

# STUDI PENENTUAN KONDISI OPTIMUM FLY ASH SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENYISIHKAN LOGAM BERAT KROMIUM (Cr)

Reri Afrianita<sup>1</sup>, Yommi Dewilda<sup>2</sup> dan Monica Rahayu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

<sup>2</sup>Laboratorium Buangan Padat Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

Email: reri.anita@ft.unand.ac.id

## ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum fly ash sebagai adsorben dalam menyisihan logam kromium (Cr) dengan menggunakan larutan artifisial. Konsentrasi awal Cr yang digunakan adalah 1,6mg/l merupakan konsentrasi Cr tertinggi hasil sampling pada percetakan koran "X" di Kota Padang. Mekanisme adsorpsi dilakukan secara batch dengan variasi diameter adsorben, berat adsorben, waktu kontak dan kecepatan pengadukan. Hasil penelitian ini didapat kondisi optimum untuk diameter adsorben 0,14-0,075 mm; berat adsorben 1 g; pH adsorbat 2; kecepatan pengadukan 120 rpm dan waktu kontak 60 menit. Variasi kondisi optimum ini menunjukkan bahwa pengikatan ion logam Cr sangat efektif pada suasana asam, kecepatan pengadukan yang rendah menyebabkan kurang efektifnya tumbukan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat dan jika sebaliknya menyebabkan struktur adsorben cepat rusak, dan pada waktu kontak menit ke-60 fly ash telah jenuh atau mencapai titik keseimbangan dalam mengadsorpsi ion logam Cr yang terdapat dalam larutan*

*Kata Kunci: Kromium (Cr), fly ash, kondisi optimum.*

## ABSTRACT

*The aim of this research is to determine the optimum conditions of fly ash as an adsorbent in removing metals chromium (Cr) using artificial solution. Initial concentration used was Cr is 1.6 mg / l is the highest Cr concentration sampling results in printing the paper " X " in the city of Padang. Performed in batch adsorption mechanism with variation in diameter adsorbent, adsorbent weight, contact time and stirring speed. These results obtained for the optimum condition the adsorbent diameter from 0.14 to 0.075 mm, weight 1 g adsorbent; adsorbate pH 2; stirring speed of 120 rpm and contact time of 60 minutes. Variation of optimum conditions showed that the binding of metal ions Cr very effective in acidic conditions, low stirring speed led to a lack of effective collisions that occur between the adsorbate and adsorbent otherwise cause rapid deterioration of the adsorbent structure, and the contact time - 60 minutes to fly ash has been saturated or reaches the point of equilibrium in the adsorbed Cr metal ions contained in the solution*

*Keywords: Chromium (Cr), fly ash, optimum conditions.*

## PENDAHULUAN

Salah satu industri menengah yang berada di Kota Padang Propinsi Sumatera Barat adalah industri percetakan koran. Industri percetakan koran tersebut menghasilkan limbah baik limbah padat maupun cair. Limbah percetakan koran ini tidak terukur karena selama ini belum ada upaya untuk memantau maupun mengelola limbah percetakan secara terpadu. Meskipun tidak menghasilkan limbah dalam jumlah besar, namun karena sifat limbahnya yang berbahaya dan beracun maka dampak yang ditimbulkan harus diwaspadai. Menurut Setiyono (2004), limbah percetakan koran mengandung logam berat yang terdiri dari timbal (Pb), krom (Cr), cobalt (Co), mangan (Mn), dan timah (Sn). Berbeda dengan logam biasa, logam berat sifatnya sangat unik, tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan (Darmono, 1995).

Logam berat Kromium (Cr) merupakan logam toksik dengan penanganan sangat sukar dibandingkan logam toksik lain, salah satunya dengan cara menyisihkan logam berbahaya sebelum dibuang ke lingkungan sehingga pencemaran oleh logam toksik dapat diminimalkan. Pemerintah melalui Kepmen LH No. 51 tahun 1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, menetapkan bahwa kadar maksimum logam berat yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air khususnya untuk logam Cr adalah 0,1 mg/L.

Usaha-usaha pengendalian dan pengolahan limbah logam belakangan ini semakin berkembang, yang mengarah pada upaya-upaya pencarian metode-metode baru yang murah, efektif, dan efisien. Metode pemisahan krom dapat dilakukan dengan reduksi, penukaran ion, adsorpsi menggunakan karbon aktif, elektrolisa,

osmosa balik, dan membran filtrasi. Penggunaan karbon aktif memerlukan biaya yang cukup mahal. Hal ini menyebabkan munculnya keinginan untuk menemukan material adsorpsi yang dikategorikan *low-cost* dengan kapasitas yang lebih baik menjadi adsorben dalam proses adsorpsi (Kurniawan et al dalam Somerville, 2007).

Salah satu adsorben yang dikategorikan sebagai *low-cost* adsorben adalah *fly ash* (abu terbang). *Fly ash* merupakan hasil sampingan dari sisa pembakaran batubara. Penyumbang produksi *fly ash* batubara terbesar adalah sektor pembangkit listrik. Produksi *fly ash* dari pembangkit listrik di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 juta ton dan diperkirakan mencapai 2 juta ton pada tahun 2006 (Ngurah Ardha, dkk, 2008). Saat ini sebagian besar *fly ash* yang dihasilkan hanya terbuang begitu saja. Dengan adanya beberapa penelitian, kini *fly ash* juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran beton, penimbun lahan bekas pertambangan, bahan baku keramik dan bata, adsorben dalam penyisihan parameter limbah logam, dan lain-lain (S.Wang, H, 2006). Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa *fly ash* sangat efektif dijadikan sebagai *low cost* adsorben. Menurut S.Wang, H *fly ash* yang berasal dari batubara dapat menyisihkan logam  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , dan  $Cr^{6+}$ . Pada penelitian ini dilakukan adsorpsi *fly ash* untuk menyisihkan logam Cr secara *batch*. Hal ini merupakan langkah awal dalam penentuan kondisi optimum yang dapat digunakan pada percobaan secara kontinu.

## METODOLOGI

Tahapan penelitian terdiri atas:

1. Studi Literatur

Mencakup studi-studi tertentu untuk memperdalam dan mempertajam teori tentang metode penyisihan logam Cr, adsorpsi dan penjelasan *fly ash* sebagai adsorben.

## 2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Langkah-langkah dalam pengumpulan data adalah sebagai berikut:

### a. Persiapan Adsorben

Tahapan ini mengumpulkan *fly ash* sebagai adsorben dan pemisahan diameter *fly ash* yang digunakan.

### b. Persiapan Peralatan Penelitian

Bertujuan untuk mempersiapkan alat-alat yang diperlukan dalam penelitian.

### c. Survey Lapangan

Bertujuan untuk menentukan lokasi sampling

### d. Penentuan Waktu Sampling

Tujuannya untuk menentukan pengambilan sampel pada jumlah produksi koran terbanyak.

### e. Sampling

Pada penelitian ini sampel diambil pada satu titik di outlet pipa pembuangan limbah cair.

### f. Pembuatan Larutan Artifisial Cr

Larutan artifisial *chromium standard solution* telah dipersiapkan dengan konsentrasi 1000 mg/l. Pembuatan larutan artifisial Cr dengan konsentrasi yang lebih kecil dilakukan dengan mengencerkan larutan induk Cr 1000 mg/l dengan penambahan *aquadest*.

### g. Percobaan Optimasi

Percobaan optimasi dilakukan untuk melihat pengaruh lima variasi parameter percobaan yaitu diameter adsorben, berat adsorben, pH

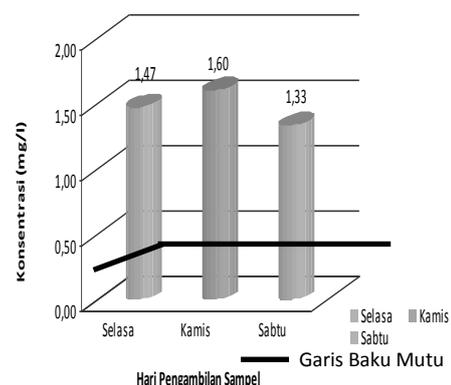
adsorbat, kecepatan pengadukan, dan waktu kontak.

## 3. Pengolahan dan Analisis Data

Setelah percobaan di laboratorium selesai, akan diperoleh data kondisi optimum berupa parameter diameter adsorben, berat adsorben, pH adsorben, kecepatan pengadukan dan waktu kontak dalam menyisihkan logam Cr.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini hanya menyisihkan logam kromium, karena logam kromium merupakan salah satu logam yang terkandung dalam limbah cair industri percetakan koran yang dapat disisihkan menggunakan adsorben *fly ash*. Data hasil analisis logam Cr pada sampel limbah cair industri percetakan koran dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai konsentrasi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan Kepmen LH No. 51 tahun 1995 bahwa logam Cr maksimal 0,1 mg/l. Seperti yang terlihat pada Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa pada semua hari pengambilan sampel kandungan pencemar logam kromium melewati batas baku mutu yang telah ditetapkan.



**Gambar 1** Perbandingan Konsentrasi Awal Logam Cr untuk Masing-masing Sampel

Angka konsentrasi yang tertinggi yaitu 1,6 mg/l dijadikan patokan sebagai besar

konsentrasi larutan artifisial yang digunakan dalam percobaan optimasi.

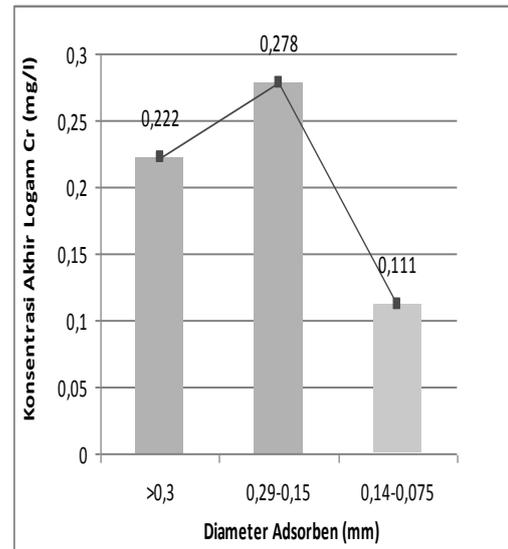
### Penentuan Diameter Adsorben Optimum

Variasi diameter adsorben yang dilakukan pada percobaan ini adalah ( $> 0,3$ ) mm, (0,29-0,15) mm, dan (0,14-0,075) mm dengan parameter berat adsorben 2 g, pH adsorbat 2, kecepatan pengadukan 150 rpm, waktu kontak 60 menit, konsentrasi adsorbat 1,6 mg/l, dan volume kerja 100 mL.

Penurunan konsentrasi akhir logam Cr untuk variasi diameter adsorben dapat dilihat pada Gambar 2. Semua variasi diameter mengalami penurunan konsentrasi logam Cr setelah dilakukan pengadukan selama 60 menit. Untuk diameter ( $>0,3$ ) mm, terjadi penurunan konsentrasi dari 1,6 mg/l menjadi 0,222 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi untuk diameter (0,29-0,15) mm terjadi dari 1,6 mg/l menjadi 0,278 mg/l. Penurunan konsentrasi logam Cr paling besar terlihat pada diameter (0,14-0,075) mm, dimana konsentrasi awal logam Cr yaitu 1,6 mg/l berkurang menjadi 0,111 mg/l. Penurunan konsentrasi untuk diameter ini hingga 90%. Hal ini memperkuat pernyataan mengenai pengaruh diameter adsorben dimana disimpulkan bahwa semakin kecil adsorben, maka semakin luas permukaan aktif pada adsorben.

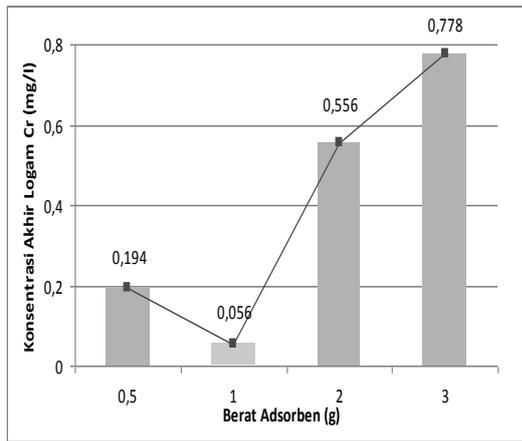
### Penentuan Berat Adsorben Optimum

Berat adsorben yang digunakan berdasarkan penelitian adsorpsi logam Cr terhadap abu layang teraktivasi (Indrawati, 2009) dengan variasi yang dipilih 0,5, 1, 2, dan 3 gram dalam volume kerja 100 ml.



**Gambar 2** Perbandingan Konsentrasi Akhir Logam Cr untuk Variasi Diameter Adsorben

Tingkat penurunan konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 3 Berat adsorben 0,5 g hanya dapat mengurangi konsentrasi logam Cr menjadi 0,194 mg/l dari konsentrasi awal 1,6 mg/l. Untuk berat 1 g, terjadi penurunan konsentrasi dari 1,6 mg/l menjadi 0,056 mg/l. Sedangkan untuk berat adsorben 2 g, terjadi penurunan konsentrasi logam Cr yaitu dari 1,6 mg/l menjadi 0,556 mg/l. Pada variasi berikutnya yaitu 3 g, konsentrasi logam Cr menurun dari 1,6 mg/l menjadi 0,778 mg/l. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan konsentrasi yang sangat besar terjadi pada berat 1 g. Menurut Ahalya, et al (2003), semakin rendah jumlah atau dosis (% b/v) adsorben yang digunakan maka semakin tinggi kapasitas penyerapannya. Pada dosis yang tinggi kapasitas penyerapan akan semakin rendah, hal ini disebabkan karena adanya *interferensi* (gangguan) antara ruang pengikatan akibat penggumpalan adsorben.



**Gambar 3** Perbandingan Konsentrasi Akhir Logam Cr untuk Variasi Berat Adsorben

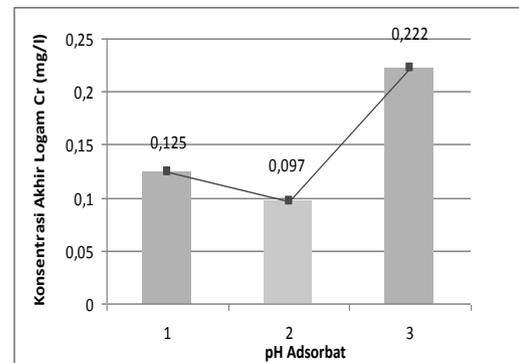
### Penentuan pH Optimum

Pemilihan pH adsorbat berdasarkan acuan kepada penelitian penyisihan logam Cr oleh abu layang teraktivasi (Indrawati, 2009) dengan pH optimum adalah 2. Sehingga variasi yang digunakan untuk pH adalah 1, 2, dan 3. Pada pH 1 nilai konsentrasi menurun dari 1,6 mg/l menjadi 0,125 mg/l. Sedangkan pH 2 nilai konsentrasi lebih tereduksi lagi dari 1,6 mg/l menjadi 0,097 mg/l. Untuk pH 3 penurunan konsentrasi dari 1,6 mg/l menjadi 0,222 mg/l. Ini terbukti bahwa penyisihan logam Cr jauh lebih baik bila dilakukan pada kondisi asam, yakni pada pH 2. Pada pH 2, Cr (VI) berupa  $Cr_2O_7^{2-}$  berada dalam kesetimbangan dengan  $HCrO_4^-$  sehingga akan mudah berikatan dengan gugus kation dalam *fly ash* karena adanya gugus elektrostatis, dimana terjadi kesetimbangan antara ion  $H^+$  dan ion  $OH^-$  dalam adsorben dan adsorbat. Agar lebih jelas mengenai besarnya penurunan konsentrasi tiap variasi, dapat dilihat pada Gambar 4.

### Penentuan Kecepatan Pengadukan Optimum

Setelah mendapatkan pH adsorbat optimum, maka percobaan optimasi selanjutnya adalah mencari kecepatan

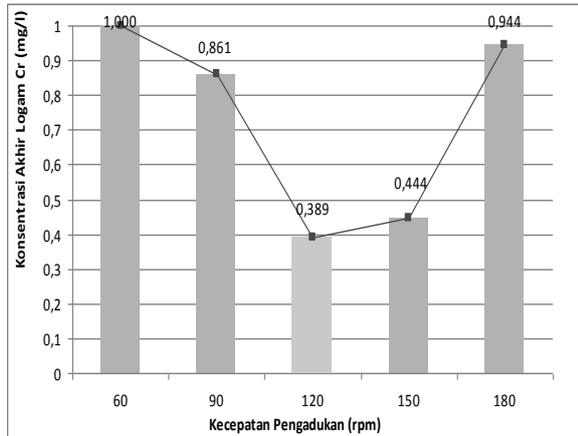
pengadukan optimum. Variasi kecepatan pengadukan yakni 60, 90, 120, 150, dan 180 rpm mengacu pada penelitian pemanfaatan *fly ash* untuk menyerap COD pada temperatur kamar (Sari, 2010) dengan waktu kontak masing-masing 60 menit.



**Gambar 4** Perbandingan Konsentrasi Akhir Logam Cr untuk Variasi pH Adsorbat

Perbandingan konsentrasi akhir logam Cr untuk variasi kecepatan pengadukan dapat dilihat pada Gambar 5 Untuk kecepatan pengadukan 60 rpm, 90 rpm dan 180 rpm, konsentrasi logam Cr mengalami penurunan yang tidak begitu signifikan yaitu dari 1,6 mg/l menjadi 1 mg/l, 0,861 mg/l, dan 0,944 mg/l. Sedangkan pada kecepatan 120 rpm, konsentrasi tereduksi secara tajam yaitu dari 1,6 mg/l menjadi 0,389 mg/l. Pada variasi berikutnya yaitu 150 rpm, penurunan konsentrasi berlangsung dari 1,6 mg/l menjadi 0,444 mg/l. Dari penjelasan tersebut didapat kecepatan pengadukan optimum yaitu 120 rpm. Kecepatan 120 rpm telah efektif mewakili kecepatan optimum karena dengan kecepatan tersebut pergerakan partikel adsorben menjadi efektif sehingga adsorben dapat menyerap adsorbat yang lebih banyak. Untuk kondisi sebaliknya dengan kecepatan pengadukan yang terlalu cepat, maka kemungkinan yang terjadi struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal (Alimatun dalam Mulyatna, 2003). Adsorbat yang

telah menempel dan membentuk flok nantinya akan kembali pecah karena besarnya kecepatan pengadukan.



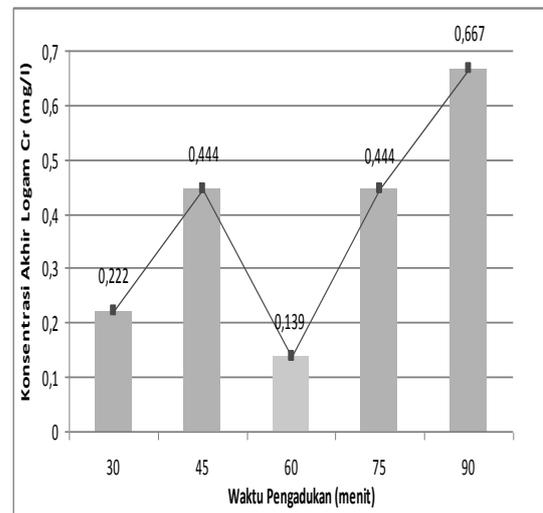
**Gambar 5** Perbandingan Konsentrasi Akhir Logam Cr untuk Variasi Kecepatan Pengadukan

### Penentuan Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak berdasarkan rentang waktu kontak yang cukup untuk mencapai kondisi kesetimbangan yaitu (1-4) jam (Reynold, 1982) dengan waktu kontak optimum 60-75 menit dan divariasikan tiap 15 menit (Indrawati, 2009). Sehingga variasi yang digunakan untuk waktu kontak adalah 30, 45, 60, 75, dan 90 menit.

Perbandingan konsentrasi akhir logam Cr untuk variasi waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 6 Waktu kontak 30 menit dapat menurunkan konsentrasi logam Cr dari 1,6 mg/l menjadi 0,222 mg/l. Untuk waktu pengadukan 45 menit, konsentrasi logam Cr dapat berkurang dari konsentrasi 1,6 mg/l menjadi 0,444 mg/l. Selanjutnya pada waktu pengadukan 60 menit, 75 menit dan 90 menit, *fly ash* dapat mereduksi logam Cr dari 1,6 mg/l masing-masing menjadi 0,139 mg/l, 0,444 mg/l dan 0,667 mg/l. Pada waktu kontak 60 menit adsorben bekerja lebih optimum dibandingkan dengan variasi waktu lainnya. Ini disebabkan karena sifat *fly ash*

sendiri yang merupakan hasil pembakaran sehingga memiliki titik jenuh yang cukup lama. Nilai titik jenuh yang tinggi juga dimiliki oleh adsorben *fly ash* teraktifasi yaitu 60-75 menit (Indrawati, 2009). Besarnya tingkat penyisihan pada beberapa menit pertama (hingga menit ke-60) disebabkan karena adanya mekanisme perpindahan massa dimana ion logam banyak terakumulasi pada lapisan film adsorben dan pada waktu selanjutnya sebagian ion logam mengalami pelepasan dari permukaan adsorben sehingga efisiensi penyisihan menjadi lebih rendah dari pada waktu sebelumnya.



**Gambar 6** Perbandingan Konsentrasi Akhir Logam Cr untuk Variasi Waktu Kontak

### SIMPULAN

Bedasarkan hasil penelitian mengenai penyerapan logam Cr pada konsentrasi 1,6 mg/l dengan menggunakan *fly ash* sebagai adsorben disimpulkan:

Kondisi optimum untuk diameter adsorben 0,14-0,075 mm; berat adsorben 1 g; pH adsorbat 2; kecepatan pengadukan 120 rpm dan waktu kontak 60 menit.

Pengikatan ion logam Cr sangat efektif pada suasana asam dengan pH 2, kecepatan pengadukan yang rendah

menyebabkan kurang efektifnya tumbukan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat dan jika sebaliknya menyebabkan struktur adsorben cepat rusak, dan pada waktu kontak menit ke-60 *fly ash* telah jenuh atau mencapai titik keseimbangan dalam mengadsorpsi ion logam Cr yang terdapat dalam larutan

#### DAFTAR PUSTAKA

- Eckenfelder.2000. *Industrial Water Pollution Control*. Singapura: Mc Graw-Hill.
- Indrawati, 2009. Aktivasi Abu Layang Batubara dan Aplikasinya Pada Proses Adsorpsi ion Logam Cr dalam Limbah Elektroplating. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Gajah Mada.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Kep-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
- Mulyatna, L, dkk. 2003. *Pemilihan Persamaan Adsorpsi Isoterm Pada Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kulit Kacang Tanah Terhadap Zat Warna Remazol Golden Yellow 6*. Jurnal Infomatek, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik: Universitas Pasundan.
- Ngurah, Ardha, dkk. 2008. *Pemanfaatan Abu Terbang PLTU-Suralaya untuk Castable Refractory*. [www.tekmira.esdm.go.id](http://www.tekmira.esdm.go.id). Akses: 7 November 2009.
- Sari, Putri Rahmi. 2010. *chemical oxygen demand (cod) dengan Menggunakan fly ash Sebagai Adsorben*. Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Teknik Lingkungan. Universitas andalas. Padang.
- Setiyono. 2002. Sistem Pengelolaan Limbah B-3 di Indonesia. Kelompok Teknologi Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (P3TL), Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Mineral dan Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Somerville, R. 2007. *Low-Cost Adsorption Materials For Removal Of Metals From Contaminated Water*. TRITA-LWR Master Thesis. KTH Architecture and the Built Environment. ISSN 1651-064X. LWR-EX-07-02.
- S.Wang, H. Wu , H. 2006. *Abu Terbang Batubara Sebagai Adsorben*. *Journal of Hazardous Materials*. <http://www.majarikanayakan.com>. Akses: 7 November 2009.