



# ADSORPSI $\text{Cu(II)}$ MENGGUNAKAN ZEOLIT SINTETIS DARI ABU TERBANG BATU BARA

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

AHMAD ZAKARIA



SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2011

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Polistirena Sintetis dari Abu Terbang Batu Bara adalah karya Saya dengan arahan dari pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi atau Instansi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Bogor, Juli 2011

Ahmad Zakaria  
NRP G451090371

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## ABSTRACT

AHMAD ZAKARIA. Adsorption of Cu(II) Using Synthetic Zeolite from Coal Fly Ash. Under direction of ETI ROHAETI, IRMANIDA BATUBARA, and SUTISNA.

*Fly ash and synthetic zeolite synthesized from coal fly ash had been used to investigate the adsorption of  $Cu^{2+}$  synthetic solution. Optimization studies of adsorption process was performed batch system in central composite design with three parameters, pH, contact time, and concentration of adsorbent. The optimum condition for adsorption process for fly ash and synthetic zeolite were found at pH 5.5 and 4, contact time 83 and 45 minutes, and adsorbent concentration at 150 and 90 mg/50 mL solution respectively. The Langmuir and Freundlich isotherm models were applied. The Langmuir models fits best the equilibrium isotherm data. The optimum fly ash and zeolite synthetic adsorption capacities were 4,11 mg/g and 60,97 mg/g respectively. The kinetics data were tested using a pseudo first-order and a pseudo second-order Lagergren equation. Kinetics data correlated well with the pseudo second-order kinetics model. Thermodynamic study indicated that adsorption process was spontaneous and accompanied by an increase in entropy and decrease in Gibbs energy. The decreasing of adsorption capacity of Cu(II) by both fly ash and synthetics zeolite were influenced by the coexisting ions Pb(II) or Mn(II), although there were increasing of the total adsorption capacity.*

**Key word : fly ash, synthetic zeolite, isothermal adsorption, kinetics model, Langmuir and Freundlich models, Gibbs energy, entropy**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## RINGKASAN

AHMAD ZAKARIA. Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Zeolit Sintetis dari Abu Terbang Batu Bara. Dibimbing oleh ETI ROHAETI, IRMANIDA BATUBARA, dan SUTISNA.

Permasalahan limbah industri semakin berkembang menjadi permasalahan global yang serius. Hal ini mengakibatkan perlakuan dalam pengolahan limbah industri menjadi topik global karena limbah dari berbagai sumber dapat mengakumulasi di tanah atau masuk ke dalam sistem perairan. Logam berat seperti tembaga banyak dihasilkan antara lain oleh industri pelapisan logam (*plating*), pencampuran logam (*alloy*) dan baja, pewarna, kabel listrik, insektisida, jaringan pipa, dan cat (Notodarmojo 2005; Sarkar *et al.* 2010). Logam ini berpotensi merusak sistem fisiologi manusia dan sistem biologis lainnya jika melewati tingkat toleransi. Oleh karena itu berdasarkan Kep-51/MenLH/10/1995 keberadaan ion Cu di batasi tidak boleh lebih dari 2 ppm untuk limbah cair golongan 2 dan 0,6 ppm untuk limbah industri plating.

Beberapa metode perlakuan untuk mengolah ion logam berat dalam limbah industri telah dilaporkan dalam beberapa literatur. Di antara metode tersebut adalah netralisasi, presipitasi, pertukaran ion, biosorpsi dan adsorpsi. Untuk konsentrasi ion logam yang rendah, proses adsorpsi merupakan metode yang direkomendasikan untuk pengambilan ion logam tersebut.

Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben (Jusoh *et al.* 2007), namun pengambilan ion logam dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif komersial membutuhkan biaya relatif mahal. Karbon aktif juga dapat mengalami penurunan aktivitas sebesar 10 - 15 % selama regenerasi. Selain itu karbon aktif merupakan bahan yang bersifat dapat terbakar (*combustible material*) sehingga kurang tepat jika diaplikasikan pada suhu tinggi (Yenisoy-karakas *et al.* 2004). Oleh karena itu adsorben yang lebih murah sebagai alternatif bahan baku pembuatan karbon aktif menjadi banyak diminati dan menarik perhatian di kalangan peneliti (Hui *et al.* 2005). Zeolit merupakan salah satu adsorben alternatif yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi karena memiliki pori yang banyak dan mempunyai kapasitas tukar kation yang tinggi dan dapat diaplikasikan pada rentang suhu yang lebih luas sehingga sangat cocok digunakan sebagai adsorben (Panayotova 2001). Pada penelitian ini digunakan zeolit sintetis yang dibuat dari limbah abu terbang batu bara.

Abu terbang batu bara merupakan limbah padat yang dihasilkan pembangkit listrik yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya. Abu terbang yang dihasilkan dari pembangkit listrik sekarang ini menjadi masalah karena volumenya cukup besar, yaitu mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006 (Mazari 2009). Kandungan silikon dan aluminium pada abu terbang cukup besar, yaitu lebih dari 60% sehingga berpotensi untuk dijadikan zeolit sintetis. Oleh karena itu beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengonversinya menjadi zeolit sintetis, seperti yang telah dilakukan oleh Hui *et al.* (2005), Musyoka *et al.* (2009), Jha *et al.* (2009), Qiu & Zheng (2009), Koukouzas *et al.* (2010).

Pada penelitian ini abu terbang batu bara yang dikonversi menjadi zeolit mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Musyoka *et al.* (2009). Selanjutnya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



abu terbang batu bara dan zeolit sintetisnya dijadikan adsorben logam berat Cu(II) dalam sistem larutan. Uji Pendahuluan dan karakterisasi dipelajari untuk mendapatkan gambaran sifat dari kedua adsorben serta dilakukan percobaan optimasi menggunakan metode respon permukaan *Central Composite Design* untuk mendapatkan kondisi terbaik adsorpsi Cu(II). Selanjutnya ditentukan kapasitas adsorpsi optimum, parameter kinetika dan termodinamikanya. Selain itu dipelajari hubungan keberadaan ion sekutu Mn atau Pb dengan efisiensi dan kapasitas adsorpsi Cu(II) oleh kedua adsorben.

Hasil uji pendahuluan menunjukkan bahwa kapasitas tukat kation (KTK) abu terbang dan zeolit sintesis adalah 31,36 mg/100g dan 439,70 mg/100g, berarti terjadi peningkatan hampir 14 kali lipat dibandingkan KTK abu terbang. Peningkatan ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi Cu(II) oleh zeolit sintesis. Berdasarkan hasil uji pendahuluan, kadar air untuk abu terbang batu bara dan zeolit sintesis adalah 0,13% dan 1,16% sedangkan daya serap terhadap iod untuk abu terbang batu bara dan zeolit sintesis berturut turut 1,88 dan 1,84 mg/g. Hasil ini membuktikan bahwa zeolit sintesis memiliki kadar air yang masih sesuai dengan baku mutu zeolit, yaitu 1-35% dan kemampuan adsorpsi iodnya relatif rendah jika dibandingkan karbon aktif. Hal ini disebabkan kedua adsorben diameter porinya berukuran mesopori (20-500 Angstrom). Berdasarkan karakteristik luas permukaan dan volume pori, nilai yang diperoleh abu terbang batu bara lebih tinggi dibandingkan zeolit sintesis, hal ini mencerminkan bahwa abu terbang batu bara berpotensi juga sebagai adsorben walaupun nilai KTKnya kecil.

Berdasarkan karakterisasi menggunakan XRD telah terbentuk zeolit NaP1 dan hidroksisodalit dengan menghasilkan 7 puncak utama dan terbentuk material lebih kristalin dibandingkan material dasarnya. Karakterisasi menggunakan SEM\_EDAX diperoleh informasi bahwa abu terbang batu bara memiliki morfologi permukaan yang lebih halus, mengkilap dan ukuran partikelnya berkisar 0,1  $\mu$ m-10  $\mu$ m serta komposisi didominasi oleh atom O, Si dan Al dengan rasio Si/Al mencapai 1,27 serta Na 3,06% dan Cu 0,46%, sedangkan zeolit sintesis memiliki morfologi permukaan kasar dan cenderung beragregasi dengan diameter lebih dari 10  $\mu$ m serta peningkatan atom Na mencapai 11,82% dan rasio Si/Al 1.

Selanjutnya percobaan mendapatkan kondisi optimum adsorpsi dengan metode *Central Composite Design* (CCD) diperoleh 20 perlakuan dengan faktor yang dievaluasi adalah pH(2-6), bobot adsorben(30mg - 150mg) dan waktu kontak (5-90 menit). Hasil pengolahan % efisiensi adsorpsi dengan menggunakan program CCD dan perangkat minitab, diperoleh kondisi optimum adsorpsi Cu(II) untuk abu terbang batu bara dan zeolit sintesis berturut-turut adalah pH 5,5, bobot 30 mg, waktu kontak 83 menit dan pH 4, bobot 90 mg serta waktu kontak 58 menit.

Hasil penelitian membuktikan bahwa kapasitas adsorpsi optimum zeolit sintesis pada kondisi isothermal meningkat 15 kali dibandingkan abu terbang batu bara, yaitu dari 4,11 mg/g menjadi 60,97 mg/g. Hal ini selaras dengan peningkatan KTK sebesar 14 kali. Sedangkan model adsorpsi Cu(II) oleh kedua adsorben mengikuti model Langmuir dibandingkan Freundlich dengan nilai  $R_L$  (faktor pemisahan) zeolit lebih kecil dibandingkan abu terbang batu bara. Hal ini menandakan bahwa kompleks adsorbat-zeolit lebih bersifat irreversibel. Dari data pH kesetimbangan terjadi peningkatan pH kesetimbangan dibandingkan pH

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



awal adsorbat dan selanjutnya menurun dengan meningkatnya konsentrasi adsorbat awal.

Parameter kinetika dapat menjelaskan kecepatan pengambilan zat terlarut (adsorbat) oleh adsorben selama waktu reaksi penjerapan. Kinetika adsorpsi oleh kedua adsorben memenuhi persamaan orde kedua semu dengan nilai  $r$  (koefisien korelasi) lebih dari 0,99 dan uji validitas diperoleh rentang bias kapasitas adsorpsi zeolit sintetis dan abu terbang batu bara adalah -1,60 sampai +1,90. Hal ini menunjukkan bahwa parameter kinetika kedua adsorben memenuhi persamaan orde kedua semu karena memiliki tingkat keakuratan yang tinggi dalam memprediksi nilai kapasitas adsorpsi optimum percobaan. Rentang nilai konstanta kecepatan adsorpsi persamaan orde ke-2 semu ( $K_2$ ) untuk adsorben zeolit sintetis dan abu terbang batu bara berturut-turut adalah 0,0109-0,0130 g/mg.menit dan 0,0660-0,0890 g/mg.menit. Dari data ini dapat diduga bahwa kemampuan interaksi abu terbang batu bara dengan adsorbat lebih cepat dibandingkan zeolit sintetis (Gupta & Bhattacharyya 2008).

Adsorpsi ion Cu meningkat dengan bertambahnya suhu percobaan dari 300-325 K. Peningkatan kapasitas adsorpsi ini disebabkan pada suhu yang lebih tinggi terjadi aktivasi sisi aktif permukaan adsorben dan peningkatan energi kinetik ion logam serta terbentuknya ion logam yang lebih kecil karena pengurangan efek hidrasi, sehingga mampu menembus lapisan pori yang lebih dalam (Fan *et al.* 2008, Inglezakis *et al.* 2004 ). Dengan ini membuktikan bahwa proses adsorpsi bersifat endotermis yang diperkuat dengan data energi entalpi adsorpsi  $\Delta H^0$  abu terbang dan zeolit sintetis bernilai positif, yaitu 38,34 KJ/mol dan 62 KJ/mol.

Perubahan nilai energi entropi adsorpsi sistem ( $\Delta S^0$ ) adsorben abu terbang batu bara dan zeolit sintetis semuanya bernilai positif yang berarti terjadi peningkatan derajat ketidakteraturan pada sistem adsorben-adsorbat, jadi ion-ion logam yang terjerap pada adsorben semakin tidak teratur (Kubilay *et al* 2007). Fenomena ini dalam sistem adsorpsi sangat menguntungkan karena dapat meningkatkan kestabilan kompleks adsorben-adsorbat. Nilai  $\Delta S^0$  adsorben abu terbang batu bara lebih kecil dibandingkan dengan zeolit sintetis. Fenomena ini menunjukkan bahwa interaksi ion logam dengan zeolit lebih kuat dibandingkan dengan abu terbang batu bara yang diperkuat dengan data optimasi, yaitu terjadinya proses desorpsi Cu(II) pada pH 2 ketika menggunakan adsorben abu terbang batu bara.

Kapasitas adsorpsi  $Cu^{2+}$  ternyata dipengaruhi oleh ion  $Mn^{2+}$  dan  $Pb^{2+}$ . Keberadaan ion tersebut dalam larutan adsorbat dapat menurunkan efisiensi dan kapasitas adsorpsi Cu(II). Interaksi adsorben dengan ion  $Pb^{2+}$  lebih tinggi dibandingkan dengan  $Mn^{2+}$ . Fenomena ini diduga karena ion Pb lebih elektropositif dibandingkan ion Mn, sehingga ion Pb lebih kuat dan mudah berinteraksi dengan sisi aktif negatif adsorben. Selain pertukaran kation, mekanisme adsorpsi ion logam juga disebabkan karena adanya pengendapan hidroksida dan pembentukan  $PbSO_4$  yang sukar larut pada permukaan atau dinding pori bagian dalam zeolit (Hui *et al* 2005). Sebagai data pendukung nilai  $K_{sp}$  ( $Mn(OH)_2$  dan  $Pb(OH)_2$ ) adalah  $4 \times 10^{-14}$  dan  $3 \times 10^{-16}$ , sehingga  $Pb^{2+}$  lebih cepat mengendap dan teradsorpsi dibandingkan ion Mn(II).

Keberadaan ion Pb maupun Mn dengan ion Cu secara bersamaan ternyata dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi secara keseluruhan, sehingga menguntungkan proses pengambilan ion logam berat.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2011  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya.*

- a. *Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah*
- b. *Pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.*



# ADSORPSI Cu(II) MENGGUNAKAN ZEOLIT SINTETIS DARI ABU TERBANG BATU BARA

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

**AHMAD ZAKARIA**

Tesis  
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister Sains pada  
Departemen Kimia

**SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2011**





Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis: Sri Sugiarti, Ph.D

Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Tesis : Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Zeolit Sintetis dari Abu Terbang Batu Bara  
Nama : Ahmad Zakaria  
NRP : G451090371

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Disetujui  
Komisi Pembimbing

Dr. Eti Rohaeti, MS  
Ketua

Dr. Irmanida Batubara, M.Si.  
Anggota

Drs. Sutisna, DEA  
Anggota

Diketahui

Ketua Program Studi Kimia

Prof. Dr. Purwantiningsih Sugita, M.S

Dekan Sekolah Pascasarjana IPB



Dr. Ir. Dahrul Syah, M.Sc.Agr.

Tanggal Ujian: 2 Agustus 2011

Tanggal Lulus : 10 AUG 2011

Bogor Agricultural University



Judul Tesis : Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Zeolit Sintetis dari Abu Terbang Batu Bara  
Nama : Ahmad Zakaria  
NRP : G451090371

Disetujui  
Komisi Pembimbing

Dr. Eti Rohaeti, MS  
Ketua

Dr. Irmanida Batubara, M.Si.  
Anggota

Drs. Sutisna, DEA  
Anggota

Diketahui

Ketua Program Studi Kimia

Dekan Sekolah Pascasarjana IPB

Prof. Dr. Purwantiningsih Sugita, M.S

Dr. Ir. Dahrul Syah, M.Sc.Agr.

Tanggal Ujian: 2 Agustus 2011

Tanggal Lulus :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan kasih sayang-Nya, sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Topik penelitian yang dipilih adalah Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Zeolit Sintetis dari Abu Terbang Batu Bara yang dilaksanakan dari bulan Januari sampai Juni 2011.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Dr. Eti Rohaeti, MS, Ibu Dr. Manida Batubara, M.Si. dan Bapak Drs. Sutisna, DEA selaku pembimbing. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Akademi Kimia Analisis Bogor yang telah memberikan bantuan dana, dan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan karya ilmiah ini. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, istri dan kedua buah hati tercinta Alam dan Ila, atas segala doa dan kasih sayangnya.

Akhir kata penulis berharap hasil penelitian dan tulisan ini dapat bermanfaat serta berguna sebagai bahan informasi dalam kemajuan ilmu pengetahuan alam dan teknologi.

Bogor, Juli 2011

*Ahmad Zakaria*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 23 Juni 1969 dari Ayah M. Supriatna dan Ibu Rd. Suhaeriah. Penulis merupakan putra kedua dari lima bersaudara. Tahun 1989 penulis lulus dari SMAN 31 Jakarta Timur, tahun 1992 lulus DIII Kimia Universitas Indonesia, dan tahun 1994 melanjutkan pendidikan kimia di Universitas Terbuka, lulus pada tahun 1996. Melalui bantuan dana dari Akademi Kimia analisis Bogor, penulis berkesempatan melanjutkan pendidikan pada program studi Kimia Sekolah Pascasarjana IPB tahun 2009.

Penulis pernah bekerja di PT Separindo Industri dan PT Roda Mas dari tahun 1994 sampai tahun 2001 dan sejak tahun 2001 sampai sekarang bekerja sebagai staf pengajar di Akademi Kimia Analisis Bogor.

### Hak Cipta Diliindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
PENDAHULUAN .....	1
Latar Belakang .....	1
Perumusan Masalah .....	3
Tujuan Penelitian .....	4
Manfaat Penelitian .....	4
Hipotesis .....	4
DAFTAR PUSTAKA .....	5
Abu Terbang Batu Bara .....	5
Zeolit .....	6
Sintesis Zeolit.....	8
Limbah Logam Berat .....	9
Adsorpsi Isotermal .....	10
Model Kinetika dan Termodinamika .....	11
BAHAN DAN METODE .....	14
Alat dan Bahan.....	14
Metode Penelitian .....	14
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
Uji Pendahuluan dan Karakterisasi .....	19
Kondisi Optimum Percobaan .....	25
Adsorpsi Isotermal .....	28
Pengaruh Waktu Kontak dan Parameter Kinetika .....	32
Pengaruh Temperatur dan Parameter Termodinamika .....	35
Pengaruh Ion Logam Asing .....	39
SIMPULAN DAN SARAN .....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	42
LAMPIRAN .....	46

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
1 Rancangan percobaan <i>respons surface central composite design</i> .....	16
2 Karakterisasi abu terbang, zeolit sintetis, dan zeolit alam Sukabumi .....	19
Intensitas relatif, puncak-puncak utama pada 2 $\emptyset$ dan tipe produk .....	22
Persen efisiensi adsorpsi abu terbang dan zeolit sintetis pada ragam waktu, pH, dan bobot adsorben .....	25
Persen efisiensi dan kapasitas adsorpsi serta pH akhir .....	29
Perbandingan konstanta laju orde pertama dan kedua serta nilai $q_e$ prediksi dan percobaan .....	34
Parameter termodinamika adsorpsi Cu(II) oleh abu terbang batu bara dan zeolit sintetis .....	38
Pengaruh ion asing terhadap efisiensi adsorpsi Cu(II) oleh adsorben abu terbang batu bara dan zeolit sintetis .....	40

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
1 Kerangka struktur zeolit .....	7
2 Difraktogram zeolit sintetis dan abu terbang batu bara .....	21
Morfologi permukaan abu terbang perbesaran 1000x .....	23
Morfologi permukaan abu terbang perbesaran 20000x .....	23
Morfologi permukaan zeolit sintetis perbesaran 1000x .....	24
Morfologi permukaan zeolit sintetis perbesaran 25000x .....	24
Kontur plot persen efisiensi adsorpsi Cu(II) oleh abu terbang batu bara pada ragam waktu, pH, dan bobot adsorben .....	27

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

8	Kontur plot persen efisiensi adsorpsi Cu(II) oleh zeolit sintetis pada ragam waktu, pH, dan bobot adsorben .....	28
9	Hubungan persen efisiensi adsorpsi terhadap konsentrasi awal adsorbat ....	30
10	Hubungan kapasitas adsorpsi terhadap konsentrasi awal adsorbat Cu(II)....	30
11	Hubungan konsentrasi adsorbat dalam fase larutan dengan adsorbat dalam fase padatan pada kondisi kesetimbangan model Langmuir .....	31
	Hubungan konsentrasi adsorbat dalam fase larutan dengan adsorbat dalam fase padatan pada kondisi kesetimbangan model Freundlich .....	31
	Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi .....	33
	Hubungan kapasitas adsorpsi abu terbang batu bara terhadap waktu pada konsentrasi adsorbat 8 mg/L untuk model kinetika orde 1 dan 2 semu .....	33
	Hubungan kapasitas adsorpsi zeolit sintetis terhadap waktu pada konsentrasi 80 mg/L untuk model kinetika orde 1 dan 2 semu .....	34
	Pengaruh suhu terhadap kapasitas adsorpsi Cu(II) oleh abu terbang batu bara pada pH 5,5 .....	36
	Pengaruh suhu terhadap kapasitas adsorpsi Cu(II) oleh zeolit sintetis .....	37
	Plot Van't Hoff adsorpsi Cu(II) 12 mg/L oleh abu terbang batu bara .....	37

### DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Diagram alir percobaan .....	47
Prosedur penetapan kadar air, daya serap terhadap iodin, dan kapasitas tukar kation.....	48
Pembuatan adsorbat dan pelarut.....	49
<i>Data base</i> difraktogram abu terbang batu bara .....	50
<i>Data base</i> difraktogram zeolit sintetis sodium alumina silikat.....	51
Derajat kristalinitas abu terbang batu bara.....	52





7	Derajat kristalinitas zeolit sintetis .....	53
8	Komposisi abu terbang batu bara .....	54
9	Komposisi zeolit sintetis .....	55
10	Perhitungan desorpsi Cu(II) pada abu terbang batu bara .....	56
	Kontur permukaan abu terbang batu bara pada uji optimasi.....	57
	Kontur permukaan zeolit sintetis pada uji optimasi.....	58
	Perhitungan persen efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi .....	59
	Adsorpsi isotermal Langmuir dan Freundlich abu terbang batu bara .....	60
	Adsorpsi isotermal Langmuir dan Freundlich zeolit sintetis .....	61
	Kinetika adsorpsi Cu(II) oleh abu terbang batu bara .....	62
	Kinetika adsorpsi Cu(II) oleh zeolit sintetis.....	63
	Persamaan regresi linear laju adsorpsi Cu(II) oleh abu terbang dan zeolit...	64
	Parameter termodinamika abu terbang batu bara dan zeolit sintetis.....	65
	Pengaruh ion sekutu terhadap kapasitas adsorpsi .....	66

 Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.