

# Pemanfaatan Zeolit 4A yang Disintesa dari *Fly Ash* Sawit sebagai Adsorben Logam Fe

Zultiniar, Ida Zahrina, Siti Aima

Laboratorium Produk  
Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293  
Email: zultiniar.yar@gmail.com

## Abstract

Zeolite 4A has the potential absorption of heavy metals Fe. It synthesized from fly ash of palm, reactant materials used in the synthesis of zeolite 4A is the sodium silicate and sodium aluminate. Sodium silicate solution made from fly ash melt 25 grams of oil and 62,5 g NaOH dried at a temperature of 500 °C for 5 hours. The method that being used in the Fe metal adsorption process is a batch method. This research begins with the equilibrium curve to determine the optimum contact time. Analysis of adsorption results performed by AAS. The parameters used in this research is the first concentration of 100 ppm, the stirring speed of 150 rpm, a dose of 1 gram of zeolite 4A, the variation in pH of the solution (4, 5, 6, 7 and 8) and the temperature (30, 40, 50, 60 and 70 °C). The results showed that the time to achieve the equilibrium state in 4 hours, with the highest percentage of Fe absorbed 98,0% at pH 6 and room temperature ( $\approx 30$  °C).

*Key words:* AAS, absorption, fly ash, metallic Fe, Zeolite 4A.

## 1. Pendahuluan

Adsorpsi adalah proses penjerapan molekul (gas atau cair) oleh permukaan (padatan). Definisi tersebut digunakan untuk menjelaskan terjadinya akumulasi molekul-molekul gas pada permukaan padatan. Adsorpsi dapat terjadi karena interaksi gaya elektrostatis atau *van der Waals* antar molekul (*physisorption*/ fisisorpsi) maupun oleh adanya interaksi kimiawi antar molekul (*chemisorption*/ kimisorpsi) (Aji, 2009).

Semakin pesatnya aktivitas perindustrian dewasa ini, berbagai jenis limbah organik dan limbah logam berat yang dihasilkan dapat menjadi permasalahan serius bagi kesehatan dan lingkungan. Limbah logam berat Fe, yang merupakan limbah berbahaya, yang banyak terdapat berasal dari industri pencucian batubara dan industri lain yang menggunakan bahan baku batubara. Besi terdapat di alam dalam dua bentuk, yaitu Fe(II) dan Fe(III).

Dalam proses pencucian industri batubara, volume dan kapasitas yang sangat besar sehingga berpotensi menghasilkan limbah dalam volume yang banyak pula. Limbah cair ini banyak mengandung senyawa Fe. Untuk itu dilakukan tindakan pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 tahun 2003 (KepMen Lingkungan Hidup No. 113, 2003).

Berbagai usaha telah dilakukan untuk menurunkan konsentrasi logam terlarut, terutama logam-logam berat dalam lingkungan perairan. Teknologi yang ada pada saat ini dalam usaha tersebut diantaranya ekstraksi fluida pada kondisi superkritikal, bioremediasi dan oksidasi dengan *oxidizing agent*. Akan tetapi, untuk menjalankan teknologi-teknologi tersebut membutuhkan biaya yang cukup tinggi. Metode lain yang berkembang pesat pada saat ini adalah adsorpsi, karena selain mudah dilakukan, efektivitasnya tinggi dan biaya yang diperlukan juga rendah. Adsorben yang paling umum dipakai adalah karbon aktif, alumina, silika gel dan zeolit (Sriyanti dan Taslimah, 2003).

Beberapa peneliti terdahulu juga telah melakukan penelitian mengenai upaya mengurangi atau bahkan menghilangkan logam berat berbahaya dari limbah pada perairan. Andreas dan Ali (2004) melakukan penelitian mengenai penurunan kadar besi oleh zeolit alam ponorogo secara kontinyu, diperoleh kondisi optimum dengan ukuran partikel 40 mesh dan waktu kontak selama 31 jam. Pada tahun 2005 Karthikeyan dkk melakukan studi adsorpsi besi(III) oleh *chitin*, diperoleh kondisi optimum pada ukuran partikel 0,21 mm, waktu 8 menit dan dosis adsorben 10 mg/l. Suci dan Nurul (2010) melakukan penelitian mengenai adsorpsi ion logam Zn(II) pada zeolit A dengan metode batch, kondisi optimum diperoleh pada pH 6 dan temperatur 32 °C, jumlah zeolit yang digunakan

sebanyak 1 gr dalam 100 ml adsorbat dengan konsentrasi 500 mg/l. Kemudian Rahayu dan Hardiyati (2007) tentang Uji Kemampuan Zeolit dalam Menyisihkan Logam Fe pada Limbah Cair yang Tercampur Minyak Goreng Bekas, kondisi optimum diperoleh pada ukuran partikel 20-40 mesh dengan dosis zeolit 8 g/l yang mampu menurunkan kadar Fe hingga 73,59% pada metode *batch* dan 86,67% pada metode kontinyu.

Zeolit merupakan salah satu adsorben yang sering digunakan dalam menyisihkan logam berat karena mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul. Mekanisme adsorpsi yang mungkin terjadi pada zeolit adalah adsorpsi fisika yang melibatkan gaya Van der Waals, adsorpsi kimia yang melibatkan gaya elektrostatik, ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi (Andreas dan Ali, 2004).

Zeolit 4A memiliki kapasitas tukar ion yang lebih besar dibandingkan dengan tipe zeolit yang lain. Sehingga adsorben zeolit 4A ini diharapkan dapat menghilangkan logam berat seperti besi yang terkandung dalam limbah perairan. Kemampuan zeolit dalam menyerap logam Fe dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya yaitu waktu kontak, ukuran partikel, jumlah zeolit, konsentrasi larutan Fe, temperatur dan pH baik pada proses adsorpsi maupun proses aktivasi zeolit itu sendiri (Rahayu dan Hardiyati, 2007).

Dalam penelitian ini dipelajari proses adsorpsi logam Fe menggunakan zeolit 4A dari abu layang (*fly ash*) sawit. Hal ini merupakan upaya dalam mengurangi konsentrasi logam Fe pada perairan.

Pada penelitian ini tujuan yang ingin dicapai adalah melihat kemampuan zeolit 4a untuk menyerap logam Fe dan mendapatkan data kesetimbangan serta pengaruh temperatur dan pH terhadap proses adsorpsi logam Fe(II) oleh zeolit 4A yang disintesa dari abu layang sawit (*fly ash*).

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *fly ash* sawit, padatan NaOH, padatan  $Al(OH)_3$ , aquades, larutan  $HNO_3$  2%, larutan NaOH 1M, dan larutan standar Fe(II) 1000 ppm.

### 2.2. Alat – alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace*, oven, *screen* (200 mesh), *hot plate*, cawan petri, satu set alat pengaduk magnetic, *stop watch*, pH meter, timbangan analitik, pompa vakum, *beaker glass*, *thermometer*, kertas saring, pipet gondok, labu ukur dan satu set alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

### 2.3. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan yaitu kecepatan pengadukan 150 rpm, volume

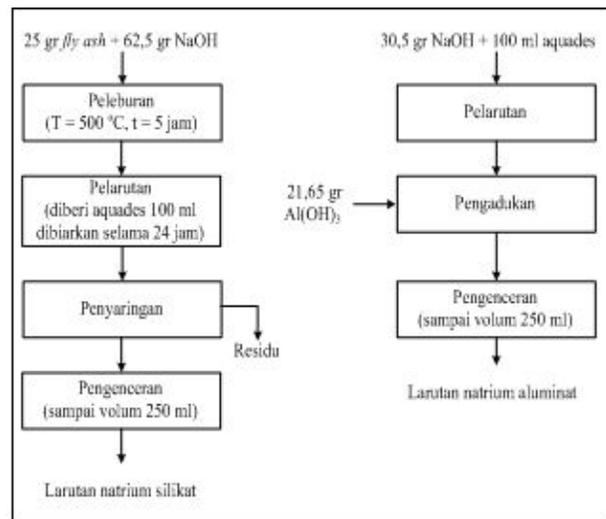
adsorbat 100 ml dengan konsentrasi Fe(II) 100 ppm dan jumlah zeolit 4A 1 gram. Sedangkan variabel berubahnya yaitu pH (4, 5, 6, 7 dan 8), temperatur (30, 40, 50, 60 dan 70 °C), dan waktu kontak (0, 1, 2, 3, 4, dan 5 jam).

## 2.4. Prosedur Penelitian

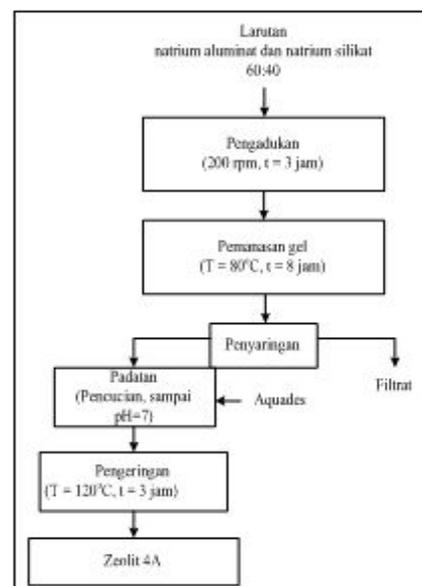
### Proses pembuatan Zeolit 4A

#### Pembuatan Reaktan

Bahan reaktan yang digunakan dalam sintesis zeolit 4A adalah natrium silikat dan natrium aluminat. Tahapan pembuatan diringkaskan dalam bentuk blok diagram seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Blok Diagram Pembuatan Larutan Natrium Silikat dan Natrium Aluminat (Suchi, 2011)



**Gambar 2.** Blok Diagram Tahapan Sintesis Zeolit 4A (Suchi, 2011)

*Proses Sintesis Zeolit 4A*

Tahapan sintesis zeolit 4A diringkaskan dalam bentuk blok diagram seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.

*Proses Adsorpsi Logam Fe*

Proses adsorpsi dilakukan secara batch. Rangkaian penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses adsorpsi dilakukan secara batch, yaitu dengan mencampurkan 1 gram adsorben pada 100 ml larutan Fe(II) dengan konsentrasi 100 ppm yang telah diatur pH dan temperaturnya sesuai dengan variabel yang telah ditetapkan.
2. Larutan tersebut diaduk dengan kecepatan 150 rpm. Pengambilan sampel dilakukan sesaat sebelum proses pengontakan dan pada waktu kesetimbangan.
3. Hitung % Effisiensi dengan rumus :

$$\% \text{ Effisiensi} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100$$

Keterangan :

- $C_e$  = Konsentrasi Fe setelah penjerapan
- $C_o$  = Konsentrasi Fe sebelum penjerapan

*Analisa Hasil*

Untuk menganalisa kadar Fe pada larutan yang telah diadsorpsi dengan zeolit 4A, Sampel disaring untuk memisahkan zeolit 4A dari larutan menggunakan kertas saring, lalu filtrat dianalisa dengan menggunakan SSA pada panjang gelombang 248,3 nm untuk Fe (SNI 06-6989.4-2004).

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Hasil Analisis Difraksi Sinar X pada Sintesis Zeolit 4A**

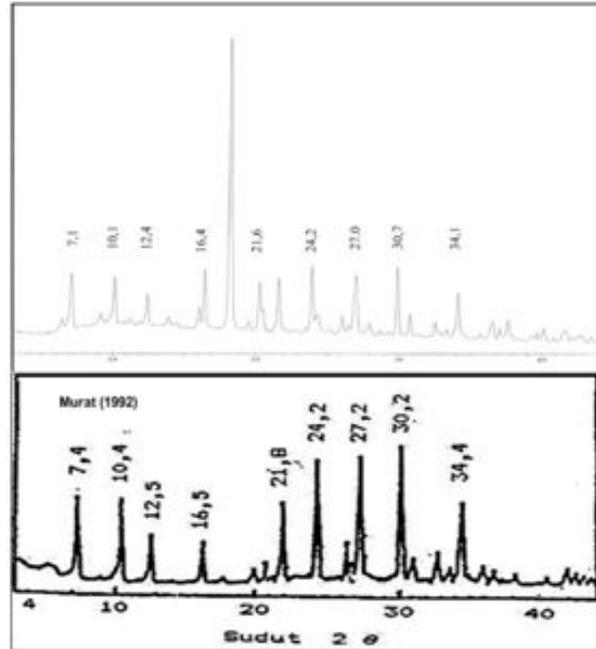
Untuk menguji kebenaran hasil sintesis dari penelitian ini, dilakukan dengan cara membandingkan pola difraksi zeolit 4A dengan hasil penelitian Murat, dkk (1992). Pola difraksi zeolit 4A produk hasil sintesis dengan pola difraksi standar zeolit 4A Murat, dkk (1992) di tampilkan pada Gambar 3.

Dengan membandingkan nilai  $2\theta$  dan nilai  $d$  (Å) zeolit hasil sintesis dengan zeolit 4A Murat (1992), maka dapat disimpulkan bahwa zeolit hasil sintesis pada penelitian ini merupakan zeolit 4A.

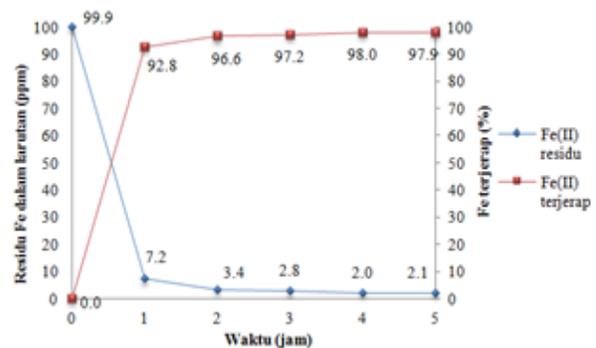
Kurva kesetimbangan diperlukan untuk menentukan waktu kontak optimum yang akan digunakan pada proses adsorpsi untuk menentukan kondisi operasi lainnya yang divariasikan pada penelitian ini yaitu pH dan temperatur. Dari hasil pengukuran menggunakan AAS diperoleh kurva kesetimbangan seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi Fe(II) pada larutan yang sangat cepat pada waktu 1 jam pertama. Sedangkan pada jam berikutnya proses adsorpsi Fe(II) oleh zeolit berlangsung sangat lambat hingga konsentrasi Fe(II) tidak berubah lagi setelah 4 jam proses adsorpsi. Menurut Suci dan Nurul (2010), hal ini terjadi karena berkaitan dengan faktanya bahwa pada

awalnya banyak sisi adsorben yang kosong sehingga kecenderungan larutan untuk terserap ke adsorben sangat tinggi dengan bertambahnya waktu kontak hingga tercapai waktu kesetimbangan.



**Gambar 3.** Perbandingan Produk Hasil Sintesis dan Zeolit 4A Standar (Murat, dkk, 1992)

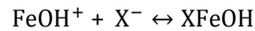


**Gambar 4.** Kurva Kesetimbangan Adsorpsi Fe(II) pada Zeolit 4A

**3.2. Pengaruh pH dan Temperatur**

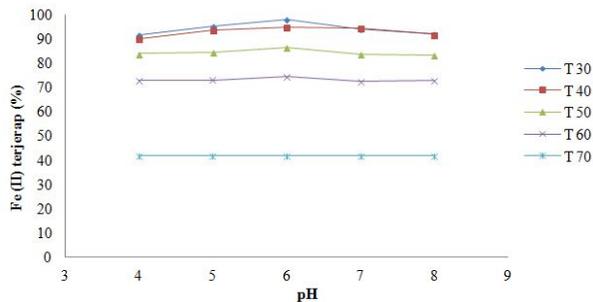
Pada umumnya penjerapan logam meningkat dengan naiknya pH. Dari Gambar 5 terlihat bahwa Fe(II) terjerap cenderung meningkat dari pH 4-6 dan cenderung menurun setelah pH 6-8 pada tiap temperatur operasi yang berbeda terutama pada temperatur rendah. Sedangkan pada temperatur tinggi (70 °C), pengaruh pH tidak terlihat jelas karena perubahan yang terjadi sangat kecil.

Menurut Basta dan Tabatabai (1992), fenomena pengaruh pH ini dapat dijelaskan menggunakan mekanisme adsorpsi hidrolisis mengikuti persamaan reaksi sebagai berikut:



Dengan  $\text{X}^-$  adalah yang mewakili permukaan adsorben, dalam hal ini yaitu zeolit 4A.

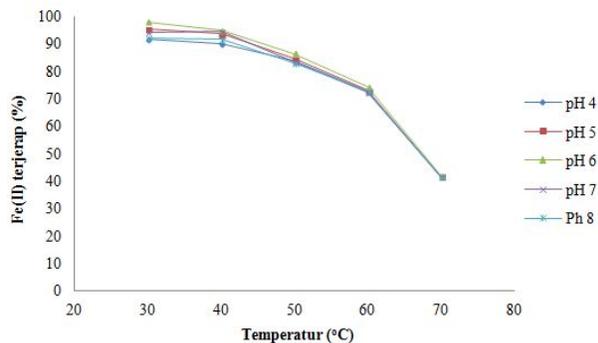
Pada pH 4-6 adsorpsi zeolit 4A terhadap logam Fe(II) semakin besar, hal ini disebabkan pada kondisi tersebut ion  $\text{H}^+$  semakin berkurang dan kesetimbangan bergeser ke arah kanan sesuai dengan azas Le Chatelier yaitu apabila pada suatu sistem kesetimbangan, salah satu dikurangi maka kesetimbangan bergeser ke arah zat yang dikurangi tersebut. Dengan adanya pergeseran kesetimbangan tersebut, maka  $\text{FeOH}^+$  akan bertambah yang menyebabkan daya serap zeolit 4A terhadap logam Fe(II) semakin besar. Sedangkan pada pH 6-8 terjadi penurunan kapasitas adsorpsi, hal ini disebabkan ion  $\text{OH}^-$  yang terlalu banyak dalam larutan tidak mampu diikat oleh logam  $\text{Fe}^{2+}$ , sehingga masih banyak ion  $\text{OH}^-$  bebas di dalam larutan yang menyebabkan terjadinya kompetisi antara  $\text{OH}^-$  bebas dengan permukaan adsorben  $\text{X}^-$  untuk berikatan dengan  $\text{FeOH}^+$ . Oleh karena itu, selain terjadinya ikatan antara  $\text{FeOH}^+$  dengan permukaan adsorben  $\text{X}^-$  yang ditunjukkan pada persamaan reaksi di atas juga terjadi reaksi samping antara  $\text{FeOH}^+$  dengan ion  $\text{OH}^-$  bebas membentuk endapan  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ .



Gambar 5. Pengaruh pH terhadap Fe(II) Terjerap

### 3.3. Pengaruh Temperatur terhadap Fe(II) Terjerap

Untuk melihat pengaruh perubahan temperatur terhadap proses adsorpsi logam Fe(II) oleh zeolit 4A, maka dari data pada Gambar 5 disajikan dalam bentuk hubungan temperatur terhadap Fe(II) terjerap pada pH yang berbeda seperti yang ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh Temperatur terhadap Fe(II) Terjerap

Dari Gambar 6 terlihat bahwa kemampuan adsorpsi logam Fe(II) oleh zeolit 4A yang di sintesis dari *fly ash* sawit cenderung menurun seiring meningkatnya temperatur operasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi logam Fe(II) oleh zeolit 4A paling baik dilakukan pada temperatur ruang ( $\approx 30^\circ\text{C}$ ). Sedangkan pada temperatur tinggi proses adsorpsi tidak berlangsung dengan baik, hal ini terjadi karena terjadi desorpsi, yaitu pelepasan kembali ion yang sudah menempel pada permukaan adsorben. Proses pelepasan ion yang telah menempel pada permukaan zeolit pada proses adsorpsi, kemungkinan hal ini dapat terjadi karena pada proses ini terjadi proses adsorpsi fisika, yaitu dengan meningkatnya temperatur, maka ion yang sudah menempel dapat lepas kembali sehingga akan menurunkan daya jerap zeolit 4A terhadap logam Fe. Kondisi ini sesuai dengan Alberty dan Daniels (1983) yang menyatakan bahwa adsorpsi akan lebih cepat berlangsung pada suhu rendah.

## 4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan penelitian mengenai adsorpsi logam Fe(II) oleh zeolit 4A yang disintesis dari *fly ash* sawit dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Waktu tercapainya kondisi kesetimbangan oleh zeolit 4A yang disintesis dari *fly ash* sawit sebanyak 1 gram dalam menyerap logam Fe(II) dengan konsentrasi 100 ppm yaitu selama 4 jam.
2. Logam Fe(II) yang terjerap paling banyak yaitu pada kondisi operasi pH 6 dan temperatur ruang ( $\approx 30^\circ\text{C}$ ) yaitu sebesar 98.0%.
3. Daya adsorpsi zeolit 4A terhadap logam Fe(II) meningkat pada pH 4-6 dan menurun pada pH 6-8.
4. Meningkatnya temperatur menyebabkan penurunan daya adsorpsi zeolit 4A terhadap logam Fe(II).

## Daftar Pustaka

- Alberty, R.A., and Daniels, F., 1983, "Physical Chemistry", John Wiley and Amp Sons, New York.
- Andreas, D.P., dan Ali, M., 2004, "Penurunan Kadar Besi oleh Media Zeolit Alam Ponorogo secara Kontinu", *Skripsi*, ITS.
- Aji, Barito Sabani. 2009. Adsorpsi Zeolit Terhadap Nikel(II). Yogyakarta: SMTI.
- Basta, N.T., and Tabatabai, M.A., 1992, "Effect of Cropping Systems on Adsorption of Metal by Soil", edisi ke 2, *J. Soil Sci*, USA
- Kepmen Lingkungan Hidup No. 113, 2003. Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pertambangan Batubara.
- Karthikeyan, G., Andal, N.M., and Anbalagan, K., 2005, "Adsorption Studies of Iron(III) on Chitin", *J. Chem. Sci*, Department of Chemistry, Gandhi-

- gram Rural Institute Deemed University, Gandhigram, India.
- Murat, M., Amokrane, A., Bastide, J.P., and Montanaro, L., 1992, "Synthesis of zeolites from thermally activated kaolinite some observations on nucleation and growth".
- Suci, W., dan Nurul, W., 2009, "Adsorpsi Ion Logam Zn(II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT IPMOMI PAITON Dengan Metode *Batch*", <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-9876-Paper.pdf>, 3 Januari 2011.
- Suchi, A., 2011, "Sintesis Zeolit 4A dari *Fly Ash* Sawit dengan Variasi Lama Pengadukan dan Temperatur Pemanasan Gel", *Skripsi*, Universitas Riau.
- Sriyanti dan Taslimah., 2003, "Kinetika Adsorpsi Besi(III) dalam Medium Air pada Zeolit Alam Termodifikasi 2-merkaptobenzotiasol", *Skripsi*, Universitas Diponegoro.