

# Biosorpsi Cu(II) oleh Limbah Padat Kayu Aren (*Arenga pinnata*) Teraktivasi

## Biosorption of Cu (II) by the Solid Waste Wood Palm (*Arenga pinnata*) Activated

Dian Kresnadipayana<sup>1\*</sup>, Reny Pratiwi<sup>2</sup> dan Susan Primadevi<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi D-IV Analisis Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Setia Budi Surakarta

<sup>3</sup>Program Studi D-III Analisis Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Setia Budi Surakarta  
Jl. Letjen Sutoyo, Mojosongo, Surakarta 57127

\* Corresponding author, e-mail: dian.kresnadipayana@gmail.com

### ABSTRAK

Penggunaan adsorben dari bahan organik (biosorben) akhir-akhir ini sangat banyak dikembangkan sebagai biosorpsi logam berat. Limbah kayu aren dari pohon aren (*Arenga pinnata*) yang digunakan untuk industri soon mengandung bahan organik berupa pati, lignin dan serat selulosa baik terlarut maupun partikel tersuspensi.

Metode yang akan digunakan eksperimen, dengan sistem batch. Limbah kayu aren yang diperoleh dibersihkan dan dicuci dengan akuades serta diayak dengan ukuran 100 mesh dan dipanaskan pada 105 °C selama 3 menit. Aktivasi biosorben menggunakan HNO<sub>3</sub> dan NaOH. Untuk kemampuan maksimum biosorpsi dilakukan variasi waktu kontak dan konsentrasi. Karakterisasi biosorben dianalisis menggunakan spektrofotometri Infra Red (FTIR) dan untuk mengetahui karakteristik biosorpsi ion logam berat oleh biosorben melalui uji isoterm adsorpsi Langmuir dan isoterm adsorpsi Freundlich.

Biosorben yang berupa limbah padat kayu aren setelah diaktivasi dapat menurunkan kadar logam Cu(II) adalah 46,43 % pada pH optimum 6 atau 7 dengan waktu kontak maksimum 48 jam. Biosorpsi logam Cu(II) mengikuti pola adsorpsi isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Berdasarkan analisis spektrofotometri Infra Red (FTIR) bahwa gugus aktif yang berikatan dengan ion logam Cu(II) adalah gugus karbonil (C=O) dari hemiselulosa dan lignin sedangkan gugus OH berasal dari selulosa dan lignin.

**Kata kunci:** biosorpsi, limbah padat kayu aren (*Arenga pinnata*), logam berat, Cu(II),

### ABSTRACT

The use of adsorbent of organic matter (biosorbent) lately very much developed as a heavy metal biosorption. Palm wood waste from palm trees (*Arenga pinnata*) which is used for industrial soon contain organic materials such as starch, lignin and cellulose fibers both dissolved and suspended particles.

Experimental methods to be used, with the batch system. Palm wood waste derived cleaned and washed with distilled water and sieved with a 100 mesh size and heated at 105 °C for 3 minutes. Activation biosorbent using HNO<sub>3</sub> and NaOH. For maximum biosorption ability to vary the contact time and concentration. Biosorbent characterization analyzed using spectrophotometric Infra Red (FTIR) and to determine the characteristics of heavy metal ions biosorption by biosorbent through testing adsorption isotherm Langmuir and Freundlich adsorption isotherm.

Biosorbent solid waste timber in the form of palm once activated can reduce levels of Cu(II) was 46,43% in pH optimum 6 or 7 with maximum contact time of 48 hours. Metal biosorption of Cr (II) adsorption follows the pattern of Langmuir and Freundlich adsorption isotherm. Based on the spectrophotometric analysis Infra Red (FTIR) that the active groups that bind to metal ions of Cu (II) is a carbonyl group (C=O) of hemicellulose and lignin while the OH group is derived from cellulose and lignin.

**Key words:** biosorption, wood waste aren (*Arenga pinnata*), heavy metal, Cu(II)

### PENDAHULUAN

Zat pencemar logam berat mengakibatkan permasalahan yang lebih serius jika dibandingkan dengan polutan organik karena ion logam berat dapat mengakibatkan keracunan bagi organisme serta sangat sulit diuraikan secara biologi maupun kimia. Logam berat yang bersifat toksik

yang terdapat pada buangan industri, diduga krom (Cr), Timbal (Pb), Nikel (Ni), tembaga (Cu), dan mangan (Mn). (Muljadi, 2009).

Logam Cu (tembaga) adalah salah satu logam berat di mana dalam lingkungan terdapat berupa pembuangan air limbah industri kimia yaitu di antaranya adalah industri penyamakan kulit, in-

dustri pelapisan logam, industri tekstil, maupun industri cat. Air limbah yang mengandung ion tembaga dapat ditemukan dalam bentuk Cu(I), Cu(II), dan Cu(III) yang berbentuk padat. Limbah cair ion Cu(II) biasanya berasal dari proses pewarnaan industri tekstil dengan bahan dasar kimia CuSO<sub>4</sub> untuk pewarnaan tekstil warna biru (Moore and Ramamoorthy, 1984).

Penggunaan sorben dari bahan organik (biosorben) akhir-akhir ini sangat banyak dikembangkan. Biosorben lain yang dapat digunakan untuk mengatasi pencemaran logam berat di lingkungan antara lain bahan-bahan organik mati, serbuk gergaji, hasil samping pertanian, dan mikro alga. Biosorben mempunyai keunggulan untuk mengatasi logam berbahaya dan beracun di lingkungan karena harganya yang relatif murah, mudah didapat, dapat diperbaharui serta sifatnya yang ramah lingkungan (Shukla *et al.*, 2002).

Senyawa organik juga dapat sebagai biosorpsi. Limbah industri pati aren dari pohon aren (*Arenga pinnata*) mengandung bahan organik berupa pati atau serat selulosa baik terlarut maupun partikel tersuspensi. Tingginya kandungan bahan organik bergantung pada efisiensi proses pemisahan pati dari air. Pembuatan tepung aren dilakukan melalui terlebih dahulu menebang batang pohon aren kemudian dipotong-potong sepanjang 1,25 - 2 meter. Pada industri tradisional, serat tadi dimasukkan ke bak yang dialiri air serta diaduk-aduk dengan cara menginjak-injak untuk memisahkan antara ampas aren dan tepungnya. (Firdayati dan Handajani, 2005).

Selulosa, hemiselulosa dan lignin mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penjerap karena gugus OH yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat. Adanya gugus OH, pada selulosa dan hemiselulosa menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben tersebut. Dengan demikian selulosa dan hemiselulosa lebih kuat menjerap zat yang bersifat polar dari pada zat yang kurang polar.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa biosorben dari limbah hasil pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin dapat

dijadikan sebagai biosorpsi logam berat. Serbuk daun dan batang dari pohon poplar yang pemanasan 80 °C dengan ukuran antara 200 - 800 µm (75 - 25 mesh) dapat mengadsorpsi logam Pb sebesar 100 % dan logam Cd sebesar 92 - 95 % (Al-Masri *et al.*, 2010). Serutan pohon karet dengan pemanasan 80°C dengan ukuran 150 mesh dapat menurunkan logam Cu dan Ni dalam larutan (Nordin *et al.*, 2010). Tongkol jagung (*Zea mize*), ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dan sekam padi (*Oryza sativa*) sebagai limbah pertanian dapat menurunkan logam Cr(VI) berturut-turut sebesar 98,7 ; 98,64 ; dan 100 % yang berbentuk serbuk dengan ukuran 200 mesh diaktivasi dengan pemanasan 105 °C selama 3 menit (Abbas *et al.*, 2010). Aktivasi dengan pemanasan di antaranya adalah daun-daunan *Platanus orientalis* (Mahvi *et al.*, 2007), serbuk gergaji (Vinothini and Das, 2009) dan serbuk gergaji pohon cemara (Biparva *et al.*, 2011) dapat menurunkan logam Cr(VI).

## MATERI DAN METODE

### Bahan

Limbah kayu aren berupa padatan dari industri bihin berbasis industri rumah tangga dusun Bendo, desa Daleman, kecamatan Tulung, kabupaten Klaten, provinsi Jawa Tengah. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah, meliputi: CuSO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>NO<sub>3</sub> 0.6 M, NaOH 0.1 M, dan akuades.

### Alat

Labu Erlenmeyer, beaker glass, labu takar, gelas ukur, termometer, pemanas Cimarec 2 thermolyne, timbangan digital Ohaus Explorer, Oven pemanas merk Memmert, Furnace merk, spektrometer serapan atom (SSA) Perkin Elmer, dan ayakan Tyler.

### Cara Kerja

#### *Preparasi Biosorben*

Limbah diayak dengan ukuran 100 mesh dan dipanaskan pada 105 °C selama 3 menit kemudian dicuci dengan aquades. Jika air cucian masih berwarna coklat maka perlu dicuci lagi. Material

ini digunakan sebagai adsorben sebelum aktivasi. (Abbas, *et.al.*, 2010). Material ini digunakan sebagai adsorben.

### **Aktivasi Biosorben**

Sebanyak 100 g biosorben dimasukkan ke dalam gelas piala 1 L lalu ditambahkan 1 L HNO<sub>3</sub> 0.6 M. Campuran direndam selama 30 menit, kemudian disaring. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam, kemudian suhu dinaikkan menjadi 105°C lalu didinginkan. Setelah itu, direndam dalam air deionisasi panas untuk menghilangkan kelebihan asam dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam. Kemudian sampel ditambahkan 1 L NaOH 0.1 M. Campuran direndam selama 20 menit sambil dipanaskan pada suhu 80°C kemudian disaring dan airnya dibuang. Setelah itu, dicuci dengan menggunakan air deionisasi untuk menghilangkan kelebihan basa. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam. Sampel yang dihasilkan selanjutnya disebut biosorben limbah kayu aren (LKA).

### **pH Optimum Biosorpsi**

Ke dalam 8 buah labu Erlenmeyer ukuran 100 mL dimasukkan masing-masing 1 gram adsorben, selanjutnya ke dalam gelas piala tersebut dimasukkan 50 mL larutan ion logam dengan konsentrasi 80 ppm pada variasi pH 1-9 dengan waktu kontak selama 30 menit. Kemudian disaring dan filtratnya ditampung untuk diukur kadar ion logam dengan spektrofotometer AAS.

### **Waktu Kontak Optimum Biosorpsi**

Ke dalam 7 buah labu Erlenmeyer ukuran 100 mL dimasukkan masing-masing 1 gram biosorben, selanjutnya ke dalam gelas piala tersebut dimasukkan 50 mL larutan ion logam Cu(II) dengan konsentrasi 80 ppm dan dikocok dengan menggunakan pengaduk masing-masing selama 6, 12, 24, 36, 48, 60, dan 72 jam. Kemudian disaring dan filtratnya ditampung untuk diukur kadar ion logam dengan spektrofotometer AAS.

### **Karakterisasi Biosorben**

Karakterisasi biosorben LKA digunakan uji isoterm Langmuir dan Freundlich serta dianalisis menggunakan spektrofotometer infra red (FTIR) sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi .

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Aktivasi Biosorben**

Sifat fisis dari limbah kayu aren yang digunakan dalam penelitian ini ialah serabut-serabut dari kayu aren. Aktivasi fisika dengan pemanasan 50 °C selama 24 jam dan aktivator biosorben secara kimia digunakan adalah HNO<sub>3</sub> 0.6 M dan NaOH 0.1 M. Larutan HNO<sub>3</sub> 0.6 M yang semula berwarna bening setelah dipakai perendaman berwarna coklat kekuning-kuningan. Perubahan warna ini menjelaskan bahwa HNO<sub>3</sub> 0.6 M berfungsi untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang mungkin berupa kation-kation yang terdapat dalam biosorben tersebut aktif.

### **pH Optimum Biosorpsi Cu(II)**

Permukaan adsorben dipengaruhi oleh pH sehingga mempengaruhi proses biosorpsi. Pada variasi pH untuk efisiensi Cu(II) di mana pH maksimum dalam biosorpsi adalah pada pH 6 atau 7 disajikan pada Gambar 1. Pada pH rendah permukaan biosorben tertutupnya oleh ion H<sup>+</sup> sehingga akan mengganggu mendekatnya ion Cu<sup>2+</sup> karena adanya gaya tolak-menolak ion sejenis antara ion H<sup>+</sup> dan Cu<sup>2+</sup>. Pada pertambahan pH yang mendekati pH netral mengakibatkan berkurangnya ion H<sup>+</sup> dan tidak adanya gangguan dalam biosorpsi sehingga ion Cu<sup>2+</sup> mudah mendekati permukaan biosorben. Sebaliknya pada pH tinggi terjadinya penurunan ion Cu dikarenakan Cu terbentuk Cu(OH)<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cu(OH)<sub>4</sub><sup>2-</sup> yang terlarut.

### **Waktu Optimum Biosorpsi Cu(II)**

Interaksi antara ion Cu<sup>2+</sup> dengan biosorben menunjukkan peningkatan proses adsorpsi sejalan dengan bertambahnya waktu interaksi, namun untuk waktu optimum biosorben adalah 48 jam. Setelah waktu 48 jam tidak terjadi perubahan

signifikan dalam biosorpsi di mana ion-ion permukaan biosorben telah mengalami kejenuhan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.

**Uji Isoterm Biosorpsi Cu(II)**

Karakteristik biosorpsi ion logam berat oleh biosorben melalui uji isoterm adsorpsi Langmuir dan isoterm adsorpsi Freundlich. Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir menggunakan sebagai berikut:

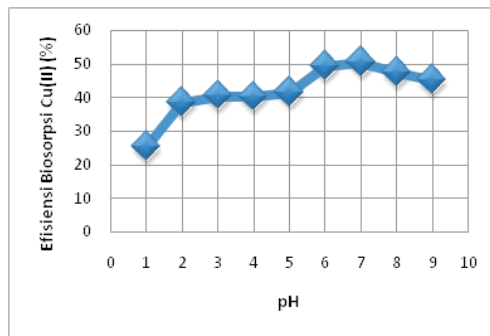
$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{(x/m)_{\max} k} + \frac{1}{(x/m)_{\max}} C$$

Pada persamaan isoterm adsorpsi Freundlich menggunakan sebagai berikut:

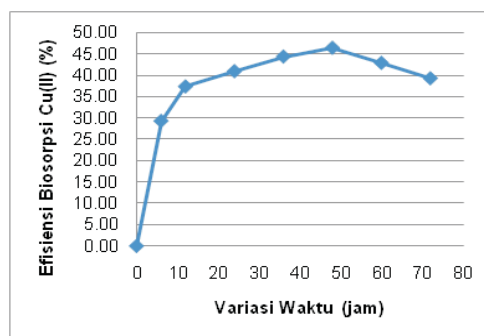
$$\log (x/m) = \log k + 1/n \log C$$

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa proses biosorpsi Cu(II) mengikuti pola adsorpsi isoterm

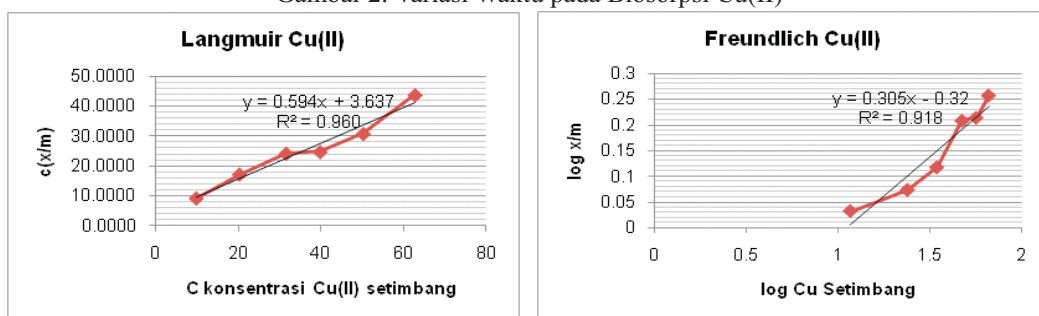
adsorpsi Langmuir di mana biosorpsi maksimum terjadi saat semua situs aktif biosorben diisi oleh biosorbat membentuk satu lapisan (*monolayer*). Pada isoterm adsorpsi Freundlich menunjukkan harga R<sup>2</sup> sebesar 0,918. Hal ini menunjukkan bahwa biosorpsi ion berlangsung baik secara fisik yaitu melalui pori-pori maupun secara kimia melalui interaksi gugus karbonil (C=O) dan hidroksidanya (OH) yang terdapat pada biosorben. Gugus-gugus tersebut dapat mengikat ion Cu(II) secara ikatan ion-ion atau ion-polar. Proses biosorpsi juga dapat dijelaskan bahwa pembentukan kompleks antara ion logam dan ligan, maka perbedaan kemampuan sangat ditentukan oleh ketersediaan gugus-gugus fungsi pada biosorben yang berfungsi sebagai ligan terhadap ion logam.



Gambar 1. Variasi pH pada Biosorpsi Cu(II)



Gambar 2. Variasi Waktu pada Biosorpsi Cu(II)



Gambar 3. Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada Cu(II)

### Analisis Spektrofotometer Infra Red (FTIR) sebelum dan sesudah Biosorpsi Cr(VI) dan Cu(II)

Karakterisasi biosorpsi ion logam berat oleh biosorben dilakukan dengan analisis FTIR pada gugus fungsi yang terdapat dalam biosorben. Karakterisasi tersebut untuk mengetahui gugus fungsi terutama gugus hidroksi (OH) pada selulosa, hemiselulosa dan lignin. Pada analisis FTIR dapat memprediksi perubahan struktur kimia sebelum dan setelah diaktivasi serta juga dapat memprediksi ion logam berikatan dengan gugus fungsi tertentu pada biosorpsi disajikan pada Gambar 4.

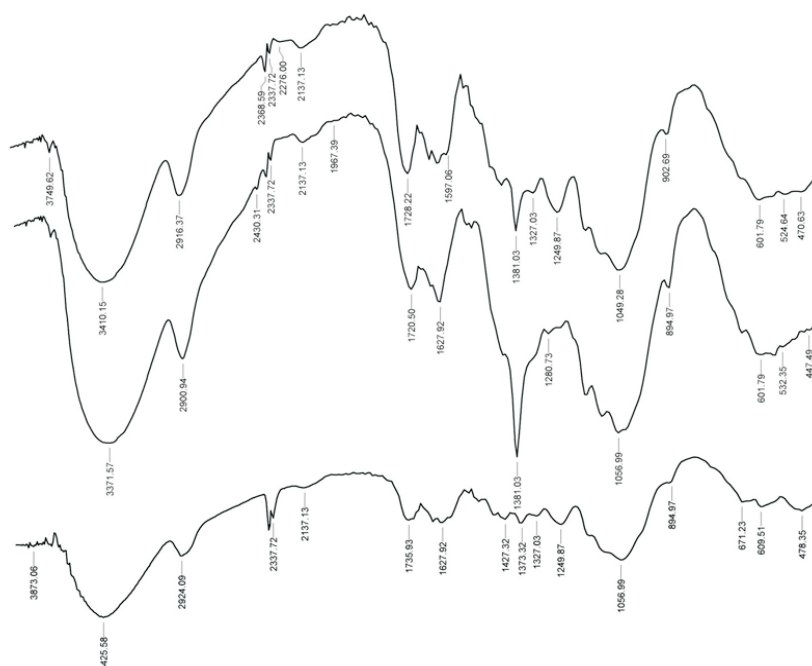
Identifikasi gugus-gugus aktif yang berperan dalam mengikat ion logam pada biosorben sebelum dan setelah diaktivasi serta dilakukan pada kondisi optimum pada perlakuan ion logam Cu(II). Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer inframerah (FTIR). Spektra inframerah hasil aktivasi biosorben dengan ion logam tidak memberikan pergeseran frekuensi yang terlalu signifikan. Secara umum pada biosorben teraktivasi terjadi pergeseran ke arah bilangan gelombang yang lebih rendah.

Pada interaksi antara biosorben dengan ion logam Cu(II) terjadi pada *stretching* C=O hemi-

selulosa. Pada biosorben teraktivasi  $1720\text{ cm}^{-1}$  terjadi pergeseran pada  $1728\text{ cm}^{-1}$ . Menurut Sim *et. al.* (2012) dan Xu *et. al.* (2013) bahwa *stretching* C=O hemiselulosa terjadi pada  $1730\text{ cm}^{-1}$ . Interaksi juga pada vibrasi lingkaran aromatik dan *stretching* C=O lignin di mana pada biosorben teraktivasi pada bilangan gelombang  $1627\text{ cm}^{-1}$  terjadi pergeseran pada  $1597\text{ cm}^{-1}$  untuk Cu(II). Vibrasi lingkaran aromatik dan *stretching* C=O lignin menurut Adapa *et. al.* (2012) pada  $1599\text{ cm}^{-1}$  sedangkan Xu *et. al.* (2013) pada  $1595\text{ cm}^{-1}$ . Interaksi juga terjadi pada *stretching* O-H lignin di mana pada biosorben teraktivasi  $3425\text{ cm}^{-1}$  terjadi pergeseran pada  $3410\text{ cm}^{-1}$  untuk Cu(II). Menurut Xu *et. al.* (2013) terjadi *stretching* O-H lignin pada  $3421\text{ cm}^{-1}$  sedangkan menurut Sim *et. al.* (2012) pada  $3412\text{ cm}^{-1}$  terjadi ikatan hidrogen pada ikatan OH *stretching-vibration* O-H  $\alpha$ -selulosa.

### KESIMPULAN

Biosorben yang berupa limbah padat kayu aren setelah diaktivasi dapat menurunkan kadar logam Cu(II) berturut-turut adalah 46,43 % pada pH optimum 7 untuk Cu(II) dengan waktu kontak maksimum untuk logam Cu(II) 48 jam. Berdasarkan analisis spektrofotometri Infra Red



Gambar 4. Analisis FTIR. (A) Biosorben (B) Biosorben Teraktivasi (C) Biosorben-Cu(II)



(FTIR) bahwa gugus aktif yang berikatan dengan ion logam Cu(II) adalah gugus karbonil (C=O) dari hemiselulosa dan lignin sedangkan gugus OH berasal dari selulosa dan lignin.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah membiayai penelitian ini dalam program Penelitian Dosen Pemula yang didanai Tahun 2015.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A., Munir, M., Aslam, F., Naheed, S., Zafar, A., 2010. Removal of Chromium(VI) by Biosorption Using Different Agricultural By Product of Some Important Cereal Crops as Biosorbent. *Middle-East Journal of Scientific Research* 6 (5): 512-516, 2010.
- Adapa, P. K. L. G. Tabil, G. J. Schoenau<sup>1</sup>, T. Canam<sup>2</sup> and T. Dumonceaux. 2011. Quantitative Analysis of Lignocellulosic Components of Non-Treated and Steam Exploded Barley, Canola, Oat and Wheat Straw Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Journal of Agricultural Science and Technology B 1* (2011) 177-188
- Al-Masri, M. S., Y. Amin, B. Al-Akel, T. Al-Naama. 2010. Biosorption of Cadmium, Lead, and Uranium by Powder of Poplar Leaves and Branches. *Appl Biochem Biotechnol* (2010) 160:976–987.
- Biparva, P, Hadjmohammadi, MR and Salary, M. 2011. *Removal of Cr(VI) from Aqueous Solution using Pine Needles Powder as a Biosorbent*. Department of Environmental Engineering Volume 6, Number 1: 1-13, January-March, 2011. Sepuluh Nopember Institute of Technology, Surabaya dan Indonesian Society of Sanitary and Environmental Engineers, Jakarta.
- Firdayati, M dan Handajani, M. 2005. Studi Karakteristik Dasar Limbah Industri Tepung Aren. *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan* Vol. I No. 2, Desember .
- Mahvi, AH., Gholami, N, dan Khairi. 2007. Adsorption of Chromium from Wastewater by *Platanus orientalis* Leaves. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 2007, Vol. 4, No. 3, pp. 191-196*.
- Moore, J.W. and Ramamoorthy, S. 1984. *Heavy Metal in Natural Waters*. Springervelag. New York, Berlin, Heidelberg. Tokyo
- Muljadi. 2009. *Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak Dengan Metode Fisika-Kimia Dan Biologi Terhadap Penurunan Parameter Pencemar (Bod, Cod, Dan Logam Berat Krom (Cr)) (Studi Kasus di Desa Butulan Makam Haji Sukoharjo)*. Program Studi Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta. EKUILIBRIUM Vol. 8. No. 1. 10 Januari 2009 : 7–16
- Nordin, N., Zainul Akmar Zakaria, Z.A., Ahmad, W.A. Utilisation of Rubber Wood Shavings for the Removal of Cu(II) and Ni(II) from Aqueous Solution. *Water Air Soil Pollut* (2012) 223:1649–1659.
- Shukla, A, Zhang, YH, Dubey, P, Margravw, JL, and Shukla, S. 2002, The Role of Swadust in the Removal of Unwanted Materials from Water, *J. of Hazardous Materials*, 9 : 137-150
- Sim, S, Fong, M. Mohamed, N. Aida, N. Safitri, and S. N. Sihariddh. 2012. Computational FTIR with PCA, *BioResources* 7(4), 5367-5380.
- Sudarmaji, J. Mukono dan Corie I.P. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan, Vol. 2, No. 2, Januari* 130 2006:129 -142 *Bagian Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Airlangga*.
- Vinodhini, V and Das, N. 2009. Mechanism of Cr(VI) Biosorption by Neem Sawdust. *American-Eurasian Journal of Scientific Research* 4 (4): 324-329, 2009.
- Xu, Feng, Jianming Yu, Tesfaye Tesso, Floyd Dowell, Donghai Wang. 2013. Qualitative and quantitative analysis of lignocellulosic biomass using infrared techniques: A mini-review. *Applied Energy* 104 (2013) 801–809.