



OPTIMASI DAN APLIKASI ARANG AKTIF ALANG-ALANG UNTUK MENURUNKAN KADAR Cd(II) DALAM LARUTAN

Ainin Khilya^{*)} dan Agung Tri Prasetya

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima November 2015
Disetujui Desember 2015
Dipublikasikan Mei 2016

Kata kunci:
aktivasi
arang aktif
adsorpsi
bilangan iodium

Abstrak

Penelitian mengenai sintesis arang aktif alang-alang telah dilakukan. Tujuannya untuk mendapatkan arang aktif dengan kualitas terbaik dalam menurunkan kadar Cd²⁺. Sintesis dilakukan melalui proses pemanasan dan diperoleh bilangan iodium 0,038 g/g. Kesetimbangan adsorpsi diuji dengan parameter *isoterm Langmuir* dan *Freundlich* dengan R² = 0,936 dan R² = 0,627, sehingga kesetimbangan adsorpsi mengikuti persamaan *isoterm Langmuir*. Aplikasinya dikaji pada pH 2-7, kapasitas 20-30 mg/L, konsentrasi 10-17,5 mg/L, waktu 10-240 menit dan persaingan Cr⁶⁺ 0,01-0,4 mg/L. Kondisi optimum dengan metode SSA terjadi pada pH 5, konsentrasi 12,5 mg/L, kapasitas 83,626 mg/g dan waktu kontak 90 menit. Konsentrasi Cr⁶⁺ yang kecil belum memberikan persaingan adsorpsi Cd²⁺. Arang aktif yang diperoleh telah berhasil diaplikasikan pada larutan, sehingga diperlukan aplikasi lanjut terhadap limbah industri secara langsung. Metode sintesis yang digunakan masih kurang baik dengan bilangan iodium tidak memenuhi standar industri, sehingga diperlukan kajian lagi tentang sintesis arang aktif alang-alang dan persaingan dengan Cr⁶⁺ dengan konsentrasi yang lebih tinggi serta kajian persaingan antar ion logam lain yang dapat terjadi.

Abstract

Research on the synthesis of activated charcoal reeds has been carried out. Its aim is to get the highest quality activated charcoal in reduce levels of Cd²⁺. The synthesis of charcoal activated already done trough hotting process and get an iodine number 0.038 g/g. Equilibrium adsorption isotherm parameters tested with Langmuir and Freundlich with R² = 0.936 and R² = 0.627, so the tendency of the Langmuir isotherm adsorption occurs based. The application examined on pH of 2-7, the capacity of 20-30 mg/L, the concentration of 10 to 17.5 mg/L, times 10-240 minutes, competition Cr⁶⁺ 0.01 to 0.4 mg/L. Optimum conditions by AAS method occurs at pH 5, the concentration of 12.5 mg/L, capacity of 83.626 mg/g, a contact time of 90 minutes. The concentration of Cr⁶⁺ small yet provide competitive adsorption of Cd²⁺. Activated charcoal has been obtained successfully applied to the solution, so that required further applications of industrial waste directly. This method is bad with iodine numbers small, so we need further studies about synthesis activated charcoal reed and versus that can occur by other metal ions.

Pendahuluan

Salah satu logam berat berbahaya yang dapat mencemari lingkungan adalah kadmium (Cd). Logam ini mempunyai resiko yang berbahaya apabila terdapat pada perairan dengan kadar melampaui ambang batasnya. Kadmium bebas menyebar ke lingkungan melalui produksi logam, pemakaian fertilizer fosfat, elektroplating, pembuatan baterai, zat warna, dan *screen*. Logam ini telah mengakibatkan pencemaran yang serius pada tanah dan air. Kadmium digolongkan menjadi penyebab kanker pada manusia dan memberi efek berbahaya bagi hati, paru-paru, jantung, ginjal, dan organ reproduksi (Boparai, *et al.*; 2010). Pencemaran logam berat dapat menimbulkan resiko, sehingga diperlukan suatu metode yang efektif dan efisien untuk mencegah dan mengurangi dampak yang dapat terjadi.

Metode adsorpsi merupakan metode yang menjanjikan untuk memisahkan logam berat dengan konsentrasi yang rendah hingga satuan ppm (Suwalsih; 2011). Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk metode adsorpsi adalah arang. Arang yang nantinya terbentuk akan diaktifkan dengan tujuan untuk menambah daya adsorpsinya, yaitu dengan menghilangkan molekul atau unsur yang masih menyumbat dalam pori-pori arang yang dihasilkan. Bahan utama yang akan digunakan adalah alang-alang karena rata-rata kandungan silikanya yang relatif tinggi dan mengandung biopolimer selulosa berupa polisakarida yang membentuk komponen serat dinding sel tumbuhan. Selulosa jika dipanaskan akan kehilangan atom H dan O, sehingga tinggal atom-atom C yang terikat membentuk struktur segi enam. Penataan yang cenderung kasar akan memungkinkan adsorbat masuk diantara sela-selanya.

Arang aktif yang terbentuk harus dapat bersaing dengan adsorben lain. Adsorben yang digunakan selama ini, antara lain karbon aktif, membran plasma, abu, biomassa dan lain-lain. Salah satu cara agar dapat bersaing dengan adsorben lain adalah adsorben yang dihasilkan tersebut harus berkualitas, lebih murah dan melimpah. Berbagai penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alang-alang belum begitu familiar digunakan sebagai adsorben dalam bioremoval logam berat. Penelitian yang menggunakan arang aktif alang-alang sebagai penurun kadar Cd^{2+} belum dilakukan, oleh karena itu penulis ingin mengetahui kondisi optimum arang aktif alang-alang hasil sintesis dalam menurunkan Cd^{2+} yang bersifat sangat

toksik. Kajian tentang persaingan antara Cd^{2+} dan Cr^{6+} juga dilakukan, karena sifat dari limbah industri yang heterogen dan tidak hanya mengandung satu jenis ion logam saja. Ion kromium dapat menjadi pengganggu penyerapan arang aktif alang-alang hasil sintesis terhadap Cd^{2+} karena Cr^{6+} merupakan salah satu jenis logam berat dengan densitas $7,19 \text{ g/cm}^3$ dan keberadaannya sering dijumpai bersamaan dengan Cd^{2+} dan logam lain pada limbah cair.

Metode Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain neraca analitik *AND GR-2000*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, pH digital *livobond* dengan rentang 1-14, ayakan 100 *mesh*, *Furnace*, SSA model *Aanalyt 5100* buatan *Perkin Elmer*. Bahan-bahan yang digunakan adalah alang-alang, $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, NaOH, HCl, KI, $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Na_2SO_3 \cdot 5H_2O$, iodium dengan *grade pro analyst* buatan *Merck* dan aquademin.

Arang aktif disintesis dari tumbuhan alang-alang yang kemudian di *furnace* untuk mendapatkan karbonnya saja. Langkah yang dilakukan adalah melakukan pencucian daun alang-alang dengan aquades supaya terbebas dari kotoran. Kemudian merendamnya dalam HCl selama 24 jam, mengeringkan dengan sinar matahari dan dioven pada suhu $100^\circ C$ selama 2 jam. Setelah itu mengarangkannya dengan suhu 200, 250, 300 dan $400^\circ C$ selama 2 jam. Langkah selanjutnya diayak 100 *mesh*, dan menetralkannya dengan mencucinya dengan aquades. Arang aktif alang-alang kemudian dibiarkan selama 24 jam pada suhu kamar dan dikeringkan pada suhu $100^\circ C$ selama 2 jam, sehingga didapatkan arang aktif alang-alang hasil sintesis yang homogen. Arang aktif yang didapatkan diuji angka iodiumnya sehingga didapatkan arang aktif yang terbaik dengan bilangan iodium tertinggi yang selanjutnya diaplikasikan untuk menurunkan kadar Cd^{2+} dalam larutan.

Aplikasi selanjutnya dilakukan dengan sistem *batch*, yang kemudian diuji dengan spektrofotometer serapan atom. Dalam mengaplikasikannya dicari kondisi optimum perlakuan arang aktif dengan larutan yang mengandung Cd^{2+} . Kondisi optimum yang dilakukan meliputi pH larutan, kapasitas adsorpsi, konsentrasi optimum, waktu kontak optimum, dan persaingan yang dapat terjadi pada penyerapan Cd^{2+} oleh arang aktif alang-alang. Variasi suhu yang digunakan adalah $200-400^\circ C$. Optimasi aplikasinya dikaji berdasarkan skala pH 2-7, kapasitas 20-30 mg/L, konsentrasi 10-17,5 mg/L, waktu 10-240 menit, dan untuk

persaingan dengan ion kromium antara 0,01-0,4 mg/L. Sampel yang telah siap kemudian dianalisis dengan SSA, sehingga dapat diketahui kondisi optimum setiap variabel yang dicari.

Hasil dan Pembahasan

Arang aktif disintesis menurut metode yang telah dilakukan oleh Alfiany, *et al.* (2013). Pada proses aktivasi ditambahkan HCl untuk memperluas permukaan arang aktif alang-alang dan membersihkan arang aktif dari unsur pengotor lainnya. Dalam proses karbonisasi dilakukan optimasi suhu, karena untuk bahan dasar pembuatan arang aktif yang berbeda-beda dibutuhkan suhu optimum yang berbeda. Arang aktif yang didapatkan kemudian diuji bilangan iodiumnya. Daya adsorpsi karbon aktif terhadap iod memiliki korelasi dengan luas permukaan dari karbon aktif. Semakin besar angka iod maka semakin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Salah satu metode yang digunakan dalam analisis daya adsorpsi karbon aktif terhadap larutan iod adalah dengan metode titrasi iodometri. Daya serap karbon aktif terhadap larutan iod ditunjukkan pada Tabel 1.

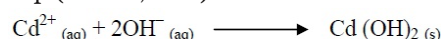
Tabel 1. Daya serap arang aktif alang-alang hasil sintesis terhadap larutan iod

No	Suhu (°C)	Bilangan iodine (g/g)
1	200	0,0363
2	250	0,0379
3	300	0,0387
4	400	0,0189

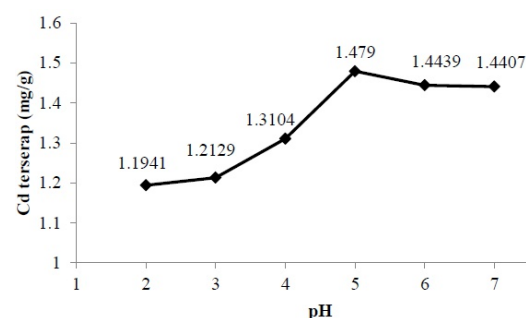
Berdasarkan data pada Tabel 1. menunjukkan bahwa suhu optimum sintesis arang aktif alang-alang terjadi pada 300°C dengan nilai adsorpsi terhadap iodium sebesar 0,0387 g/g. Semakin tinggi suhu dalam sintesis arang aktif maka kemungkinan pergerakan antar partikel semakin cepat, sehingga dapat memicu terjadinya tumbukan antar partikel yang semakin banyak. Dengan adanya tumbukan antar partikel ini akan memicu perubahan struktur arang aktif yang semakin tidak beraturan, sehingga semakin tinggi suhu yang digunakan akan semakin banyak terbentuk ruang-ruang celah antar partikel yang dapat dimasuki oleh adsorbat. Arang aktif alang-alang dengan angka iodium terbesar disajikan pada Gambar 1.

Arang aktif terbaik yang dihasilkan kemudian diaplikasikan untuk menurunkan kadar Cd²⁺ pada larutan. Optimasi aplikasi pH larutan dilakukan pada skala 2-7, hasil yang diperoleh sesuai dengan Gambar 2. Tumin, *et al.* (2008) mengatakan bahwa pada kondisi pH rendah adsorpsi kecil, karena terjadi persaingan

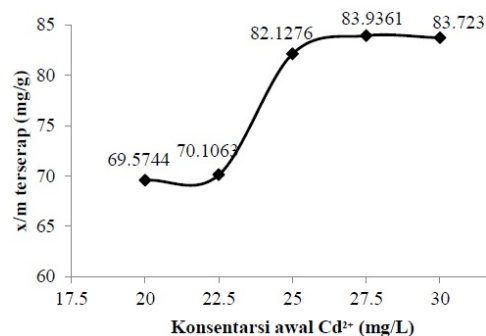
antara H⁺ dengan Cd²⁺ untuk berinteraksi dengan permukaan adsorben. Jumlah Cd²⁺ yang teradsorpsi optimum terjadi pada pH 5 yaitu sebesar 1,479 mg/g. Hal ini sesuai dengan penelitian Akpomie, *et al.* (2012), yaitu adsorpsi Cd²⁺ secara optimum terjadi pada pH 5. Pada pH basa atau pH diatas 5, jumlah proton relatif kecil dan menyebabkan peluang terjadinya pengikatan ion logam menjadi besar, sehingga ion logam dapat membentuk endapan hidroksida dan dapat menurunkan Cd²⁺ yang terserap (Shevla;1990).



Gambar 1. Arang aktif alang-alang (*Imperata cylindrica*)



Gambar 2. Optimasi aplikasi pH larutan

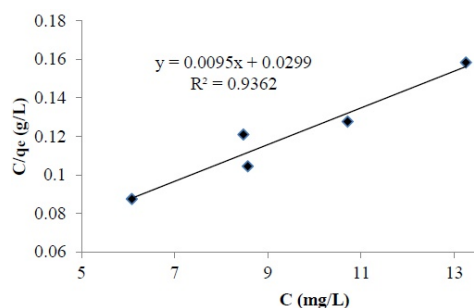


Gambar 3. Kapasitas arang aktif alang-alang

Penentuan kapasitas penyerapan Cd²⁺ oleh adsorben dilakukan pada pH optimum dan konsentrasi larutan berlebihan serta waktu kontak 24 jam. Kapasitas adsorpsi arang aktif alang-alang terhadap penyerapan Cd²⁺ sebesar 83,626 mg/g sesuai Gambar 3. yang menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi Cd²⁺ dalam larutan maka nilai adsorpsi arang aktif alang-alang semakin meningkat. Setelah

konsentrasi mencapai 25 mg/L, kenaikan konsentrasi Cd^{2+} dalam larutan relatif tidak banyak menaikkan jumlah logam yang teradsorpsi. Hal ini terjadi karena interaksi antara adsorben dan adsorbat sudah jenuh, sehingga adsorpsi terhadap Cd^{2+} tidak efektif lagi.

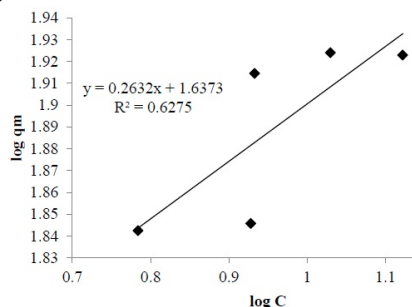
Kajian mengenai kecenderungan perilaku kesetimbangan adsorpsi dilakukan dengan model isoterm *Langmuir* dan *Freundlich*. Kapasitas adsorpsi dapat diperoleh dari perhitungan hasil jumlah terserap Cd^{2+} dan konsentrasi Cd^{2+} setimbang pada saat variasi konsentrasi Cd^{2+} . Kapasitas adsorpsi dan tetapan *Langmuir* dapat ditentukan dari harga *intersep* dan *slope*. Kurva isoterm adsorpsi *Langmuir* disajikan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva linieritas persamaan isoterm adsorpsi *Langmuir*

Dari Gambar 4. terlihat bahwa mekanisme adsorpsi Cd^{2+} oleh arang aktif alang-alang hasil sintesis mengikuti isoterm adsorpsi *Langmuir*. Artinya, adsorpsi Cd^{2+} dibatasi sampai pada lapisan *monolayer* arang aktif alang-alang.

Penentuan kapasitas adsorpsi dengan persamaan isoterm adsorpsi *Freundlich* dapat diperoleh dengan memplotkan harga $\log x/m$ sebagai sumbu y dan $\log c$ sebagai sumbu x, sehingga didapatkan persamaan regresi sesuai dengan Gambar 5.



Gambar 5. Kurva linieritas persamaan isoterm adsorpsi *Freundlich*

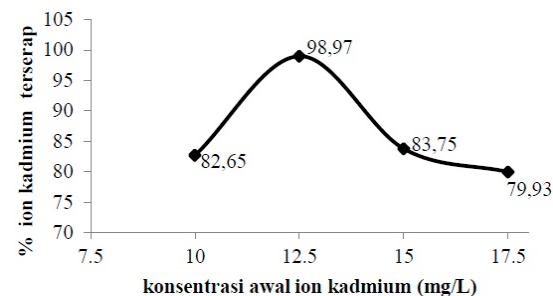
Dari Gambar 5. diperoleh gambaran bahwa harga koefisien determinasi sangat rendah, sehingga persamaan *Freundlich* tidak tepat diterapkan pada proses adsorpsi ion logam

kadmium oleh arang aktif alang-alang. Adapun data-data kinetik isoterm adsorpsi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter isoterm *Langmuir* dan *Freundlich*

Isoterm	q_m (mg/gram)	b	K	n	R^2
<i>Langmuir</i>	34,48	3,2	-	-	0,936
<i>Freundlich</i>	-	-	43,35	4,69	0,627

Kajian mengenai konsentrasi optimum penyerapan Cd^{2+} oleh arang aktif ditunjukkan pada Gambar 6.

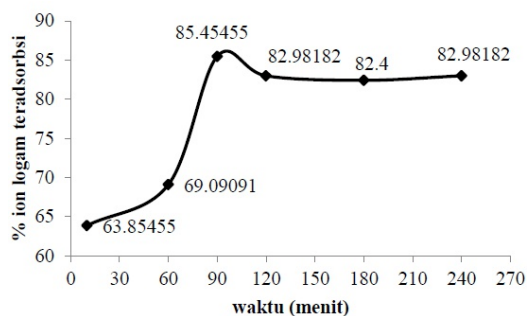


Gambar 6. Kurva konsentrasi optimum penyerapan Cd^{2+} oleh arang aktif alang-alang

Berdasarkan Gambar 6. konsentrasi optimum larutan Cd^{2+} terjadi pada 12,5 mg/L dimana terdapat 62,5 mg/g kadmium dengan daya serap 98,98%. Artinya nilai optimum penyerapan Cd^{2+} sebesar 61,861 mg/g. Konsentrasi ion logam berhubungan dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan adsorben, bila jumlah sisi aktif cukup besar dibanding jumlah ion logam maka efisiensi penyerapan akan tinggi sampai pada jumlah sisi aktif sama dengan ion logam. Pada konsentrasi lebih dari 12,5 mg/L kemampuan adsorpsi menurun. Hal ini sesuai dengan penelitian Apriliani (2010) tentang adsorpsi multilogam, dimana setelah mencapai konsentrasi optimum, penambahan konsentrasi dapat menurunkan kemampuan adsorpsi.

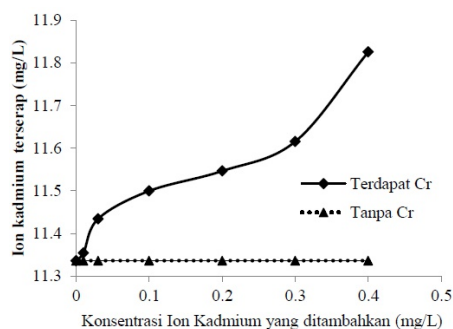
Pada pengaruh waktu kontak memperlihatkan bahwa adsorpsi Cd^{2+} optimum terjadi pada menit ke-90 sesuai Gambar 7. dengan nilai sebesar 53,509 mg/g. Untuk mencapai keadaan kesetimbangan (adsorpsi maksimum) logam oleh adsorben, maka diperlukan rentang waktu. Pada rentang waktu 90 menit inilah terjadi kesetimbangan antara adsorben dengan adsorbat (ion logam), sehingga terjadi adsorpsi secara optimum. Semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat memungkinkan untuk terjadinya peningkatan penyerapan ion logam, namun jika terlalu lama dapat menurunkan tingkat penyerapan. Hal ini disebabkan semakin lama waktu kontak mengakibatkan desorpsi,

yaitu lepasnya Cd^{2+} yang sudah terikat oleh adsorben. Hal ini sesuai dengan penelitian Bernard, *et al.* (2013) yang menunjukkan bahwa setelah adsorpsi mencapai keadaan setimbang pada waktu kontak optimum, penambahan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat selanjutnya tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penyerapan ion-ion logam.



Gambar 7. Kurva pengaruh waktu terhadap penyerapan Cd^{2+}

Ion kromium adalah salah satu ion yang mempunyai sifat yang mirip dengan ion kadmium serta keberadaannya dilimbah yang sering bersamaan dengan ion logam kadmium dan ion-ion logam lain, karena itu, kajian ini dicoba untuk mengetahui pengaruh persaingan antar ion kadmium dan ion kromium. Persaingan oleh ion kromium terhadap penyerapan Cd^{2+} oleh arang aktif alang-alang disajikan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Pengaruh interferensi penyerapan Cd^{2+} oleh ion kromium

Berdasarkan Gambar 8, persaingan oleh ion kromium terhadap penyerapan Cd^{2+} dalam arang aktif alang-alang sebanyak 0,01 g belum terjadi, baik pada penambahan ion kromium sebanyak 0,01 mg/L maupun pada 0,4 mg/L. Keberadaan ion kromium yang semakin banyak seharusnya akan terus meningkatkan prosentase persaingan penyerapan Cd^{2+} , tetapi penambahan ion kromium sampai dengan 0,4 mg/L belum memberikan pengaruh persaingan, hal ini terjadi karena perbandingan antara jumlah ion kadmium yang terlalu besar yaitu 12,5 mg/L dan adanya ion kromium yang terlalu

kecil, sehingga belum menimbulkan persaingan antara ion kromium dan ion kadmium.

Simpulan

Dari hasil penelitian terhadap sintesis arang aktif alang-alang dan aplikasinya dalam menurunkan Cd^{2+} , pH optimum larutan Cd^{2+} terserap oleh arang aktif alang-alang adalah 5. Kapasitas adsorpsi penyerapan arang aktif alang-alang terhadap Cd^{2+} adalah 65,70%, dengan konsentrasi optimum Cd^{2+} adalah 12,5 mg/L. Waktu kontak optimum penyerapan arang aktif alang-alang terhadap Cd^{2+} sebanyak 90 menit. Keberadaan Cr^{6+} dalam adsorpsi Cd^{2+} oleh arang aktif alang-alang yang terlalu kecil belum menunjukkan terjadinya persaingan adsorpsi Cd^{2+} oleh arang aktif alang-alang.

Daftar Pustaka

- Akpomie, G.K., Abuh, M.A., Ogbu, C.I., Agulanna, A.C. & Ekpe, I.O. 2012. Adsorption of Cd(II) from Solution by NSU Clay Kinetik and Thermodynamic Studies. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)*, 3 (2): 254-258
- Alfyani, H., Bahri, S. & Nurakhirawati. 2013. Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung sebagai Adsorben Logam Pb dengan Beberapa Aktivator Asam. *Jurnal Natural Science*, 2(3): 75-86
- Apriliyani, A. 2010. *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Starif Hidayatullah. Jakarta
- Bernard, E. & Jimoh, A. 2013. Adsorption of Pb, Fe, Cu, and Zn from Industrial Electroplating Waste Water by Orange Peel Activated Carbon. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4(2): 95-103
- Boparai, H.K., Joseph, M. & O'Carroll, D.M. 2010. Kinetics and Thermodynamics of Cadmium Ion Removal by Adsorption onto Nano Zerovalent Iron Particles. *Journal of Hazardous Materials*, 1-8. Tersedia di <http://www.elsevier.com/locate/jhazmat> [diakses 18-3-2013]
- Shevla, G. 1990. Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro. Media Pustaka. Jakarta
- Suwalsih. 2011. *Sintesis Zeolit A dari Abu Dasar Batubara dan Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Ni(II)*. Thesis. FMIPA Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Tumin, N.D., Chuah, A.L., Zawani, Z. & Rasyid, S.A. 2008. Adsorption of Copper from Aqueous Solution by Elais Guineensis Kernel Activated Carbon. *Journal of Engineering Science and Technology*, 3(2): 180-189