

# Karakterisasi Abu Dasar Batubara Termodifikasi 8-Hidroksikuinolin sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II) dan Cd(II)

**Agusriyadin**

Universitas Sembilanbelas November Kolaka

e-mail: [Agusriyadin85@gmail.com](mailto:Agusriyadin85@gmail.com)

## **Abstrak**

Telah dilakukan penelitian tentang adsorpsi ion Cu(II) dan Cd(II) menggunakan abu dasar batubara teraktivasi (ADT) dan abu dasar batubara termodifikasi 8-hidroksikuinolin (ADO). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan ADT dan ADO dalam mengadsorpsi ion logam Cu(II) dan Cd(II). Karakterisasi adsorben dilakukan menggunakan SEM-EDS untuk mengamati morfologi/kenampakan permukaan adsorben serta mengidentifikasi komponen kimia unsur-unsur penyusun abu dasar, Fourier Transform Infrared (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada adsorben, X-ray diffraction (XRD) untuk melihat perubahan kristalinitas mineral penyusun adsorben, dan Gas Sorption Analyzer (GSA) untuk menentukan sifat pori adsorben seperti ukuran diameter, luas permukaan, distribusi ukuran pori, dan volume pori dari adsorben yang digunakan. Karakterisasi ini dilakukan sebelum dan sesudah adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH optimum semua kondisi perlakuan tercapai pada pH 6 dengan kapasitas adsorpsi ADQ terhadap logam Cu(II) dan Cd(II) masing-masing 24, 64 mg.g<sup>-1</sup> dan 22,50 mg.g<sup>-1</sup>. Kapasitas adsorpsi ADQ selalu lebih tinggi dibandingkan ADT. Afinitas adsorpsi ion logam Cu(II) juga lebih baik dibandingkan ion Cd(II) terhadap kedua adsorben.

**Kata Kunci:** 8-Hidroksikuinolin, Abu Dasar, Adsorpsi, Cd(II), Cu(II)

## 1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertumbuhan dan perkembangan penduduk, kebutuhan air untuk berbagai keperluan semakin meningkat. Pemenuhan kebutuhan air bersih saat ini sudah menjadi masalah yang cukup serius karena meningkatnya pencemaran air oleh logam berat, seperti Cu(II) dan Cd(II) yang merupakan limbah dari industri-industri elektroplating, pengolahan logam, tekstil, cat maupun tinta. Pencemaran ini menimbulkan berbagai pengaruh terhadap manusia dan sangat merugikan karena sebagian besar zat-zat tersebut bersifat karsinogenik (Haryoto dan Wibowo, 2004). Tingginya resiko pencemaran lingkungan oleh ion logam berat, memberikan konsekuensi perlunya sistem pengelolaan limbah yang baik. Sistem pengelolaan limbah harus dapat menurunkan kadar polutan seperti ion logam berat hingga batas aman. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menetapkan batas yang diperbolehkan Cu<sup>2+</sup> dalam air minum adalah 1,5 mg L<sup>-1</sup> (Bilal dkk., 2013). Mengacu pada PP RI No.82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, batas kandungan logam kadmium (Cd) tidak boleh melebihi 0,01 mg L<sup>-1</sup> pada suatu perairan.

Penelitian sebelumnya telah memanfaatkan abu dasar sebagai abu adsorben untuk mengadsorpsi logam berat Pb (Gorme dkk., 2010), polutan organik (Gupta dkk., 2004) dan zat warna (Dincer dkk., 2007; Saleh dkk., 2012; Jarusiripot, 2014). Kemampuan interaksi abu dasar terhadap logam berat dimungkinkan oleh adanya komponen mineral kuarsa (SiO<sub>2</sub>) dan mullit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dalam fasa amorf (Jarusiripot, 2014). Kapasitas adsorpsi abu dasar terhadap logam Cu(II) pada konsentrasi 50 ppm menunjukkan nilai sebesar 0,981 mg/g (Yanti, 2014) dan 1,657 mg/g (Septiana, 2013) sedangkan Cd(II) berkisar 2,29 mg/g (Handayani, 2014). Nilai ini masih tergolong rendah bila dibandingkan dengan nilai kapasitas adsorpsi Cu(II) oleh silika gel hasil modifikasi yang mencapai angka 40 mmol/g (Shahata, 2012). Oleh karena itu, dibutuhkan modifikasi abu dasar batubara yang secara selektif dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap Cu(II) dan Cd(II).

Modifikasi adsorben dapat dilakukan dengan menggunakan ligan organik untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dan selektivitas pemisahan. 8-hidroksikuinolin (8-HQ) juga dikenal sebagai 8-quinolinol atau oksin merupakan pengkheletat logam bidentat yang mengandung atom donor oksigen dan atom donor

nitrogen yang dapat mengikat atom logam. Immobilisasi 8-HQ ke dalam bahan mesopori dapat berlangsung melalui interaksi fisik (non kovalen) maupun interaksi kimia (kovalen). 8-HQ dilaporkan telah digunakan sebagai agen pengkhelet pada permukaan adsorben seperti *amberlite IR-20* (Daneshfar dkk., 2011), silika gel (Shahata, 2012), bentonit (Chen dkk., 2014), karbon *nanotube* (Salam dkk., 2014), alumina (Kamal dkk, 2011), dan silika mesopori (Badiei dkk., 2011; Guo dkk., 2015). Modifikasi yang berlangsung menunjukkan peningkatan yang cukup baik untuk menghilangkan ion logam berat dari larutan.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, penelitian ini memfokuskan pada pemanfaatan abu dasar batubara yang dimodifikasi dengan 8-HQ sebagai adsorben dalam mengurangi keberadaan ion logam berat Cu(II) dan Cd(II) di dalam larutan. Metode ini diharapkan dapat berlangsung akibat adanya interaksi logam Cu(II) maupun Cd(II) dengan gugus fungsional yang berada di permukaan adsorben abu dasar batubara termodifikasi.

## 2. METODE PENELITIAN

Aktivasi abu dasar batubara. Abu dasar batubara yang akan diaktivasi sebelumnya diayak dengan ayakan 250 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang homogen. Proses aktivasi dilakukan dengan merefluks 20 g abu dasar batubara menggunakan 60 mL HCl 6 M selama 4 jam pada suhu 110°C. Hasil refluks selanjutnya disaring dan dicuci hingga filtratnya netral. Endapan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 140°C selama 12 jam. Selanjutnya adsorben yang terbentuk diletakkan dalam desikator hingga hendak digunakan. Sebagian abu dasar batubara aktif ini digunakan sebagai adsorpsi Cu(II) dan Cd(II) dan sebagian lagi dimodifikasi permukaannya dengan 8-HQ.

Modifikasi abu dasar batubara dengan 8-hidroksikuinolin. Sebanyak 2 gram 8-HQ dilarutkan dalam 20 mL etanol murni. Abu dasar batubara sebanyak 10 gram ditambahkan dalam larutan 8-HQ yang telah dibuat kemudian diencerkan dengan 50 mL akuades dan diaduk dengan variasi waktu 4, 5, 6 dan 9 jam. Hasil yang diperoleh kemudian dicuci aquades hingga pH netral. Padatan yang diperoleh dikeringkan pada temperatur kamar kemudian diayak dengan ayakan 250 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam. Abu dasar batubara termodifikasi 8-HQ ini digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi Cu(II) dan Cd(II) yang akan dibandingkan kemampuannya dengan adsorben abu dasar batubara.

Karakterisasi adsorben. Abu dasar sebelum dan setelah aktivasi dikarakterisasi menggunakan SEM-EDS untuk mengamati perbandingan morfologi permukaan adsorben serta mengidentifikasi komponen kimia unsur-unsur penyusun abu dasar terhadap pengaruh aktivasi yang dilakukan. Keberhasilan interaksi proses modifikasi adsorben diidentifikasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan difraksi sinar X dengan mengamati perubahan gugus-gugus fungsi yang terjadi dan perubahan kristalinitas adsorben baru yang terbentuk. Perubahan sifat fisik adsorben seperti ukuran jari-jari pori, luas permukaan dan volume pori total diidentifikasi menggunakan GSA.

Pengaruh pH. Sebanyak 0,1 g ADQ diinteraksikan dengan masing-masing 50 mL larutan Cu(II) dan Cd(II) 50 mg L<sup>-1</sup> pada berbagai variasi pH (3, 4, 5, 6, 7 dan 8). pH larutan diatur menggunakan buffer sitrat. Campuran diaduk dengan selama 60 menit, kemudian disaring. Konsentrasi Cu(II) dalam filtrat dianalisis dengan AAS. Prosedur yang sama dilakukan terhadap ADT. Larutan kontrol dibuat dengan prosedur yang sama namun tanpa penambahan adsorben.

Banyaknya ion logam yang teradsorpsi (kapasitas adsorpsi) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times V \quad (1)$$

$q_e$  = Kapasitas adsorpsi/jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg g<sup>-1</sup>)

$C_0$  = Konsentrasi awal ion logam (mg L<sup>-1</sup>)

$C_e$  = Konsentrasi ion logam dalam larutan saat kesetimbangan (mg L<sup>-1</sup>)

$m$  = Massa adsorben (g)

$V$  = Volume larutan ion logam (mL)

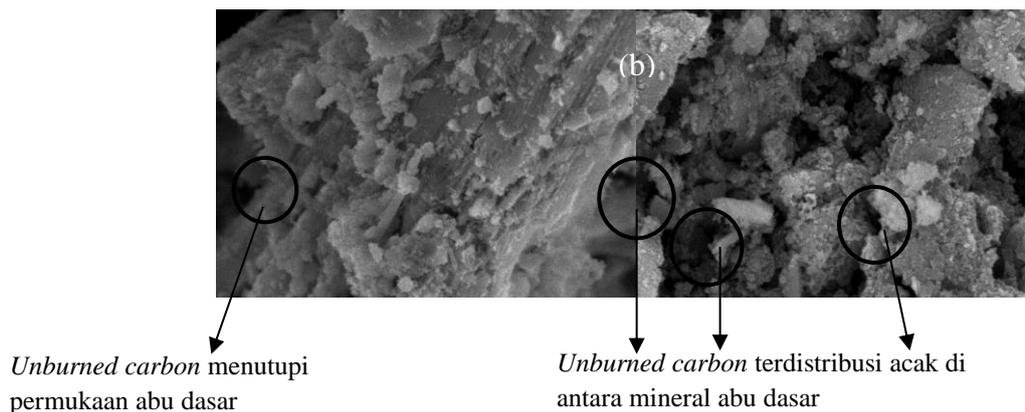
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakterisasi Adsorben

#### 3.1.1 Karakterisasi dengan SEM-EDS

Karakterisasi SEM merupakan mikroskop optis untuk studi tekstur, topografi dan gambaran suatu serbuk atau padatan dengan ukuran hingga 10  $\mu\text{m}$  yang dapat memperlihatkan morfologi permukaan abu dasar sebelum aktivasi dan setelah aktivasi, seperti yang tersaji dalam Gambar 1. Komposisi unsur penyusun AD dan ADT secara semikuantitatif dapat diketahui dengan metode EDS, (Tabel 1). Keberadaan karbon yang menutupi permukaan AD maupun ADT lebih dikenali sebagai *unburned carbon*. *Unburned carbon* itu sendiri terdistribusi acak di permukaan abu dasar. Hasil SEM menampakkan keberadaan karbon ini sebagai gumpalan halus yang menutupi permukaan kristal  $\text{SiO}_2$  maupun  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Gambar 1). Keberadaan *unburned carbon* sebagai salah satu komponen penyusun AD telah dikemukakan dalam penelitian Gorme dkk. (2010) serta Geetha dan Ramamurthy (2010). Meskipun tidak cukup signifikan, proses aktivasi mengurangi komposisi *unburned carbon* serta mampu meningkatkan komposisi mineral kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ) dengan cukup besar. Disamping itu, proses aktivasi ini cukup berhasil dalam menghilangkan keberadaan pengotor-pengotor oksida yang dibawa oleh Mg, Ca dan Fe.

Perubahan komposisi  $\text{Al}_2\text{O}_3$  memberikan informasi bahwa ikatan Al–O ( $d=1,60 \text{ \AA}$ ) lebih cenderung lepas dibandingkan ikatan Si–O ( $d=1,71 \text{ \AA}$ ) (Brown, dkk., 1969). Berkurangnya alumina pada abu dasar meningkatkan rasio perbandingan Si/Al. Semakin rendah rasio perbandingan Si/Al menunjukkan bahwa distribusi gugus silanol dan siloksan di permukaan abu dasar semakin besar (Vucinic, 2003). Hasil pengukuran yang disajikan pada Tabel 1 sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilaporkan Jarusiripot (2014) mengenai komponen utama dan minor mineral penyusun abu dasar batubara.



Gambar 1 Morfologi permukaan (a)AD dan (b)ADT (Pembesaran 10.000 $\times$ )

Tabel 1 Komposisi Kimia Abu Dasar Batubara PLTU Cirebon

Metode Pengujian	Jenis Abu Dasar	Komposisi Senyawa (%)							
		C	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	MgO	$\text{K}_2\text{O}$	CaO	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	ZnO
EDS	AD	24,46	29,89	15,29	5,19	0,20	4,28	17,87	0,32
	ADT	22,87	48,05	9,67	2,97	0,18	0,17	2,09	0,27

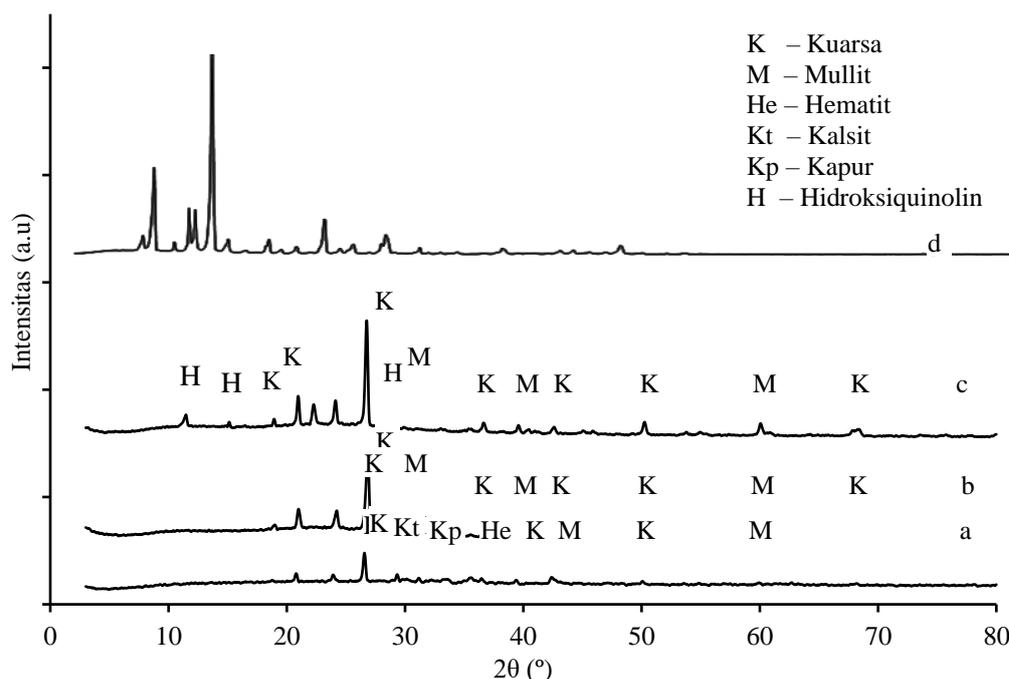
#### 3.1.2 Karakterisasi dengan XRD

Karakterisasi XRD bertujuan untuk menentukan sistem kristal suatu mineral. Metode difraksi sinar-X dapat menerangkan parameter kisi, jenis struktur, susunan atom yang berbeda pada kristal, adanya ketidaksempurnaan pada kristal, orientasi, butir-butir dan ukuran butir (Smallman, 1991). Setiap pola difraksi dicirikan sebagai sekumpulan posisi sudut difraksi ( $2\theta$ ) dan sekumpulan intensitas relatif ( $I/I_0$ ). Intensitas puncak dalam suatu difraktogram memberikan gambaran tentang derajat kristalinitas komponen mineral dalam campuran.

Fasa amorf abu dasar memiliki ikatan struktur yang tidak stabil (Querol dkk., 1997). Hasil difraktogram XRD pada Gambar 2 menunjukkan bahwa komposisi utama abu dasar muncul pada sudut difraksi pada  $26,53^\circ$  ( $d = 3,35 \text{ \AA}$ );  $23,91^\circ$  ( $d = 3,71 \text{ \AA}$ ) dan  $20,77^\circ$  ( $d = 4,27 \text{ \AA}$ ). Interpretasi data untuk setiap pola difraksi ini disesuaikan dengan JCPDS sehingga komponen mineral penyusun abu dasar dapat diidentifikasi.

Gambar 2a menunjukkan adanya pola difraksi yang berbeda pada  $33,18^\circ$  ( $d = 2,69 \text{ \AA}$ );  $35,51^\circ$  ( $d = 2,53 \text{ \AA}$ ) yang merupakan pola difraksi dari hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (Morris, 1981). Pola lain juga muncul pada sudut difraksi  $29,31^\circ$  ( $d = 3,04 \text{ \AA}$ ) menunjukkan adanya kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) sedangkan sudut difraksi  $31,13^\circ$  ( $d = 2,87 \text{ \AA}$ ) merupakan pola difraksi dari CaO (Faridah dkk., 2012). Kandungan logam oksida seperti hematit dan kalsit dapat dengan mudah bereaksi dengan HCl sehingga mudah untuk dipisahkan. Keberadaan mullit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ditunjukkan pada sudut difraksi  $39,36^\circ$  ( $d = 2,28 \text{ \AA}$ ) dengan intensitas yang cukup rendah. Oksida-oksida silika dan natrium aluminat yang bersifat amorf digambarkan sebagai pola difraksi melebar pada daerah  $2\theta = 10^\circ - 20^\circ$  yang memberikan kenaikan *baseline*.

Puncak-puncak baru teramati pada difraktogram ADQ (Gambar 2c). Puncak tersebut muncul pada sudut difraksi  $12,31^\circ$  ( $d = 7,14 \text{ \AA}$ ),  $15,12^\circ$  ( $d = 5,61 \text{ \AA}$ ), dan  $23,38^\circ$  ( $d = 3,67 \text{ \AA}$ ) yang karakteristik dengan puncak difraktogram 8-HQ pada sudut difraksi  $12,35^\circ$  ( $d = 7,15 \text{ \AA}$ ),  $15,48^\circ$  ( $d = 5,72 \text{ \AA}$ ), dan  $23,41^\circ$  ( $d = 3,79 \text{ \AA}$ ). Selain memberikan puncak baru, sebagian sudut difraksi ADQ menunjukkan pergeseran sudut difraksi ke sudut bidang yang lebih kecil. Hal ini terjadi sebagai akibat adanya interaksi 8-HQ terhadap ADT yang menutupi permukaan abu dasar sehingga menggeser sudut bidang kristal yang terbentuk. Secara umum, proses modifikasi tidak mengubah struktur ADT namun mampu meningkatkan kristalinitas ADQ.



Gambar 2 Difraktogram Sinar-X: (a) AD; (b) ADT; (c) ADQ; dan (d) 8-HQ

### 3.1.3 Identifikasi dengan Spektrofotometer IR

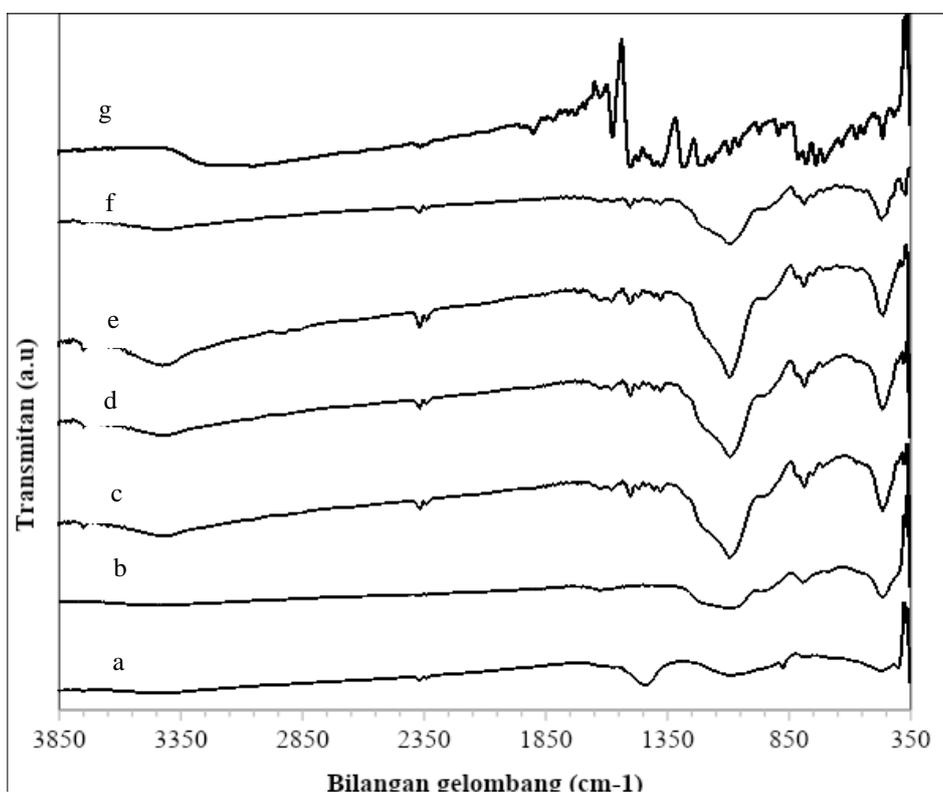
Setiap gugus mempunyai serapan inframerah yang karakteristik pada bilangan gelombang tertentu sehingga dapat diidentifikasi secara kualitatif. Pola serapan ADT dan ADQ ditampilkan pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, nampak bahwa keberadaan serapan lebar vibrasi gugus  $-\text{OH}$  dari  $\text{Si}-\text{OH}$  ( $3425 \text{ cm}^{-1}$ ), vibrasi tekuk siloksan  $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$  ( $462 \text{ cm}^{-1}$ ), beserta vibrasi ulur asimetris  $\text{Si}-\text{O}$  dari  $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$  ( $1087 \text{ cm}^{-1}$ ) menjadi gugus dominan yang muncul sebagai serapan khas abu dasar.

Pengaruh aktivasi HCl diamati pada Gambar 3b yang menunjukkan hilangnya pita serapan kuat  $1442 \text{ cm}^{-1}$  dari AD (Gambar 3a) sebelum aktivasi. Serapan ini diduga kuat sebagai serapan  $\text{Ca}-\text{O}$  (Atalay dkk.,

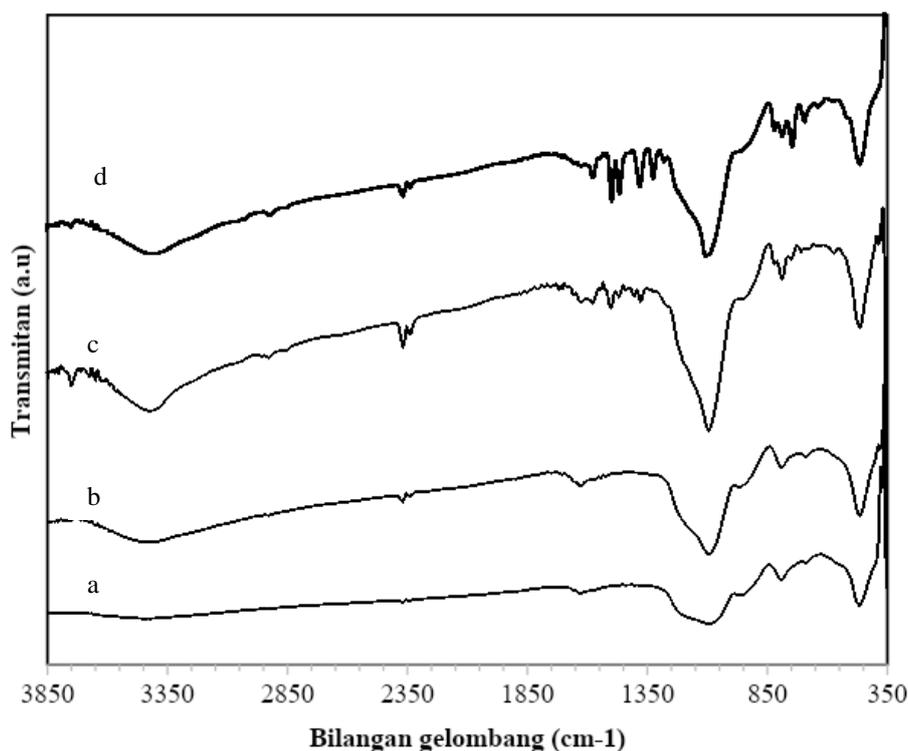
2001). Hal ini diperkuat dengan perubahan komposisi senyawa AD dan ADT hasil karakterisasi EDS (Tabel 1). Peningkatan intensitas serapan secara tajam teramati pada bilangan gelombang  $462\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan terbentuknya vibrasi tekuk siloksan Si–O–Si yang diikuti dengan terjadinya pergeseran serapan pada  $1095\text{ cm}^{-1}$ . Pergeseran bilangan gelombang ini menunjukkan keberadaan situs Si–O–Si yang lebih terbuka sebagai dampak hilangnya pengotor yang menutupi permukaan abu dasar, dan umumnya karena perubahan rasio silikon terhadap aluminium.

Variasi waktu modifikasi dilakukan pada 4, 5, 6 dan 9 jam. Waktu modifikasi yang terlalu singkat memungkinkan interaksi gugus pada 8-HQ terhadap permukaan AD kurang optimal. Sebaliknya, bila terlalu lama, dikhawatirkan ikatan yang terbentuk akan terlepas kembali karena pengadukan. Awalnya, semakin lama waktu kontak yang diberikan, semakin tajam serapan yang muncul (Gambar 3c, d, e). Akan tetapi, intensitas ini berkurang setelah 9 jam (Gambar 3f). Berdasarkan hal tersebut, disimpulkan bahwa waktu interaksi optimum terjadi pada 6 jam.

Keberadaan vibrasi ulur –OH dengan intensitas lemah pada  $3142\text{ cm}^{-1}$  dari 8-HQ dimungkinkan berada tumpang tindih dengan serapan gugus OH dari Si–OH ( $3425\text{ cm}^{-1}$ ) spektra ADQ. Keberadaan vibrasi C–O juga diperkirakan berada tumpang tindih dengan serapan C–N pada bilangan gelombang  $1300\text{ cm}^{-1}$  (Pavia dkk., 2009). Munculnya serapan baru pada bilangan gelombang  $1300\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan khas dari 8-HQ (Shahata, 2012; Pan dkk., 2007) menunjukkan bahwa ADT berhasil dimodifikasi.



Gambar 3 Spektra inframerah pengaruh aktivasi dan variasi waktu kontak abu dasar batubara: (a)AD; (b)ADT; (c)ADQ-4 jam; (d)ADQ-5 jam; (e)ADQ-6 jam; (f)ADQ-9 jam; (g) 8-HQ



Gambar 4 Spektra inframerah: (a)ADT; (b)Cu-ADT; (c)ADQ; (d)Cu-ADQ

Hal ini diperkuat dengan perubahan vibrasi tekuk H–O–H dari air serta vibrasi ulur –OH dari Si-OH yang mengalami pergeseran bilangan gelombang. Pergeseran ini menunjukkan adanya perubahan lingkungan Si–O–Si akibat modifikasi. Interaksi 8-HQ pada permukaan ADT yang kaya akan gugus Si-OH dapat diterangkan melalui ikatan hidrogen (Badiei, 2011). Ikatan hidrogen menyebabkan puncak melebar dan terjadi pergeseran ke arah bilangan gelombang yang lebih kecil.

Keberadaan Cu teradsorpsi pada permukaan ADT maupun ADQ diidentifikasi untuk memperkirakan interaksi ikatan yang berlangsung. Perbedaan pita serapan sebelum dan sesudah diinteraksikannya ion logam terhadap ADT maupun ADQ ditunjukkan pada Gambar 4. Pergeseran bilangan gelombang suatu gugus fungsi setelah adsorpsi mengindikasikan adanya interaksi gugus fungsi tersebut terhadap ion logam (Gorgievski dkk., 2013). Peningkatan serapan ADQ (Gambar 4c dan 4d) pada bilangan gelombang 1327-1573  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa interaksi Cu(II) terhadap situs aktif ADQ dominan terjadi pada situs aktif 8-HQ. Munculnya serapan baru pada bilangan gelombang 1465  $\text{cm}^{-1}$  merupakan serapan Cu–O (Sekkiana & El Helbawy, 1985).

### 3.1.4 Karakterisasi menggunakan GSA

Salah satu sifat padatan berpori adalah luas permukaan dan porositas. Pengukuran kedua faktor ini merupakan bagian sangat penting pada setiap karakterisasi padatan, baik sebagai katalis maupun adsorben. Jika adsorben yang berupa padatan berpori mengadsorpsi adsorbat, maka fenomena ini tidak hanya terjadi di permukaan luar saja tetapi juga di dalam pori (Lowell & Sheild, 1984).

Isoterm adsorpsi nitrogen ADT maupun ADQ menunjukkan pola yang serupa dimana terjadi kenaikan secara cepat pada tekanan relatif ( $P/P_0$ ) rendah, kemudian naik perlahan pada pertengahan dan naik lagi dengan cepat pada  $P/P_0$  mendekati satu. Kenaikan pertama terjadi karena molekul gas yang teradsorpsi berinteraksi dengan daerah yang berenergi pada permukaan padatan. Pada pengisian ini telah terbentuk lapisan tunggal, kemudian pada daerah  $P/P_0$  yang lebih tinggi, penambahan molekul gas terjadi pada permukaan yang telah ditempati molekul gas dimana telah terbentuk lapisan tunggal.

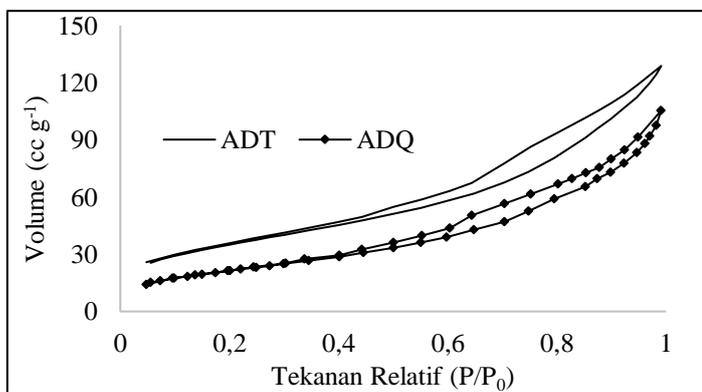
Proses penambahan molekul ini diikuti dengan terbentuknya lapisan berlapis (*multilayer*) dan pada akhir pengisian, terjadi efek pembatasan jumlah lapisan pada adsorbat sehingga memungkinkan kondensasi molekul gas yang teradsorpsi. Akibatnya, terbentuk suatu *loop* histerisis (Gambar 5). Adanya *loop* histerisis pada daerah pertengahan merupakan ciri khusus isoterm tipe IV yaitu jenis adsorpsi dari padatan berpori dengan ukuran pori 2-50 nm (Lowell dan Sheild, 1984). Ukuran pori (biasanya dinyatakan sebagai lebar pori)

merupakan jarak antara dua dinding pori. Ukuran pori dibedakan menjadi mikropori (diameter <2 nm), mesopori (diameter 2-50 nm), dan makropori (diameter > 50 nm) (Do,1998).

Bila diamati, terlihat bahwa *loop* histerisis paling besar terbentuk pada sampel ADT. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah adsorbat ( $N_2$ ) yang tertinggal dalam pori saat desorpsi paling banyak. Dengan kata lain, jumlah mesopori pada sampel ADT lebih banyak dibandingkan ADQ. Selain itu, adanya kemiripan pola isoterm adsorpsi antara ADT dan ADQ menunjukkan bahwa modifikasi adsorben tidak mengakibatkan perubahan struktur permukaan adsorben.

Karakteristik padatan berpori dapat pula diamati berdasarkan data distribusi ukuran pori sampel berdasarkan metode *Barrett-Joyner-Halenda* (BJH) yang tersaji pada Gambar 6. Baik ADT maupun ADQ menggambarkan distribusi ukuran pori sebagian besar berada pada kisaran <20 nm dan >50 nm. Dengan kata lain, baik ADT maupun ADQ mengandung campuran material berpori mikro dan meso.

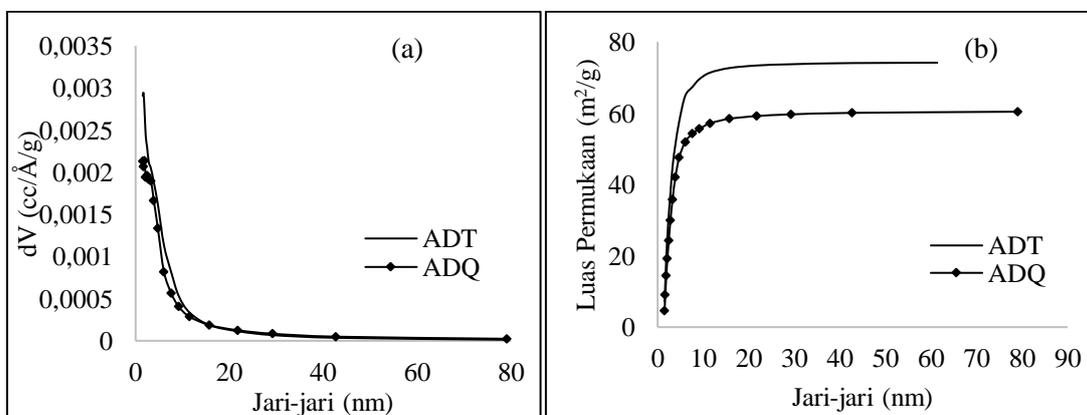
Luas permukaan spesifik dan distribusi ukuran pori menyatakan tingkat selektivitas adsorben dalam menyerap adsorbat. Adsorben yang mempunyai ketersediaan situs aktif tinggi dan distribusi ukuran pori yang sesuai dengan ukuran adsorbat yang akan diserap, akan mempunyai kemampuan menyerap adsorbat yang lebih tinggi jika luas permukaan spesifik semakin besar. Besaran nilai luas permukaan spesifik, volume pori serta jari-jari pori hasil karakterisasi dalam penelitian ini (Tabel 2) berada pada rentang nilai yang cukup besar dibandingkan dengan nilai yang dilaporkan Jarusiripot (2014).



Gambar 5 Isoterm adsorpsi-desorpsi  $N_2$  ADT dan ADQ

Tabel 2 Sifat Permukaan Adsorben

Parameter Sifat Permukaan	ADT	ADQ
Luas permukaan spesifik BET ( $m^2 g^{-1}$ )	126,80	79,21
Volume pori total ( $mL g^{-1}$ )	0,20	0,16
Jari-jari pori rata-rata ( $\text{Å}$ )	31,44	41,19

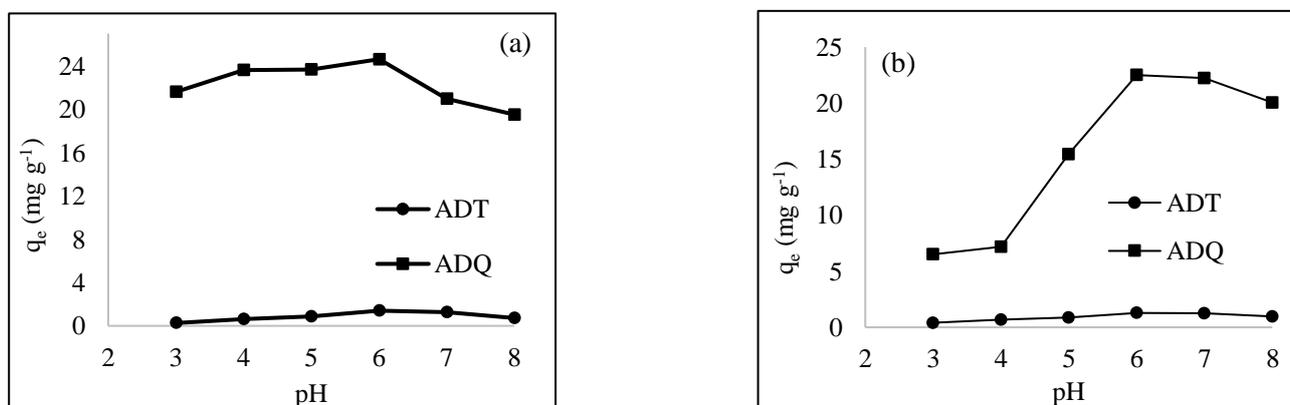


Gambar 6 Grafik (a) Distribusi pori; (b) Luas permukaan ADT dan ADQ

### 3.2 Kajian Adsorpsi (pengaruh pH larutan logam)

Hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 7 memperlihatkan bahwa kapasitas adsorpsi meningkat pada kisaran pH 3-5 dan optimum pada pH 6. Keadaan ini berlaku untuk kedua logam, Cu(II) dan Cd(II) oleh ADT maupun ADQ. Nilai kapasitas adsorpsi pada pH 6 masing-masing logam Cu dan Cd adalah 24, 64 mg.g<sup>-1</sup> dan 22,50 mg.g<sup>-1</sup> untuk ADQ dan 1,40 mg.g<sup>-1</sup> dan 1,28 mg.g<sup>-1</sup> untuk ADT. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melakukan adsorpsi ion logam Cu(II) (Asokbunyarat dkk., 2015) dan Cd(II) (Sukpreabprom dkk., 2015) oleh abu dasar yang optimum terjadi pada pH 6. Penyerapan Cd(II) oleh karbon aktif juga tercapai optimum pada pH 6 (Givianrad, 2011).

Keadaan ini menggambarkan bahwa pada kondisi asam, terjadi protonasi pada situs aktif, sehingga situs aktif justru cenderung bermuatan positif. Hal ini menyebabkan adanya gaya tolakan elektrostatis antara situs aktif dengan ion logam yang juga bermuatan positif sehingga adsorpsi sulit terjadi. Semakin tinggi pH larutan (keasaman semakin turun), protonasi berkurang sehingga situs aktif cenderung bermuatan negatif (Pizarro dkk., 2015).



Gambar 7 Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi ion logam a)Cu(II); b)Cd(II) oleh ADT dan ADQ.

Banyaknya jumlah ion teradsorpsi dianggap sama dengan banyaknya jumlah ion logam yang terdesorpsi (Castellan, 1982).

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Abu dasar batubara dapat dimodifikasi dengan menginteraksikan sejumlah 8-HQ pada abu dasar teraktivasi. Adsorben yang dihasilkan mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap ion logam. Kapasitas adsorpsi ADQ pada pH 6 masing-masing ion logam Cu(II) dan Cd(II) adalah 24, 64 mg.g<sup>-1</sup> dan 22,50 mg.g<sup>-1</sup>, sedangkan kapasitas adsorpsi ADT pada pH 6 masing-masing logam Cu dan Cd adalah 1,40 mg.g<sup>-1</sup> dan 1,28 mg.g<sup>-1</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asokbunyarat, V., Hullebusch, A.D., Lens, P.N.L. and Annachatre, A.P., 2015, Coal Bottom Ash as Sorbing Material for Fe(II), Cu(II), Mn(II) and Zn(II) Removal from Aqueous Solutions, *Water Air Soil Pollut.*, 226, 143.
- Atalay, S., Adiguzel, H.I. and Atalay, F., 2001, Infrared Absorption Study of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO-SiO<sub>2</sub> Glass Ceramics, *Mater. Sci. Eng.*, A304-306, 796-799.
- Badiei, A., Goldooz, H. and Ziarani, G.M., 2011, A Novel Method for Preparation of 8-hydroxyquinoline Functionalized Mesoporous Silica: Aluminum Complexes and Photoluminescence Studies, *Appl. Surf. Sci.*, 257, 4912-4918.
- Bilal, M., Shah, J.A., Ashfaq, T., Gardazi, S.M.H., Tahir, A.A., Pervez, A., Haroon, H. and Mahmood, Q., 2013, Waste Biomass Adsorbents for copper Removal from industrial Wastewater—A Review, *J. Hazard. Mater.*, 263, 322-333.

- Brown, G.E., Gibbs, G.V. and Ribbe, P.H, 1969, The Nature and The Variation in Length of the Si-O and Al-O Bonds in Framework Silicates, *Am. Mineral.*, 54.
- Castellan, G.W., 1982, *Physical Chemistry*, 3<sup>rd</sup> Ed., General Graphic Services, New York.
- Chen, Y., Huang, R. and Zhu, C., 2014, Adsorptive Removal of La(III) from Aqueous Solutions with 8-Hydroxyquinoline Immobilized GMZ Bentonite, *J. Radioanal Nucl. Chem.*, 299, 665-674.
- Daneshfar, A., Ghaedi, M., Vafafard, S. and Shiri, L., 2012, Amberlite IR-20 Modified with 8-Hydroxyquinoline as Efficient Adsorbent for Solid-Phase Extraction and Flame Atomic Absorption Determination of Trace Amounts of Some Metal Ions, *Biol. Trace. Elem. Res.*, 145, 240-247.
- Dincer, A.R., Güneş, Y. and Karakaya, N., 2007, Coal-Based Bottom Ash (CBBA) Waste Material As Adsorbent for Removal of Textile Dyestuffs From Aqueous Solution, *J. Hazard. Mater.*, 141, 529-535.
- Do, D.D., 1998, *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics*. Imperial College Press, London, England.
- Faridah, A.M., Widiastuti, N. dan Prasetyoko, D., 2012, Karakterisasi Abu Dasar PLTU Paiton: Pengaruh Perlakuan Magnet, HCl, dan Fusi dengan NaOH, *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*, Surabaya.
- Geetha, S. and Ramamurthy, K., 2010, Environmental Friendly Technology of Cold-bonded Bottom Ash Aggregate Manufacture Through Chemical Activation, *J. Clean. Product*. 18: 1563-1569.
- Givianrad, M.H., Rabani, M., Tehrani, M.S., Azar, P.A. and Sabzevari, M.H., 2013, Preparation and Characterization of Nanocomposite, Silika Aerogel, Activated Carbon and Its Adsorption Properties for Cd (II) Ions from Aqueous Solution, *Saudi. J. Chem. Soc.*, 17, 329-335.
- Gorgievski M., Bozic D., Stankovic V., Strbac N. and Serbula S., 2013, Kinetics, Equilibrium and Mechanism of Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> Ions Biosorption using Wheat Straw, *Ecol. Eng.*, 58, 113- 122.
- Gorme, J. B., Maniquiz, M.C., Kim, S.S., Son, Y.G., Kim, Y.T. and Kim, L.H., 2010, Characterization of Bottom Ash as an Adsorbent of Lead from Aqueous Solutions, *Environ. Res.*, 15(4), 207-213.
- Guo, W., Meng, X., Liu, Y., Ni, L., Hu, Z., Chen, R., Meng, M., Wang, Y., Han, J. and Luo, M., 2014, Synthesis and Application of 8-HQ Modified Magnetic Mesoporous Carbon for Adsorption of Multivariate Metal Ions from Aqueous Solutions, *J. Ind.Eng. Chem.*, 21, 340-349.
- Gupta, V.K., Mittal, A., Krishnan, L. and Gajbe, V., 2004, Adsorption Kinetics and Column Operations for The Removal and Recovery of Malachite Green From Wastewater Using Bottom Ash, *Sep. Purif. Technol.*, 40, 87-96
- Handayani, T., 2014, Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cd(II) pada Abu Dasar Batubara terimobilisasi Ditizon, *Tesis*, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- Haryoto dan Wibowo, A., 2004, Bioakumulasi Logam Berat Kadmium oleh Fitoplankton *Chlorella* sp. Lingkungan Perairan Laut, *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, 5(2), 89 – 103.
- Jarusiripot, C., 2014, Removal of Reactive Dye by Adsorption over Chemical Pretreatment Coal Based Bottom Ash, *Proc. Chem.*, 9, 121 – 130.
- Kamal, M.M., El-Sayed, A.Y.E., Ahmed, S.M., Omran, A.A., Shahata, M.M., 2011, Pre-concentration of Some Heavy Metal Ions with AlO-HQ and AlO-PHQ and Their Studies by FTIR and Spectroscopy, *Arabian J. Chem.*, doi:10.1016/j.arabjc.2011.07.027.
- Lowell, S., Shields, J.E., 1984, *Powder Surface Area and Porosity*, 2<sup>nd</sup> Ed., Quantachrome Corporation, USA.
- Morris, M.C., McMurdie, H.F., Evans, E.H., Paretzkin, B., Parker, H.S. and Panagiotopoulos, N.C., 1981, *Standard X-ray Diffraction Powder Patterns Section 18 Data for 58 Substances*, Nat. Bur. Stand. (U.S.), Monogr.
- Pan, H.C., Liang F.P., Mao, C.J., Zhu, J.J. and Chen, H.Y., 2007, Highly Luminescent Zinc(II)-Bis(8-hydroxyquinoline) Complex Nanorods: Sonochemical Synthesis, Characterizations, and Protein Sensing, *J. Phys. Chem. B*, 111, 5767-5772.
- Pavia, D.L., Lampman, G.M., Kriz, G.S. and Vyvyan, J.R., 2009, *Introduction to Spectroscopy*, Brooks or Cole Cengage Learning, Washington.
- Pizarro, J., Castillo, X., Jara, S., Ortiz, C., Navarro, P., Cid, H., Rioseco, H., Barros, D. and Belzile, N., 2015, Adsorption of Cu<sup>2+</sup> on Coal Fly Ash Modified with Functionalized Mesoporous Silica, *Fuel*, 156, 96-102.
- Salam, M.A., Al-Zhrani, G. and Kosa, S.A., 2014, Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solution by Multi-walled Carbon Nanotubes Modified with 8-hydroxyquinoline: Kinetic Study, *J. Ind. Eng. Chem.*, 20, 572-580.
- Saleh, S.M., Maarof, S.N.S.A., Rahim. and Nasuha, N., 2012, Adsorption of Congo Red onto Bottom Ash, *J. App. Sci.*, 12(12), 1181-1185.

- Sekkiana, M.M.A. and El-Helbawy, S.M., 1985, Vibrational Spectra of Some Solid 8-Hydroxyquinoline Metal Complexes in Correlation with Their Coordination Bond Length and Type of Metal Ion, *Proc. Indian natn. Sci. Acad.*, 6, 959-964.
- Septiana, A., 2013, Studi Adsorpsi Ion Logam Pb(II), Cu(II), dan Cr(III) menggunakan Abu Dasar Batubara, *Skripsi*, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- Shahata, M.M., 2012, Adsorption of Some Heavy Metal Ions by Used Different Immobilized Substances on Silica Gel, *Arabian J. Chem.* doi:10.1016/j.arabjc.2011.12.010.
- Smallman, R. and Bishop, R., 1999, *Modern Physics Metallurgy and Materials Engineering*. Butterworth-Heinemann Oxford, Inggris.
- Sukpreabprom, H., Arquero, O.A., Naksata, W., Sooksamiti, P. and Janhom, S., 2014, Isoterm, Kinetic and Thermodynamic Studies on the Adsorption of Cd(II) and Zn (II) ions from Aqueous Solutions onto Bottom Ash, *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, 5(2).
- Sukpreabprom, H., Arquero, O.A., Naksata, W., Sooksamiti, P. and Janhom, S., 2015, Single and Binary Adsorption of Cd(II) dan Zn(II) ion from Aqueous Solutions onto Bottom Ash, *Korean J. Chem. Eng.*, 32(5), 896-902.
- Vucinic, D, Miljavonic, I., Rosica and Lazic, P., 2003, "Effect of Na<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub> mole Ratio on the Crystal Type of Zeolite Synthesized from Coal Fly Ash", *J. Serb. Chem. Soc.* 68 (6), 471-478.
- Yanti, S., 2014, Studi Adsorpsi Ion Merkuri dan Tembaga menggunakan Abu Dasar Batubara Termodifikasi Ditizon, *Tesis*, FMIPA, UGM, Yogyakarta.