

**STUDI PENYERAPAN ION  $Pb^{2+}$  OLEH ZEOLIT 4A YANG  
DISINTESIS DARI ABU TERBANG**

**SKRIPSI**

***Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains***



**Oleh:**

**ADZANAL MAGHRIBHI**

**2006-73301**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2012**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**Judul** : Studi Penyerapan Ion  $Pb^{2+}$  oleh Zeolit 4A yang Disintesis dari Abu Terbang  
**Nama** : Adzanal Maghribhi  
**NIM/BP** : 73301/2006  
**Program Studi** : Kimia  
**Jurusan** : Kimia  
**Fakultas** : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 2 Agustus 2012

Disetujui Oleh

Pembimbing I



Drs. Bahrizal, M.Si  
NIP. 19551231 198903 1 009

Pembimbing II



Yermadesi, S.Pd, M.Si  
NIP. 19740917 200312 2 001

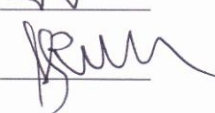
PENGESAHAN

Dinyatakan Lulus setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Kimia Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Judul : Studi Penyerapan Ion  $Pb^{2+}$  oleh Zeolit 4A yang Disintesis  
dari Abu Terbang  
Nama : Adzanal Maghribhi  
NIM/BP : 73301/2006  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 2 Agustus 2012

Tim Penguji

|               | Nama                     | Tanda Tangan                                                                          |
|---------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ketua      | : Drs. Bahrizal, M.Si    |  |
| 2. Sekretaris | : Yerimadesi, S.Pd, M.Si |  |
| 3. Anggota    | : Drs. Zul Afkar, M.S    |  |
| 4. Anggota    | : Dr. Mawardi, M.Si      |  |
| 5. Anggota    | : Dra. Andromeda, M.Si   |  |

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 2 Agustus 2012

Yang menyatakan,

Adzanal Maghribhi

## ABSTRAK

**Adzanal Maghribhi (73301) : Studi Penyerapan Ion  $Pb^{2+}$  oleh Zeolit 4A yang Disintesis dari Abu Terbang**

Salah satu pemanfaatan abu terbang adalah untuk sintesis zeolit 4A  $[Na_{12}(SiO_2)_{12}(AlO_2)_{12} \cdot 27H_2O]$ . Zeolit 4A banyak disintesis karena zeolit 4A mempunyai banyak kegunaan, diantaranya: sebagai bahan pengisi deterjen pengganti tripolipospat, penyerapan ion dalam limbah cair yang mengandung ion-ion logam berbahaya, katalis, penyerap molekul gas kecil seperti  $H_2S$ ,  $CO_2$ , dan gas lainnya. Penelitian dilakukan dengan tujuan menentukan pH dan konsentrasi optimum pertukaran ion  $Pb^{2+}$  oleh zeolit 4A yang disintesis dari natrium silikat hasil sintesis dari abu terbang. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium. Pada penelitian ini telah dilakukan uji kapasitas pertukaran ion  $Pb^{2+}$  oleh zeolit 4A dengan variabel pH yaitu 4,8, 5,0, 5,2, 5,4 dan 5,6; serta variabel konsentrasi yaitu 40, 45, 50, 55, 60 dan 65 ppm. Konsentrasi  $Pb^{2+}$  yang terserap dihitung dari selisih konsentrasi awal  $Pb^{2+}$  sebelum pertukaran dengan konsentrasi  $Pb^{2+}$  sisa (hasil pengukuran). Pengukuran konsentrasi  $Pb^{2+}$  sisa dilakukan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom pada panjang gelombang 283,3 nm. Dari uji kapasitas pertukaran ion  $Pb^{2+}$  oleh zeolit 4A dengan variabel pH dan konsentrasi awal  $Pb^{2+}$  diperoleh bahwa kapasitas pertukaran ion  $Pb^{2+}$  maksimal pada pH 5,4 yaitu sebesar 14,7511 mg/g zeolit. Kapasitas pertukaran ion  $Pb^{2+}$  maksimal pada konsentrasi awal  $Pb^{2+}$  yaitu 15.6438 mg/g zeolit.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam buat Rasulullah Muhammad SAW, juga buat keluarga, sahabat, dan umatnya yang senantiasa mengikutinya dengan baik hingga akhir zaman. Skripsi ini berjudul ***“Studi Penyerapan Ion Pb<sup>2+</sup> oleh Zeolit 4A yang Disintesis dari Abu Terbang”***. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Strata Satu Mahasiswa Jurusan Kimia, Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Bahrizal, M.Si, sebagai Pembimbing I sekaligus Penasehat Akademik.
2. Ibu Yermadesi, S.Pd, M.Si, sebagai Pembimbing II.
3. Bapak Drs. Zul Afkar, M.S, Bapak Dr. Mawardi, M.Si dan Ibu Dra. Andromeda, M.Si selaku dosen penguji.
4. Ibu Dra. Andromeda, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Dr. Budhi Oktavia, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.

6. Bapak dan Ibu Staf pengajar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.

7. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA UNP serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.

Akhirnya demi kesempurnaan tulisan ini, penulis dengan segala kerendahan hati akan selalu membuka diri dalam menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan dimasa datang. Semoga skripsi ini dapat dimanfaatkan terutama bagi pengembangan penelitian dan sarana informasi ilmiah.

Padang, Agustus 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                                        | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                                   | i       |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                            | ii      |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                                | iv      |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                              | vi      |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                             | vii     |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                                           | viii    |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                                           |         |
| A. Latar Belakang .....                                                                | 1       |
| B. Perumusan Masalah .....                                                             | 3       |
| C. Pembatasan Masalah .....                                                            | 3       |
| D. Tujuan Penelitian .....                                                             | 4       |
| E. Manfaat Penelitian .....                                                            | 4       |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                                                     |         |
| A. Penyerapan (Adsorpsi) .....                                                         | 5       |
| B. Abu Terbang Batubara .....                                                          | 6       |
| C. Silikat .....                                                                       | 8       |
| D. Zeolit .....                                                                        | 10      |
| E. Zeolit 4A .....                                                                     | 15      |
| F. Logam Timbal (Pb) .....                                                             | 18      |
| G. Spektrofotometer Serapan Atom .....                                                 | 19      |
| <br><b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>                                               |         |
| A. Jenis, Waktu, dan Tempat Penelitian .....                                           | 23      |
| B. Variabel Penelitian .....                                                           | 23      |
| C. Alat dan Bahan .....                                                                | 23      |
| D. Metoda .....                                                                        | 24      |
| <br><b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                                                 |         |
| A. Kapasitas Serapanan ion Pb <sup>2+</sup> oleh zeolite 4A dengan Variasi<br>pH ..... | 27      |



|                                                                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| B. Kapasitas Pertukaran ion $\text{Pb}^{2+}$ oleh zeolite 4A dengan Variasi<br>Konsentrasi Awal $\text{Pb}^{2+}$ ..... | 29        |
| <b>BAB V    KESIMPULAN DAN SARAN</b>                                                                                   |           |
| A. Kesimpulan .....                                                                                                    | 35        |
| B. Saran .....                                                                                                         | 35        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                                                                            | <b>37</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                                                                                                        |           |

## DAFTAR TABEL

| <b>Tabel</b>                                                                                                               | <b>Halaman</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1. Komposisi Kimia Abu Terbang PLTU Sijantang .....                                                                        | 7              |
| 2. Komposisi Mineral Batubara .....                                                                                        | 8              |
| 3. Perbandingan Jumlah Larutan Asam Asetat 0,2 M dengan Larutan<br>Natrium Asetat 0.2 M pada Pembuatan Buffer Asetat ..... | 25             |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                                                                                        | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Struktur Kerangka Zeolit .....                                                                                             | 10      |
| 2. Unit $\text{TO}_4$ dalam Zeolit.....                                                                                       | 11      |
| 3. Kerangka Pembangun Sekunder dari Zeolit .....                                                                              | 11      |
| 4. Sodalit .....                                                                                                              | 12      |
| 5. Proses Pembentukan Kerangka Sodalit, Zeolit 4A, dan Faujasit dari<br>Gabungan Polihedral Sodalit .....                     | 12      |
| 6. Spekta Inframerah Zeolit 4A Hasil Sintesis .....                                                                           | 17      |
| 7. Difraktogram Sinar-X dari Zeolit Hasil Sintesis .....                                                                      | 17      |
| 8. Skema Peralatan SSA .....                                                                                                  | 20      |
| 9. Diagram Skematik Lampu Katoda Berongga .....                                                                               | 21      |
| 10. Instrumentasi Sumber Atomisasi .....                                                                                      | 22      |
| 11. Grafik Kapasitas Pertukaran Ion $\text{Pb}^{2+}$ oleh Zeolit 4A dengan Variasi<br>pH .....                                | 27      |
| 12. Grafik Kapasitas Pertukaran Ion $\text{Pb}^{2+}$ oleh Zeolit 4A dengan Variasi<br>Konsentrasi Awal $\text{Pb}^{2+}$ ..... | 29      |
| 13. Spektrum Inframerah Zeolit 4A Hasil Sintesis .....                                                                        | 31      |
| 14. Spektrum Inframerah Zeolit 4A Standar .....                                                                               | 32      |
| 15. Difraktogram Sinar-X dari Zeolit Hasil Sintesis .....                                                                     | 33      |
| 16. Pola Difraksi Zeolit 4A Standar .....                                                                                     | 33      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran                                                                                                                              | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Skema Kerja Penentuan Kemampuan Serapan Ion $\text{Pb}^{2+}$ oleh Zeolit 4A dengan Variasi pH .....                                | 39      |
| 2. Skema Kerja Penentuan Kemampuan Serapan Ion $\text{Pb}^{2+}$ oleh Zeolit 4A dengan Variasi Konsentrasi Awal $\text{Pb}^{2+}$ ..... | 40      |
| 3. Kapasitas Serapan Ion $\text{Pb}^{2+}$ oleh Zeolit 4A dengan Variasi pH .....                                                      | 41      |
| 4. Kapasitas Serapan Ion $\text{Pb}^{2+}$ oleh Zeolit 4A dengan Variasi Konsentrasi Awal $\text{Pb}^{2+}$ .....                       | 42      |
| 5. Perbandingan Jumlah Larutan Asam Asetat 0,2 M dengan Larutan Natrium Asetat 0.2 M pada Pembuatan Buffer Asetat .....               | 43      |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Salah satu pemanfaatan abu terbang adalah untuk sintesis zeolit 4A  $[\text{Na}_{12}(\text{SiO}_2)_{12}(\text{AlO}_2)_{12} \cdot 27\text{H}_2\text{O}]$ . Zeolit 4A banyak disintesis karena zeolit 4A mempunyai banyak kegunaan, diantaranya: sebagai bahan pengisi deterjen pengganti tripolipospat, penukar ion dalam limbah cair yang mengandung ion-ion logam berbahaya (Shih, 1996), katalis, dan penyerap molekul gas kecil seperti  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ , dan gas lainnya (Breck, 1983). Aini (2002) telah mensintesis zeolit 4A dari abu terbang PLTU Sijantang. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa zeolit yang disintesis belum murni, ditandai dengan warna zeolit yang dihasilkan masih berwarna abu-abu, tingkat kristalinitas zeolit 4A rendah, dan masih rendahnya rasio pita serapan infra-merah pada bilangan gelombang  $530/430 \text{ cm}^{-1}$ , yaitu 54%. Hal ini diduga disebabkan oleh zeolit 4A yang dihasilkan masih mengandung oksida logam pengotor seperti  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Keberadaan oksida  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam abu terbang sebelum digunakan untuk mensintesis zeolit 4A dapat dihilangkan dengan melarutkan abu terbang dalam asam anorganik seperti  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ , dan campuran  $\text{HNO}_3$  dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Campuran  $\text{HNO}_3$  dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dapat melarutkan sebagian  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , tetapi tidak melarutkan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Apabila dalam zeolit 4A yang dihasilkan terdapat ion  $\text{Ca}^{2+}$ , maka diperkirakan kapasitas serapan ion dari zeolit akan berkurang, karena sebelum rongga zeolit 4A sempat diisi oleh ion-ion logam

lainnya seperti  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , dan lain-lain, ion  $\text{Ca}^{2+}$  akan lebih dahulu menempati rongga zeolit.

Aini dan Bahrizal (2008) melaporkan bahwa; a) penggunaan pelarut  $\text{HNO}_3$  pada abu terbang mampu melarutkan oksida besi sebanyak 77%, serta menghasilkan  $\text{SiO}_2$  62,98%. Hal ini disebabkan oleh besi, kalsium, dan magnesium berada dalam keadaan mineral sukar larut, serta  $\text{HNO}_3$  tidak mampu melarutkan semua senyawa organik atau grafit yang terdapat dalam abu terbang, b) kualitas zeolit 4A dari abu terbang sesudah dilarutkan dengan  $\text{HNO}_3$  lebih baik daripada zeolit 4A dari abu terbang tanpa dilarutkan dengan  $\text{HNO}_3$ . Tingkat kristalinitas zeolit 4A meningkat dari 54% menjadi 78% yang dilihat pada rasio pita serapan infra-merah pada bilangan gelombang  $530/430 \text{ cm}^{-1}$ . Dengan tingginya tingkat kristalinitas dan sedikitnya jumlah ion  $\text{Ca}^{2+}$  dalam zeolit 4A, maka secara teoritis kapasitas serapan ion zeolit akan tinggi.

Penelitian tentang kapasitas penukar ion  $\text{Pb}^{2+}$  murni oleh zeolit 4A yang telah disintesis dari abu terbang telah dilakukan oleh Dona (2003). Dona menggunakan zeolit 4A yang disintesis dari abu terbang yang telah didekomposisi dengan  $\text{HNO}_3$  dengan tingkat kristalinitas 78%. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan kapasitas penukar ion  $\text{Pb}^{2+}$  oleh zeolit 4A hasil sintesis sebesar 13,99 mg/g zeolit. Kristianto (2005) juga telah melakukan penelitian tentang zeolit 4A sebagai penukar ion  $\text{Pb}^{2+}$  pada air limbah Laboratorium Kimia FMIPA UNP dengan menggunakan zeolit 4A yang telah disintesis sebelumnya oleh Hadi Saputra. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan temperatur optimum sebesar  $90^\circ\text{C}$  dengan kapasitas pertukaran ion sebesar 0,048223 mg  $\text{Pb}^{2+}$ /g zeolit dan

waktu kontak optimum 5 menit. Sementara itu, Hilma (2010) telah mensintesis zeolit 4A dari abu terbang PLTU Sijantang yang telah didekomposisi dengan aquaregia. Abu terbang terlebih dahulu disintesis menjadi natrium silikat, kemudian baru pembentukan zeolit 4A dari larutan aluminat dan larutan natrium silikat hasil pelarutan. Dari hasil penelitian tersebut didapat temperatur optimum sintesis natrium silikat yang menghasilkan % berat  $\text{SiO}_2$  terbesar yang menjadi bahan dasar dalam pembuatan zeolit 4A yaitu  $150^\circ\text{C}$  selama 1 jam dan rasio mol  $\text{SiO}_2 : \text{NaOH} = 1 : 3$ , serta tingkat kristalinitas zeolit 4A hasil sintesis sebesar 83,08%.

Berdasarkan latar belakang tersebut dan sifat zeolit 4A sebagai penyerap ion maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “**Studi Penyerapan Ion  $\text{Pb}^{2+}$  oleh Zeolit 4A yang Disintesis dari Abu Terbang**”.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah “berapakah kondisi optimum serapan ion  $\text{Pb}^{2+}$  oleh zeolit 4A yang disintesis dari abu terbang?”

## **C. Pembatasan Masalah**

Pada penelitian ini masalah yang diangkat dibatasi pada aspek-aspek yaitu:

1. Zeolit 4A yang digunakan adalah zeolit 4A yang telah disintesis oleh Hilma (2010) dari natrium silikat, dimana natrium silikat disintesis dari abu terbang PLTU Sijantang yang didekomposisi dengan aquaregia.

2. Larutan  $\text{Pb}^{2+}$  dibuat dengan melarutkan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dalam asam nitrat 1% (v/v).
3. Variabel yang akan diteliti adalah variasi pH dan konsentrasi  $\text{Pb}^{2+}$ .

#### **D. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh pH dan konsentrasi optimum serapan ion  $\text{Pb}^{2+}$  oleh zeolit 4A yang disintesis dari abu terbang.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya:

1. Sebagai salah satu alternatif pada pengolahan limbah air yang mengandung konsentrasi ion  $\text{Pb}^{2+}$  yang tinggi.
2. Lebih meningkatkan daya guna dari abu terbang.
3. Sebagai salah satu pemanfaatan abu terbang.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Penyerapan (Adsorpsi)**

Penyerapan (adsorpsi) adalah gejala pengumpulan molekul-molekul suatu zat pada permukaan baik sebagai akibat daripada ketidakjenuhan gaya pada permukaan tersebut (Alberty dan Daniels, 1994). Proses adsorpsi dapat terjadi pada seluruh permukaan benda, tetapi yang sering terjadi adalah bahan padat menyerap partikel yang berada pada limbah cair. Bahan yang diserap disebut adsorbat atau solut, sedangkan bahan penyerapnya disebut adsorben (Atkins, 2000). Material-material yang dapat digunakan sebagai adsorben diantaranya adalah asam humat, tanah diatomae, bentonit, biomassa mikroorganisme air, karbon aktif, alumina, silika gel, dan zeolit.

Adsorpsi yang terjadi pada permukaan zat padat disebabkan oleh adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Energi potensial permukaan dari molekul turun dengan mendekatnya molekul ke permukaan. Molekul teradsorpsi dapat dianggap membentuk fasa dua dimensi dan biasanya terkonsentrasi pada permukaan atau antar muka (Alberty dan Daniels, 1984).

Adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu:

##### **1. Adsorpsi Fisika**

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya-gaya fisika. Pada jenis adsorpsi fisika ini, terjadi beberapa lapisan gas. Besarnya energi adsorpsi fisika  $\pm 10$  kJ/mol. Molekul-molekul yang diadsorpsi secara fisika tidak terikat kuat pada permukaan, dan biasanya terjadi proses balik yang cepat

(reversibel), sehingga mudah untuk diganti dengan molekul yang lain. Adsorpsi fisika didasarkan pada gaya Van Der Waals, dan dapat terjadi pada permukaan yang polar dan non polar. Adsorpsi juga mungkin terjadi dengan mekanisme pertukaran ion. Permukaan padatan dapat mengadsorpsi ion-ion dari larutan dengan mekanisme pertukaran ion. Oleh karena itu, ion pada gugus senyawa permukaan padatan adsorbennya dapat bertukar tempat dengan ion-ion adsorbat. Mekanisme pertukaran ini merupakan penggabungan dari mekanisme kemisorpsi dan fisisorpsi, karena adsorpsi jenis ini akan mengikat ion-ion yang diadsorpsi dengan ikatan secara kimia, tetapi ikatan ini mudah dilepaskan kembali untuk dapat terjadinya pertukaran ion (Atkins, 2000).

## **2. Adsorpsi Kimia**

Dalam adsorpsi kimia, proses adsorpsi terjadi dengan adanya pembentukan ikatan kimia dengan sifat yang spesifik karena tergantung pada jenis adsorben dan adsorbatnya. Adsorpsi kimia bersifat *ireversibel*, berlangsung pada temperatur tinggi, dan tergantung pada energi aktivasi. Penerapannya antara lain pada proses korosi dan katalisis heterogen (Alberty dan Daniels, 1984).

### **B. Abu Terbang Batubara**

Abu terbang adalah residu mineral anorganik yang terbentuk dari pembakaran batubara dalam suatu stasiun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan pada industri semen. Abu terbang dari pembakaran batubara berbentuk serbuk halus dengan ukuran 1-100 mikrometer yang relatif homogen. Dengan ukuran yang kecil tersebut abu terbang akan terbawa bersama gas buang

yang bila tidak dilewatkan pada suatu *presipitator* elektrostatik akan beterbangan di atmosfer.

Riska (2003) telah melakukan pemeriksaan bahan dasar abu terbang PLTU Sijantang dengan Spektrofotometer Pendar Sinar-X di PT. Semen Padang dan didapatkan komposisi kimia seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Abu Terbang PLTU Sijantang

| No. | Oksida Anorganik               | (% berat) |
|-----|--------------------------------|-----------|
| 1.  | SiO <sub>2</sub>               | 49,20     |
| 2.  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 29,20     |
| 3.  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,24     |
| 4.  | CaO                            | 10,68     |
| 5.  | MgO                            | 0,83      |
| 6.  | K <sub>2</sub> O               | 1,46      |

(Sumber: Riska, 2003)

Bagian terbesar dari abu terbang terdapat dalam bentuk gelas. Senyawa utama dalam gelas adalah silika (SiO<sub>2</sub>) dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Senyawa lain yang ada dalam abu terbang adalah kwarsa dan mullit (2SiO<sub>2</sub>.3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), serta besi oksida dalam jumlah relatif kecil. Sedangkan belerang didapat sebagai garam sulfat. Komposisi abu terbang tergantung pada jenis dan asal batubara didapat. Komposisi batubara dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Mineral Batubara

| Group    | Spesi       | Rumus                                                                                     |
|----------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lempung  | Kaolinit    | $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$                                        |
|          | Illit       | $\text{K}_5\text{AlFe}^{2+}\text{Mg}^{2+}\text{Si}_6$                                     |
|          | Monmorlonit | $(\text{K}, \text{Na}, \text{H}_3\text{O}, \text{Ca})_2(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})$ |
|          | Muskovit    | $(\text{K}, \text{Na}, \text{H}_3\text{O}, \text{Ca})_2(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})$ |
| Karbonat | Siderit     | $(\text{FeCO}_3)$                                                                         |
|          | Calsite     | $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})\text{CO}_3$                                            |
|          | Dolomit     | $\text{Ca.Mg}(\text{CO})_3$                                                               |
| Sulfida  | Pirit       | $\text{FeS}_2$                                                                            |
|          | Markasit    | $\text{FeS}_2$                                                                            |
| Oksida   | Kwarsa      | $\text{SiO}_2$                                                                            |
|          | Rutil       | $\text{TiO}_2$                                                                            |
|          | Hematit     | $\text{Fe}_2\text{O}_3$                                                                   |
| Chlorida | Silvinit    | $\text{KCl}$                                                                              |
|          | Halit       | $\text{NaCl}$                                                                             |
| Gypsum   | Gypsum      | $\text{CaSO}_4$                                                                           |
|          | Jarosit     | $(\text{Na}, \text{K})\text{Fe}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$                              |

(Sumber: Gurharyanto, 1996),

### C. Silikat

Natrium dan kalium silikat secara komersial dibuat dalam bentuk bubuk atau bongkahan gelas. Biasanya berwarna karena kehadiran pengotor, yang paling umum berwarna biru hingga hijau atau kuning kecokelatan disebabkan adanya besi bervalensi dua dan tiga. Silikat dapat larut yang diperdagangkan mempunyai rumus umum:



Dimana  $M$  adalah logam alkali,  $m$  dan  $n$  ialah jumlah mol dari  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Silikat dapat dibuat dengan melebur karbonat logam alkali dengan pasir kwarsa dalam furnace listrik pada temperatur sekitar  $1400^\circ\text{C}$  (Huheey, 1993).

Proses pembuatan silikat secara umum terdiri dari beberapa langkah (Foletto, 2006):

1. Kalsinasi dari campuran natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dengan pasir kwarsa alam ( $\text{SiO}_2$ ) dalam *furnace* pada temperatur  $1400\text{-}1500^\circ\text{C}$ , menurut reaksi;



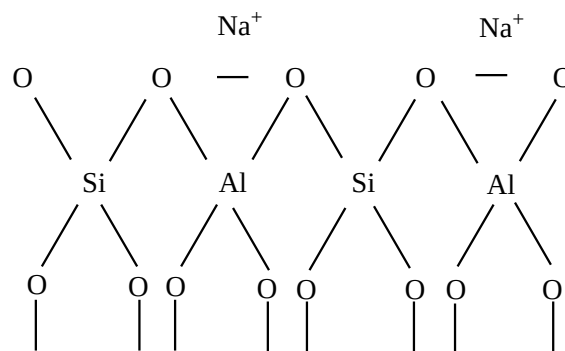
2. Dilarutkan dalam bejana reaksi pada temperatur dan tekanan tinggi, larutan natrium silikat dan pengotor dihasilkan pada langkah ini.
3. Pemilihan penyaringan, bergantung pada kemurnian yang diinginkan.
4. Penguapan air dari larutan silikat menghasilkan natrium silikat padat.

Selain mereaksikan pasir silika dengan leburan karbonat logam alkali dan dengan menggunakan soda kaustik untuk melakukan sintesis natrium silikat, pembuatan natrium silikat juga dapat dilakukan dengan menggunakan campuran dari  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{NaOH}$ . Pembuatan natrium silikat juga dapat dibuat dari  $\text{SiO}_2$  yang terdapat dalam abu terbang, yaitu dengan cara melarutkan abu terbang dengan  $\text{NaOH}$  pada temperatur  $150\text{-}275^\circ\text{C}$ .

#### D. Zeolit

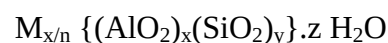
Zeolit ditemukan oleh seorang ahli mineralogi Swedia yang bernama Baron Alex F. Cronstedt pada tahun 1756. Istilah zeolit berasal dari kata “*zein*” (bahasa Yunani) yang berarti membuih dan “*lithos*” berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat zeolit yang akan membuih bila dipanaskan pada  $100^\circ\text{C}$ .

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminasilikat terhidrat, dengan kerangka struktur tiga dimensi terbuka, dibentuk oleh tetrahedral  $\text{SiO}_4^{4-}$  dan  $\text{AlO}_4^{5-}$  yang dihubungkan oleh sebuah atom oksigen untuk membentuk rongga dan saluran didalam molekul kristal secara teratur (Ribeiro, 1984). Pada struktur kerangka zeolit seperti disajikan pada Gambar 1 terdapat sisi bermuatan negatif  $\text{AlO}_2^-$  yang biasanya diimbangi oleh kation-kation yang dapat ditukar, seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dan ion logam valensi dua lainnya.



Gambar 1. Struktur Kerangka Zeolit (Breck, 1983: 1406)

Zeolit aluminasilika digambarkan dengan rumus sebagai berikut:



Dimana:

$\text{M}_{x/n}$  : kation yang bervalensi  $n$  diluar kerangka yang dapat dipertukarkan

$\{ \}$  : kerangka aluminasilikat

$z\text{H}_2\text{O}$ : air kristal di luar kerangka

$y > x$

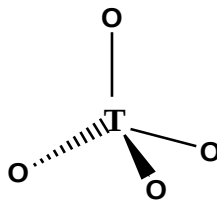
Rasio  $\text{Si}/\text{Al}$  ( $y/x$ ) di dalam kerangka menentukan struktur dan sifat-sifat zeolit. Misalnya zeolit A mempunyai rasio  $\text{Si}/\text{Al} = 1$  dan tiap atom silikon terikat dengan empat atom aluminium melalui atom oksigen, dan sebaliknya. Sebagai

konsekuensi dari aturan Loewenstein, Si dan Al di dalam zeolit mempunyai rasio  $\text{Si/Al} = 1$  tetapi dimungkinkan rasio yang lebih tinggi.

Kation-kation penyeimbang muatan dalam zeolit dapat mengalami pertukaran ion. Sedangkan komponen lainnya yaitu air kristal yang mengisi saluran-saluran dan rongga dapat dihilangkan dengan pemanasan. Dalam beberapa zeolit, pemanasan tidak dapat menukar struktur dan posisi kation di dalam kerangkanya. Dengan kata lain perpindahan atau pengeluaran air dari zeolit digunakan untuk menyerap air dari zat yang lain, molekul-molekul organik dan anorganik, sehingga zeolit banyak digunakan sebagai penyaring molekul (Hamdan, 1992).

Berdasarkan satuan pembentuknya, Marie dan Olson dalam Barrer (1978) membagi kerangka zeolit menjadi tiga bagian, yaitu;

1. Satuan pembangun primer, yang merupakan bagian terkecil pembangun dari kerangka zeolit yaitu tetrahedral  $\text{TO}_4$  ( $\text{T} = \text{Si}^{4+}$  atau  $\text{Al}^{3+}$ ).



Gambar 2. Unit  $\text{TO}_4$  dalam Zeolit (Barrer, 1978)

2. Satuan pembangun sekunder, yaitu merupakan gabungan dua atau tiga tetrahedral untuk membentuk lapisan tunggal atau rantai cincin.

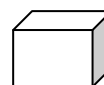
Contohnya;



S4R



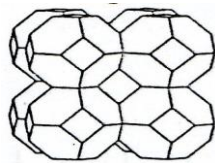
S6R



D4R

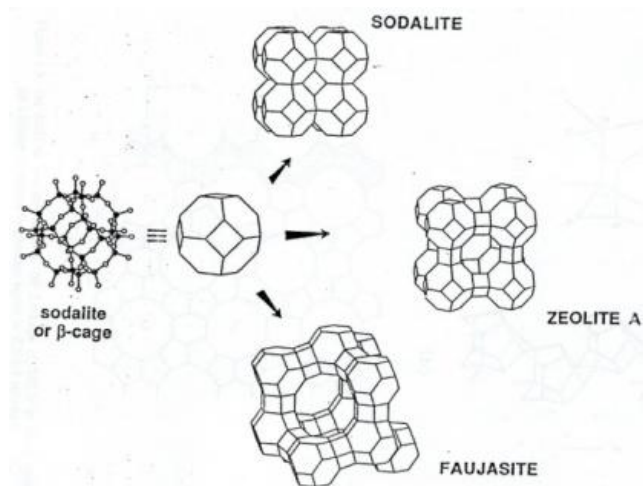
Gambar 3. Kerangka Pembangun Sekunder dari Zeolit (Hamdan, 1992)

3. Bangunan polihedral, yaitu merupakan gabungan dari beberapa satuan pembangun sekunder.



Gambar 4. Sodalit (Hamdan, 1992: 6)

Sodalit dengan rumus  $\text{Na}_6(\text{SiO}_2\text{AlO}_2)_6$  merupakan gabungan struktur sekunder S4R dengan S6R. Sedangkan zeolit 4A dengan rumus  $\text{Na}_{12}(\text{SiO}_2)_{12}(\text{AlO}_2)_{12} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$  dibangun oleh 8 buah sangkar sodalit yang dihubungkan oleh cincin ganda beranggota empat (D4R). Sedangkan saat 8 buah sangkar sodalit tersusun gel dihubungkan oleh jembatan oksigen, maka akan terbentuk sodalit. Dalam zeolit Faujasit, sangkar sodalit terikat melalui cincin beranggota enam, hingga membentuk sangkar yang lebih besar.



Gambar 5. Proses Pembentukan Kerangka Sodalit, Zeolit 4A, dan Faujasit dari Gabungan Polihedral Sodalit. (Catlow, 1992).



Beberapa sifat kimia zeolit adalah:

- a. Mempunyai kestabilan termal yang bervariasi, meningkat dengan meningkatnya rasio  $\text{SiO}_2/\text{AlO}_2$  yang membangun kerangka zeolit melarutkan aluminium keluar dari kerangka zeolit.
- b. Alkali berair akan menyebabkan transisi fasa zeolit dari zeolit 4A menjadi hidroksi sodalit.
- c. Dehidrasi, zeolit dapat melepaskan molekul air dari rongga kristalnya dengan cara pemanasan dan dapat digunakan sebagai penyerap gas atau cairan lainnya.
- d. Adsorpsi, bila kristal zeolit dipanaskan, maka air yang terdapat pada rongga zeolit akan keluar sehingga zeolit dapat menyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30% dari beratnya dalam keadaan kering.
- e. Suspensi zeolit alumina tinggi dimana kation  $\text{Na}^+$  mempunyai pH 9-12 karena terjadi hidrolisis parsial.
- f. Penukar ion, zeolit 4A dibangun oleh tetrahedral  $\text{SiO}_2$  yang netral dengan tetrahedral  $\text{AlO}_2$  yang anion ( $\text{AlO}_2^-$ ) dengan ion penyeimbang  $\text{Na}^+$ . Pada zeolit 4A rangka  $\text{AlO}_2^-$  terionisasi sempurna, tidak larut dan sangat reaktif terhadap ion-ion logam (Atkins, 2000).

Keberadaan atom aluminium pada zeolit secara keseluruhan akan menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif menyebabkan zeolit mampu mengikat kation. Sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah sebagai ion penyeimbang. Kation tersebut dapat

bergerak bebas didalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation lain dalam jumlah yang sama. Akibat struktur zeolit berongga, anion atau molekul berukuran kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak. Pertukaran kation biasanya diikuti dengan perubahan yang dramatis pada kestabilan termal, sifat adsorpsi, selektivitas dan aktivitas katalis (Sutarti, 1994).

Kapasitas penukar ion menurun dengan naiknya rasio  $\text{SiO}_2/\text{AlO}_3$ . Ion-ion pada rongga zeolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Penukaran ion pada zeolit merupakan proses penukaran ion yang ada dalam struktur kristal zeolit oleh ion yang ada dalam larutan.

Setiap kation memiliki daya serapan ion yang berbeda pada zeolit. Ini disebabkan oleh ukuran kation, temperatur, konsentrasi, waktu kontak, pH larutan, dan struktur zeolit. Kapasitas penyerapan ion diukur berdasarkan banyaknya zat yang teradsorpsi persatuan berat adsorben atau molekivalen ion terserap per gram zeolit. Berikut ini urutan daya penyerapan ion logam pada zeolit 4A;  $\text{Pb}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cs}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Hg}^{2+}$ . (Singer, 1995).

#### **E. Zeolit 4A**

Zeolit A merupakan kristal aluminasilika sintetis yang terdiri dari kesatuan mata rantai sangkar sodalit yang berikatan membentuk cincin ganda beranggotakan empat yang dihubungkan dengan atom oksigen. Zeolit A biasanya berbentuk Na-zeolit dengan rumus kimia  $\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12} \cdot 27\text{H}_2\text{O}$ .

Ion logam penyeimbang muatan yang mungkin dalam zeolit A adalah  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{Ca}^{2+}$ . Ukuran pori efektif zeolit A tergantung pada diameter ion penyeimbangnya. Misalnya kira-kira 3 Å untuk kalium, 4 Å untuk natrium, dan

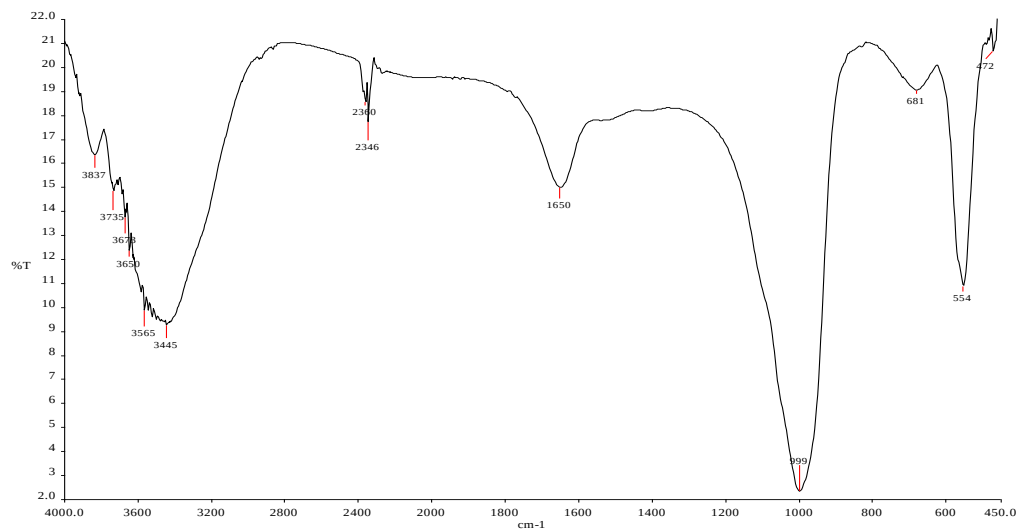
5 Å untuk kalsium. Selanjutnya material-material tersebut diberi nama pasaran secara berurutan zeolit tipe 3A, 4A, dan 5A. Jadi zeolit 4A adalah zeolit A dimana ion logam penyeimbangnya sudah tertentu yaitu  $\text{Na}^+$  (Breck, 1983).

Zeolit sintesis dapat dihasilkan dengan tiga cara, yaitu proses hidrotermal, konversi, dan campuran. Proses hidrotermal digunakan pada bahan dasar silika yang mudah larut, proses konversi digunakan pada bahan dasar mineral silika, sedangkan proses campuran untuk bahan silika alami. Proses sintesis zeolit secara hidrotermal dilakukan dalam suasana beralkali tinggi pada temperatur yang dapat mencapai  $200^\circ\text{C}$ . Campuran reaktan yang mengandung  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , atau  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dilarutkan dalam  $\text{NaOH}$  untuk menghasilkan silikat dan aluminat terlarut, karena zeolit A hanya akan terbentuk bila dalam larutan tersedia spesi  $\text{AlO}_4^{5-}$  dan  $\text{SiO}_4^{4-}$  yang cukup (Barrer, 1978). Larutan jenuh dari silikat dan aluminat yang terbentuk akan membentuk gel pada temperatur mencapai  $90^\circ\text{C}$  (Prabir, 1986). Sementara menurut Hamdan (1992), suatu hal penting selanjutnya dalam sintesis zeolit A adalah proses pembentukan inti dan pembentukan kristal. Mula-mula terjadi pembentukan inti kristal, kemudian inti kristal akan tumbuh membesar mencapai ukuran kritis kristal secara spontan.

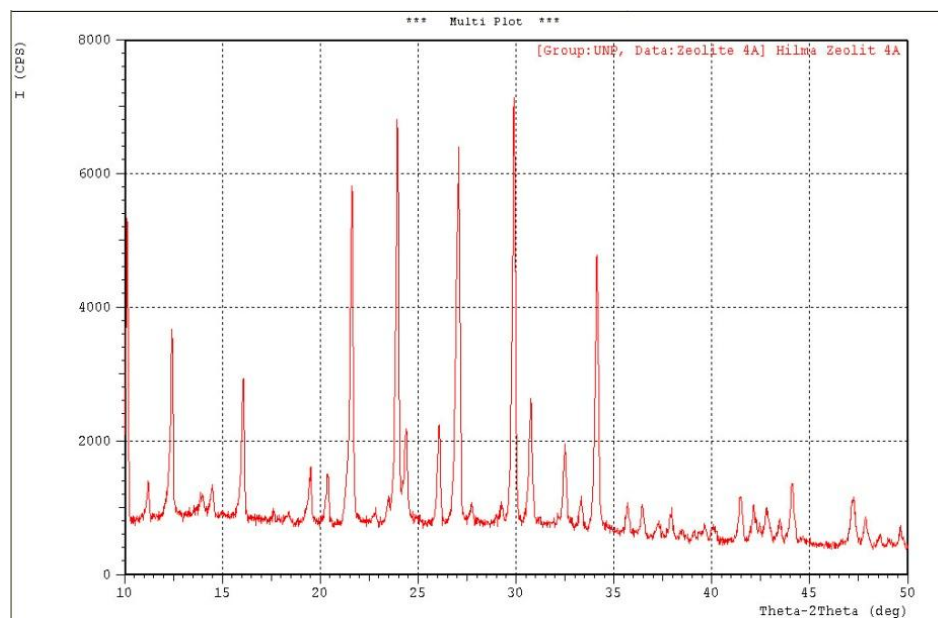
Proses pembentukan inti dimulai dengan cara silikat dan aluminat tersusun mengelilingi ion  $\text{Na}^+$  karena gaya elektrostatik. Inti muncul secara lambat dari fasa larutan, karena yang diperlukan untuk pembentukan inti dipasok dari larutan lewat jenuh dan kekurangannya dilengkapi dari pelarutan gel amorf. Dipostulatkan bahwa laju pelarutan lebih besar dari laju pembentukan inti. Oleh



senyawa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  masih terdapat pada zeolit 4A hasil sintesis. Spektra Inframerah dan Difraktogram Sinar X zeolit 4A hasil sintesis dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Spektra Inframerah Zeolit 4A Hasil Sintesis (Hilma, 2010)



Gambar 7. Difraktogram Sinar-X dari Zeollit Hasil Sintesis (Hilma, 2010)

## F. Logam Timbal (Pb)

Timbal dalam kehidupan sehari-hari dikenal dengan nama timah hitam. Dalam sistem periodik terletak pada golongan IVA. Timbal merupakan logam yang lunak, dapat ditempa, berwarna kelabu kusam, dapat menghantarkan listrik, dan tahan terhadap korosi. Timbal dengan nomor atom 82 mempunyai konfigurasi elektron  $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$ , dengan massa relatif 207,19, jari-jari kovalen 1,44 Å, titik leleh 328°C, titik didih 1755°C, dan massa jenis (20°C) adalah 11,34 g/ml.

Di alam, timbal tidak ditemukan dalam bentuk logam murni, tetapi dalam bentuk persenyawaan yang selalu bergabung dengan logam dan nonlogam lainnya seperti PbS, Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Cotton, 1989). Sedangkan timbal di atmosfer berasal dari bensin yang mengandung timbal dan apabila hujan sebagian besar masuk dalam sistem perairan atau tumbuhan. Sumber pencemaran Pb di perairan diduga dari batu kapur dan bahan-bahan limbah yang mengandung Pb seperti dari amunisi, pelapis kabel, pewarna cat, dan lain-lainnya.

Secara kimia, logam Pb mudah larut dalam asam nitrat konsentrasi sedang (8 M), dan membentuk lapisan pelindung berupa timbal nitrat pada permukaan logam bila bereaksi dengan asam nitrat pekat. Sementara dengan asam klorida encer atau asam sulfat encer membentuk timbal klorida atau timbal sulfat yang tidak larut pada permukaan logam (Vogel, 1985: 207).

Dampak timbal terhadap manusia dapat menimbulkan kematian dan pada skala keracunan sedang pada anak-anak dapat menimbulkan anemia. Daya racun timbal di dalam tubuh manusia diantaranya disebabkan oleh penghambatan enzim oleh ion Pb<sup>2+</sup>. Enzim yang diduga dihambat adalah enzim yang diperlukan untuk

pembentukan haemoglobin. Penghambatan pembentukan haemoglobin terjadi karena interaksi kuat antara  $Pb^{2+}$  dengan gugus  $-SH$  dari enzim membentuk ikatan Pb-S. Ikatan Pb-S akan mengakibatkan enzim tersebut tidak aktif dan akan mengganggu kerja sistem peredaran darah, tetapi juga akan dapat menumpuk dalam skeleton (tulang). Hal ini disebabkan sifat ion  $Pb^{2+}$  yang hampir sama dengan ion  $Ca^{2+}$  (Fardiaz, 1992).

### G. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom didefinisikan sebagai suatu alat untuk menentukan konsentrasi dari suatu unsur dalam cuplikan larutan dengan cara mengukur penyerapan energi sinar oleh uap atom bebas atau netral yang berupa gas pada panjang gelombang yang spesifik dari tiap unsur. Hubungan antara banyaknya sinar yang diserap dengan banyaknya atom yang menyerap dirumuskan dengan hukum Lambert-Beer seperti dibawah ini;

$$A = -\log \frac{I_o}{I_t} = a.b.c$$

Dimana; A = Absorbansi

a = Absorptivitas

$I_o$  = Intensitas sinar mula-mula

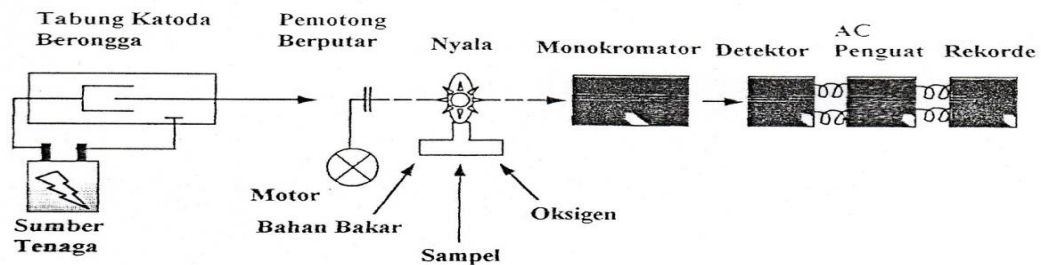
b = Tebal medium

$I_t$  = Intensitas sinar diteruskan

c = Konsentrasi larutan

Untuk membebaskan atom dari senyawanya dibutuhkan energi, energi umumnya diperoleh dari hasil nyala pembakaran. Pengukuran Pb dilakukan dalam nyala udara asetilen dengan panjang gelombang 283,3 nm. Gangguan yang biasa dijumpai dalam pengukuran Pb dengan SSA adalah kehadiran ion besi, bila terdapat 10.000 ppm logam besi mengakibatkan konsentrasi Pb yang terukur meningkat sebesar 5 ppm dari konsentrasi yang seharusnya. Hal ini dikarenakan

logam besi juga menyerap cahaya yang sama dengan logam Pb (Underwood, 1986).



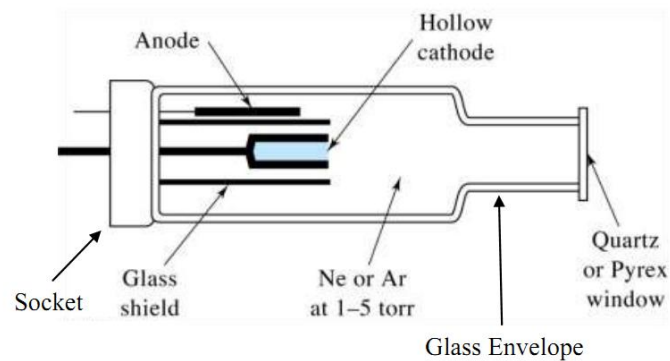
Gambar 8. Skema Peralatan SSA (Underwood, 1986)

SSA terdiri dari lima komponen dasar, yaitu sumber cahaya, system pengatoman, monokromator, detektor dan rekorder. Adapun komponen dasar tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Sumber Sinar

Dalam SSA, sebagai sumber radiasi resonansi digunakan lampu katoda berongga (hollow cathode lamp = HCL) yang mengeluarkan radiasi resonansi dari unsur yang dianalisis. HCL akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom. HCL terdiri dari katoda cekung yang silindris yang terbuat dari unsur yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda yang terbuat dari tungsten. Dengan pemberian tegangan pada arus tertentu, logam mulai memijar dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan dengan pemercikan. Atom akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu (Khopkar, 1990)

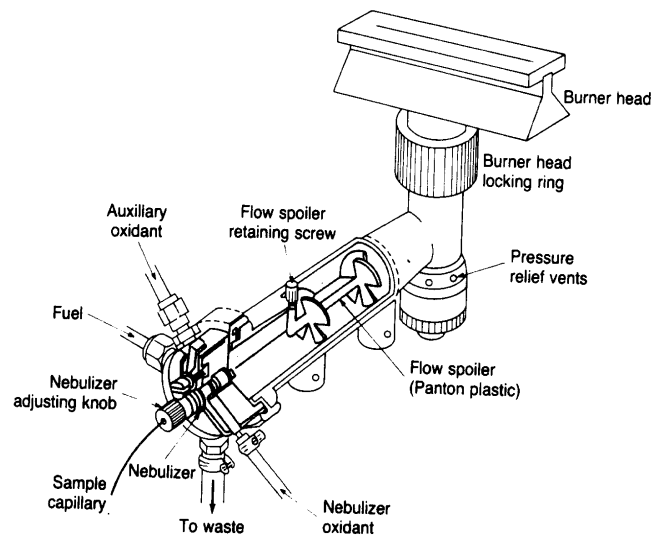




Gambar 9. Diagram Skematik Lampu Katoda Berongga (Khopkar, 1990)

## 2. Unit Atomisasi

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrument sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel di introduksikan dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Aerosol biasa dihasilkan oleh nebulizer (pengabut) yang dihubungkan ke nyala oleh ruang penyemprot (chamber spray). Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen. Dengan kedua jenis nyala ini, kondisi analisis yang sesuai untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode-metode emisi, absorpsi dan juga flourosensi.



Gambar 10. Instrumentasi Sumber Atomisasi (Pecsock,1976)

### 3. Monokromator

Monokromator adalah alat yang bias mengubah sinar polikromatis menjadi sinar yang monokromatis. Sistem monokromatis sendiri terdiri dari celah masuk yang berupa cermin yang berfungsi untuk memfokuskan cahaya serta prisma yang berfungsi untuk menyebarkan cahaya.

### 4. Detektor

Detektor berfungsi untuk mengubah intensitas sinar menjadi arus listrik. Detektor yang baik adalah peka terhadap perubahan intensitas sinar. Umumnya dipakai fotomultiplier dan arus listrik yang dihasilkan diperkuat dengan amplifier.

### 5. Rekorder

Alat baca berfungsi untuk mengubah dan mencatat sinyal-sinyal listrik yang berasal dari detektor ke dalam bentuk yang dapat dibaca oleh operator.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini akan diuraikan mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran yang diperlukan untuk mengembangkan penelitian ini lebih lanjut.

#### **A. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kapasitas serapan ion  $Pb^{2+}$  maksimum oleh zeolit 4A hasil sintesis dari abu terbang terjadi pada pH 5,4 dengan kapasitas serapan ion sebesar 14,6777 mg  $Pb^{2+}$ /g zeolit.
2. Kapasitas serapan ion  $Pb^{2+}$  maksimum oleh zeolit 4A hasil sintesis dari abu terbang terjadi pada konsentrasi awal 55 ppm dengan kapasitas serapan ion sebesar 15,5660 mg  $Pb^{2+}$ /g zeolit.

#### **B. Saran`**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat penulis sampaikan, yaitu:

1. Untuk menggunakan zeolit 4A yang disintesis dari natrium silikat dimana natrium silikat disintesis dari abu terbang yang telah didekomposisi dengan aquaregia dalam pengolahan limbah logam Pb dan logam-logam berat lainnya, karena zeolit 4A mempunyai kapasitas yang cukup besar dalam menyerap ion-ion logam berat.

2. Agar penelitian ini lebih bermanfaat maka perlu dilakukan regenerasi zeolit 4A yang telah dipergunakan

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, S, dan Bahrizal. 2008. *Pengaruh Pelarut  $\text{HNO}_3$  pada Komposisi Kimia Abu Terbang dan Kualitas Zeolit 4A yang Dihasilkan*. Penelitian Dana Rutin UNP Padang. UNP.
- Aini, S. 2002. *Pemanfaatan Abu Layang PLTU Sijantang untuk Pembuatan Zeolit 4A*. Penelitian Dana Rutin UNP Padang. UNP.
- Alberty, R.A dan Farrington D. 1984. *Kimia Fisika Jilid 2* (Terjemahan N.M. Surdia). Jakarta: Penerbit Erlangga
- Atkins, P.W, dan Shriver, D.F. 2000. *Inorganic Chemistry*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Barrer, R.M. 1978. *Zeolites and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Sieves*. London: Academic Press.
- Breck, D.W. 1983. Synthetic Zeolites: Properties and Applications. *Journal of the American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engiennner Inc*.
- Catlow, C.R.A. 1992. *Modelling of Structure and Reactivity in Zeolites*. London: Academic Press Ltd.
- Cotton, A.F. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta: UI Press.
- Dona, W. 2003. “Studi Penukar Ion  $\text{Pb}^{2+}$  oleh Zeolit 4A yang Disintesa dari Abu Terbang yang telah Didekomposisi”, *Skripsi*, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia, 2003.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Bogor: Kanisius.
- Foletto, E.L. dkk. 2006. Conversion of Rice Hull Ash into Soluble Sodium Silicate. *Materials Research*, Vol. 9 No. 3. Hlm. 335-338.
- Gurharyanto dan Gani. 1996. *Minimisasi Limbah Batubara: Pengurangan Kandungan Abu Batubara dengan Metode Magnetik*. Puslitbang Geoteknologi-LIPI. Bandung.
- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolite: Synthesis, Characterization and Modifications*. Universiti Teknologi Malaysia.
- Hilma. 2010. “Sintesis Natrium Silikat dan Zeolit 4A dari Abu Terbang”. *Skripsi*. Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia, 2010.
- Huheey. 1993. *Inorganic Chemistry Principles of Structure and Reactivity*. 4<sup>th</sup>Ed. New York: Harper Collins College Publishers.