; pH 6; konsentrasi 750 mg/L; massa adsorben 0,1 g; waktu kontak 15 menit; kecepatan pengadukan 200 rpm.

Kapasitas penyerapan ion logam Cr (VI) adalah 27,6350 mg/g. Efisiensi penyerapan merupakan fungsi luas permukaan adsorben. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin besar luas permukaan adsorben sehingga kapasitas suatu adsorben dalam menyerap suatu adsorbat juga akan bertambah besar. Terbukti pada percobaan ini bahwa ukuran partikel optimum adalah ukuran partikel terkecil yakni 32  $\mu\text{m}$ . Ini sama halnya

dengan adsorpsi ion logam Cr (VI) menggunakan kulit jagung dengan ukuran partikel terkecil dari percobaan yakni 0,075-0,250 mm. Sedangkan pada percobaan adsorpsi ion logam Cr (VI) menggunakan zeolit diperoleh ukuran partikel optimum sebesar 60 µm.

### 3.6 Aplikasi Kondisi Optimum pada Limbah Elektroplating

Kondisi optimum terhadap penyerapan ion logam Cr (VI) diaplikasikan pada limbah elektroplating yang berasal dari salah satu bengkel elektroplating yang ada di Bukittingi. Dapat dilihat bahwa adsorben dari kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) ini dapat digunakan untuk menyerap ion Cr logam (VI). Namun efisiensi penyerapan atau % penghilangan ion logam belum mencapai 100%. Ini disebabkan karena adanya keberadaan ion logam lain yang terdapat pada limbah tersebut. Sehingga terjadi kompetisi antar ion logam untuk dapat berikatan dengan sisi aktif pada permukaan adsorben kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) tersebut.

Pada percobaan ini diperoleh konsentrasi awal limbah elektroplating sebesar 0,9230 mg/L, jika dibandingkan dengan baku mutu PERMENLH No. 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan /atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam tertera bahwa batas maksimal keberadaan ion logam Cr (VI) adalah sebesar 0,1 mg/L. Ini menunjukkan bahwa limbah tersebut telah melampaui baku mutu dan perlu diolah sebelum di buang ke lingkungan. Oleh sebab itu, penelitian ini bermanfaat untuk meminimalisir pencemaran oleh logam berat Cr (VI).

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan analisis data menunjukkan bahwa kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) yang diperlakukan dengan HNO<sub>3</sub> 0,01 M maka dapat diperoleh kesimpulan :

1. Limbah kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) dapat dijadikan sebagai adsorben untuk mengurangi konsentrasi ion logam Cr (VI) dalam limbah cair elektroplating ;
2. Kondisi optimum untuk penyerapan ion logam Cr (VI) diperoleh pada pH 6, konsentrasi awal 750 mg/L, waktu kontak 15 menit, massa adsorben 0,1 g dan ukuran partikel adsorben 32 µm. Kapasitas penyerapan ion pada kondisi optimum adalah sebesar 0,0776 mg/g dengan efisiensi penyerapan ion logam mencapai 84,07 % yang diaplikasikan pada limbah elektroplating. Dimana konsentrasi ion logam Cr (VI) pada limbah elektroplating yang diperbolehkan adalah sebesar 0,1 mg/L, sedangkan hasil konsentrasi akhir ion logam Cr (VI) dari proses adsorpsi pada kondisi optimum adalah sebesar 0,1470 mg/L sehingga hasil yang diperoleh belum mencapai standar baku mutu yang ditetapkan pada PERMENLH No. 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam.

Dengan demikian, pemanfaatan limbah kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) sebagai adsorben ion logam sudah dapat dilakukan sebagai salah satu upaya atau metode yang sederhana dalam mengolah limbah kulit buah kakao yang cenderung tidak termanfaatkan dan dibuang secara percuma walaupun belum dapat terlaksana secara optimal, sehingga dapat mengurangi permasalahan lingkungan dan meningkatkan pengetahuan masyarakat khususnya para petani kakao di wilayah Sumatera Barat dalam mengolah limbah perkebunan kakao tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Homaidan, A., Al-Houri, H.J., Al-Hazzani, A.A., Elgaaly, G., Moubayed, N.M.S. *Biosorption of Copper Ions From Aqueous Solutions*

- By *Spirulina Platensis* Biomass. Arab J. Chem. Vol. 7, 57 – 62. 2014.
- Igwe, et. al. *Competitive Adsorption of Zn (II), Cd (II) and Pb (II) Ions from Aqueous and Non-Aqueous Solution by Maize cob and Husk*. African Journal of Biotechnology. Vol. 4. No.10, 2005.
- Indah, Shinta. *Pengaruh Variasi Proses Aktivasi Terhadap Kulit Jagung (Zea mays. L) Sebagai Adsorben Pada Penyisihan Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dari Air Tanah*. Fakultas Teknik Lingkungan. Universitas Andalas. Padang, 2004.
- PERMENLH. *Baku Mutu Limbah Cair Untuk Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam dan Galvanis, Lampiran I. Baku Mutu Air Limbah*, 2014.
- Lindawati. *Pengaruh Variasi Ketinggian dan Diameter Adsorben Kulit Jagung (Zea mays. L) Terhadap Penyerapan Cr (VI) dalam Air*. Fakultas Teknik. Universitas Andalas. Padang, 2014
- Marissa. *Pemanfaatan Cangkang Pensi (Carbicula moltkiana) Sebagai Biosorben Ion Logam Cd (II) dan Cr (VI) dalam Limbah Cair*. Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang, 2015.
- Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering : Treatment Disposal, and Reuse*. 4<sup>th</sup> Edition. USA : Mc – Graw Hill, Inc, 1991.
- Munaf, E & R. Zein. *The Use of Rice Husk for The Removal of Toxic Metals from Wastewater*. Environ – Technol. Vol. 18, 1997.
- Munaf, F. Hayuni, R. Zein and H. Suyani. *The use of snake fruit (Salacca sumatrana) seeds powder for removal of Cd(II), Cu(II) and Zn(II) ions from environmental water*. Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci., 5(2), 1535-1543. (SCOPUS-Cited Publication), 2014.
- Nemerow, N.L. *Liquid Wastewater Management Handbook*, Mc. Grow Hill. New York, 1971
- Palar, Heryando. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta : Rineka Cipta, 1994.
- Poedjiwidodo, Y. *Sambung Samping Kakao*. Trubus Agriwidya. Ungaran, 1996.
- Purnomo, Herry, dkk. *Penurunan Kadar Krom VI dalam Limbah Cair dengan Zeolit*. Yogyakarta, 2003.
- Suhendrayatna. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme*, 2001.
- Veneu, D.M., Torem, M.L., Pino, G.A.H. *Fundamental Aspects Of Copper And Zinc Removal From Aqueous Solutions Using A Streptomyces Lunalinharesii Strain*. Miner Eng, Vol. 48:44.50, 2013.
- Yetri, Yuli. *Inhibisi Korosi dan Pemulihan Sifat Mekanik Baja Lunak Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao (Theobroma cacao) dalam Media Asam*. Universitas Andalas : Padang, 2015.