

# Sintesis Zeolit 4A Dari *Fly Ash* Sawit dengan Variasi Rasio Massa Reaktan (*Fly Ash*/NaOH) dan Kecepatan Pengadukan Gel

Ida Zahrina, Yelmida dan Ariesti Haryu Lestari

Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

ida.zahrina@gmail.com

## Abstrak

Zeolit 4A adalah bahan yang paling banyak digunakan sebagai penukar ion. Zeolit ini disintesis dari natrium silikat dan natrium aluminat. Silika diperoleh dari *fly ash* batu bara atau abu sabut sawit. Pada penelitian ini, silika bersumber dari *fly ash* sawit. Sintesis dilakukan dengan menggunakan perbandingan volum 60/40, waktu pengadukan gel 3 jam, temperatur pemanasan gel 80°C dengan waktu pemanasan 8 jam, dan temperatur pengeringan 120°C. Variasi dilakukan pada rasio reaktan *fly ash*/NaOH 1/2, 1/2,5, 1/3, dan kecepatan pengadukan gel 100, 200, 300 rpm. Produk sintesis dikarakterisasi menggunakan spektroskopi infra merah dan difraksi sinar-x. Berdasarkan karakterisasi menggunakan spektroskopi infra merah zeolit 4A terbaik dihasilkan pada rasio reaktan *fly ash*/ NaOH 1/2,5 dan kecepatan pengadukan gel 200 rpm. Untuk memperkuat kebenaran terbentuknya zeolit 4A, karakterisasi dilanjutkan dengan menggunakan difraksi sinar-X. Dari karakterisasi tersebut, zeolit 4A teridentifikasi pada rasio reaktan *fly ash*/ NaOH = 1/2,5 dan kecepatan pengadukan gel 200 rpm.

**Kata kunci:** Difraksi Sinar-X, *Fly Ash* Sawit, Spektroskopi Inframerah, Zeolit 4A

## 1 Pendahuluan

Zeolit merupakan kristal aluminasilikat yang memiliki rangka tiga dimensi, dengan ukuran pori <math>15\text{\AA}</math>. Perbedaan ukuran pori membuat zeolit berpotensi dijadikan sebagai agen penukar ion, sehingga memiliki aplikasi luas dalam industri katalisis maupun pemisahan (William *et al.*, 2002; CEFIC, 2000). Zeolit sering digunakan pada proses pengeringan gas dan cairan karena memiliki kapasitas adsorpsi lebih besar dibandingkan adsorben lain. Selain itu, zeolit juga digunakan sebagai penyerap air dan senyawa-senyawa polar seperti  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ , dan  $\text{CO}_2$  (Ugal *et al.*, 2010).

Berdasarkan publikasi dari *International Zeolite Association* terdapat lebih dari 40 jenis zeolit alam dan 150 jenis zeolit sintetis (Rakhmatullah *et al.*, 2007). Zeolit alam merupakan mineral yang biasa ditemukan pada material batuan vulkanik dengan rasio Si/Al rendah (Payra *et al.*, 2003; CEFIC, 2000). Zeolit sintetis dapat berupa zeolit alam yang dimodifikasi maupun yang langsung disintesis dari reaktan pendukungnya. Zeolit sintetis dapat digolongkan berdasarkan rasio Si/Al, yaitu zeolit dengan rasio Si/Al rendah, sedang dan tinggi (Payra *et al.*, 2003).

Zeolit 4A merupakan zeolit sintetis yang termasuk dalam jenis zeolit dengan kerangka LTA (*Linde Type A*). Zeolit 4A memiliki rasio Si/Al rendah (Si/Al=1) dan kadar kation tinggi. Logam yang berfungsi sebagai kation dalam zeolit 4A adalah natrium (Payra *et al.*, 2003). Diameter pori yang dimiliki zeolit 4A adalah 0,41 nm dan luas permukaan minimal 4 $\text{\AA}$  (Fruijtjer *et al.*,

2008). Sifat fisik ini memudahkan terjadinya pertukaran ion terutama ion Ca dan Mg. Sehingga zeolit 4A cocok digunakan sebagai *builder* pada deterjen untuk menetralkan kesadahan air. Selain itu penggunaan zeolit 4A sebagai *builder* merupakan alternatif pengganti natrium tripolipospat yang menjadi penyebab terjadinya eutrofikasi.

Bahan baku yang digunakan pada sintesis zeolit 4A adalah bahan-bahan yang memiliki kandungan silika dan alumina yang cukup tinggi. Bahan baku yang biasanya digunakan antara lain kaolin, bentonit, dan *fly ash* batubara (Ugal *et al.*, 2010; Ma *et al.*, 2010; Tanaka *et al.*, 2004).

Banyak metode yang telah dikembangkan pada sintesis zeolit 4A, diantaranya metode fusi, dialisis, dan *irradiation microwave*. Chang *et al.* (2000) menggunakan metode fusi untuk mereaksikan natrium hidroksida dan *fly ash*. Variasi yang dilakukan oleh Chang *et al.* (2000) berbasis pada jenis *fly ash* batubara, dan zeolit 4A terbentuk dari *fly ash* dengan konsentrasi aluminium paling tinggi. Tanaka *et al.* (2004) melakukan modifikasi pada proses sintesis zeolit 4A dengan menggunakan metode dialisis, dengan variasi pada rasio molar Si/Al. Hasil sintesis memiliki kristalinitas tinggi pada rasio Si/Al tinggi. Tanaka *et al.* (2008) kembali melakukan modifikasi sintesis zeolit 4A dengan menggunakan metode *irradiation microwave*. Proses sintesis dilakukan dengan variasi rasio molar Si/Al, temperatur *aging* dan waktu *aging*. Hasil sintesis menunjukkan zeolit 4A terbentuk dengan menurunkan

temperatur *aging* dan memperpanjang waktu *aging*, kemudian *yield* yang terbentuk menurun dengan peningkatan nilai rasio Si/Al.

Sintesis zeolit 4A biasanya menggunakan bahan baku berupa kaolin, bentonit, dan *fly ash* batu bara. Pemilihan bahan baku ini didasarkan pada tingginya kadar silika yang dimiliki oleh bahan tersebut. Sulistyanto (2010) melaporkan, *fly ash* sawit memiliki kadar silika sebesar 86,7%, sehingga berpotensi untuk dijadikan reaktan pada pembuatan zeolit 4A.

*Fly ash* dihasilkan dari pembakaran limbah padat pabrik CPO. Abu sawit (*Fly ash* dan *Bottom Ash*) pada umumnya masih belum dimanfaatkan. Fakta bahwa ada lebih dari 145 pabrik CPO di Riau (Sopian, 2010) menjadikan *fly ash* sawit sangat prospektif dijadikan reaktan pada sintesis zeolit 4A.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya bahan baku yang digunakan lebih banyak bersumber dari *fly ash* batubara, kemudian variasi yang digunakan pada sintesis zeolit 4A berkisar pada rasio molar Si/Al, temperatur pemanasan, dan waktu pengadukan (Chang *et al.*, 2000; Tanaka *et al.*, 2004; Tanaka *et al.*, 2008). Pada penelitian ini bahan baku yang akan digunakan adalah *fly ash* sawit. Perbandingan massa *fly ash*/NaOH dan variasi kecepatan pengadukan merupakan variabel berubah yang digunakan pada penelitian ini. Pemilihan variabel ini didasarkan pada Rungsuk *et al.* (2006) dan Kettinger (1979), dimana semakin tinggi rasio massa *fly ash*/NaOH dan kecepatan pengadukan gel akan memperbesar kemungkinan terbentuknya zeolit 4A.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah fusi, karena mudah dilakukan dan lebih ekonomis, walaupun waktu sintesis yang dibutuhkan lebih lama. Pada penelitian ini variasi perbandingan massa *fly ash* dan NaOH adalah 1/2, 1/2,5, 1/3, dengan kecepatan pengadukan 100, 200, 300 rpm. Selain itu karakterisasi akan dilakukan dengan menggunakan metode spektroskopi infra merah dan difraksi sinar-X. Variabel tetap yang digunakan didasarkan pada kondisi terbaik yang diperoleh oleh Akbar *et al.* (2006) pada sintesis zeolit 4A dengan menggunakan abu sabut sawit.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan sintesis zeolit 4A menggunakan *fly ash* dengan variasi perbandingan massa *fly ash* terhadap NaOH dan kecepatan pengadukan *gel*.

## 2. Metodologi

Penelitian ini terlaksana dengan beberapa tahapan, yaitu preparasi *fly ash* sawit, preparasi larutan natrium silikat, preparasi larutan natrium aluminat, sintesis zeolit 4A dan karakterisasi zeolit 4A.

### 2.1 Preparasi *fly ash* sawit

*Fly ash* sawit yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PT.Serikat Putra PKS, Pelalawan, Riau. Sebelum digunakan, *fly ash* sawit terlebih dahulu diayak untuk menyeragamkan ukurannya ( $\leq 200$  mesh).

### 2.2 Preparasi larutan natrium silikat

Larutan natrium silikat dibuat melalui peleburan *fly ash* sawit dan NaOH dengan variasi perbandingan massa *fly ash* dan NaOH 1/2, 1/2,5, dan 1/3 gram/gram. Peleburan dalam *furnace* dilakukan pada temperatur 500°C selama 5 jam. Setelah dingin, hasil peleburan dilarutkan dengan 250 ml akuades dan biarkan selama  $\pm 24$  jam agar larut sempurna. Larutan kemudian disaring dan filtrat diencerkan sampai volum tepat 250 ml dalam labu ukur.

### 2.3 Preparasi larutan natrium aluminat

Larutan natrium aluminat dibuat dengan melarutkan 30,50 gram NaOH dalam 100 ml akuades, kemudian campurkan dengan 21,65 gram  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Pencampuran dilakukan sambil melakukan pemanasan dan pengadukan. Setelah semua  $\text{Al}(\text{OH})_3$  larut, kemudian larutan diencerkan sampai 250 ml.

### 2.4 Sintesis Zeolit 4A

Sintesis zeolit 4A dilakukan dengan mencampurkan natrium aluminat dan natrium silikat dengan perbandingan volum 60/40 dengan memasukkan natrium aluminat perlahan-lahan (Murni dan Helmawati, 2006). Pengadukan divariasikan menggunakan kecepatan 100, 200, 300 rpm selama 3 jam hingga campuran homogen dan terbentuk *gel* berwarna putih. *Gel* dipanaskan pada suhu 80°C selama 8 jam. Selanjutnya *gel* disaring dan dicuci. Endapan yang terbentuk dicuci dengan akuades hingga pH netral. Endapan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 120°C selama 3 jam. Selanjutnya sampel dikarakterisasi menggunakan spektroskopi inframerah dan difraktometer sinar-X.

### 2.5 Karakterisasi Zeolit 4A

Spektroskopi infra merah adalah suatu metode mengamati interaksi molekul dengan menggunakan radasi gelombang elektromagnetik. Serapan untuk zeolit 4A terbentuk pada angka gelombang 1250-950  $\text{cm}^{-1}$ , 650-500  $\text{cm}^{-1}$ , 500-420  $\text{cm}^{-1}$  dan 420-300  $\text{cm}^{-1}$ . Serapan pada angka gelombang 1250-950  $\text{cm}^{-1}$  menyatakan adanya rentang asimetri dari ikatan tetrahedral yang terbentuk antara silika dan alumina. Serapan pada angka gelombang 650-500  $\text{cm}^{-1}$  merupakan serapan vibrasi cincin ganda polihedral kerangka zeolit. Serapan pada angka gelombang 500-420  $\text{cm}^{-1}$  menyatakan serapan vibrasi tekuk ikatan tetrahedral silika dan alumina. Serapan pada angka gelombang 420-300  $\text{cm}^{-1}$  menyatakan adanya pori terbuka dari zeolit. Karakterisasi dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia UNAND untuk menentukan gugus fungsional.

Karakterisasi dengan menggunakan difraksi sinar-X dilakukan secara kualitatif, yaitu dengan membandingkan puncak-puncak yang terbentuk pada difraktogram zeolit hasil sintesis dengan puncak-puncak pada difraktogram zeolit 4A standar. Karakterisasi dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA UGM untuk mendapatkan persentase kristal zeolit 4A.

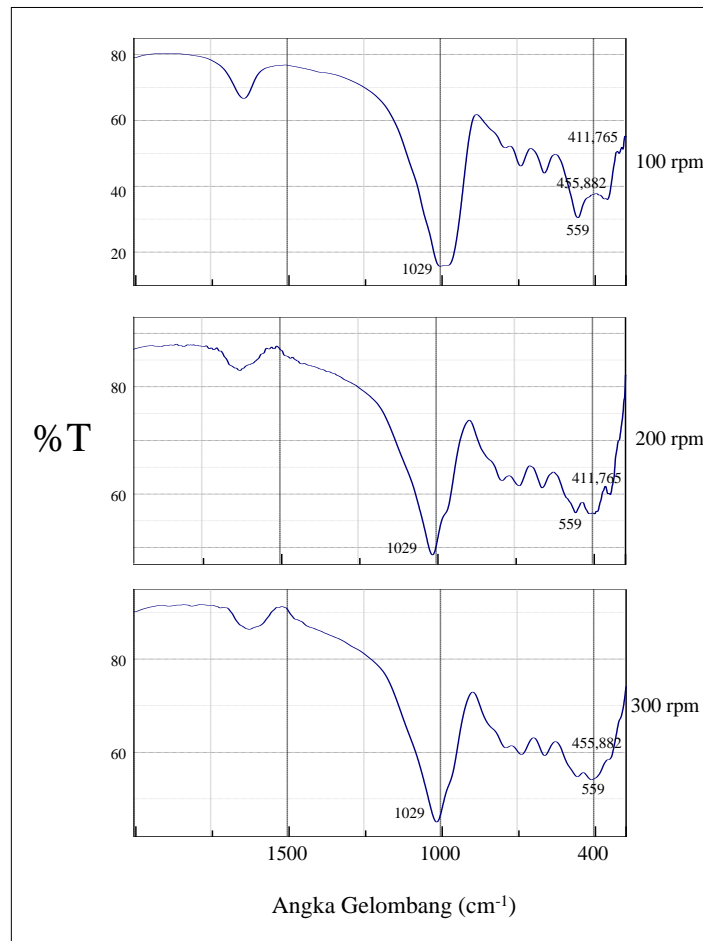
**3. Hasil dan Pembahasan**

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh rasio reaktan *fly ash*/NaOH dan kecepatan pengadukan *gel* serta mendapatkan kondisi terbaik dari variasi tersebut sesuai dengan data kualitatif pembentukan zeolit 4A yang ada. Karakterisasi yang merupakan ciri khas terbentuknya zeolit 4A ditandai dengan adanya pita serapan pada angka gelombang

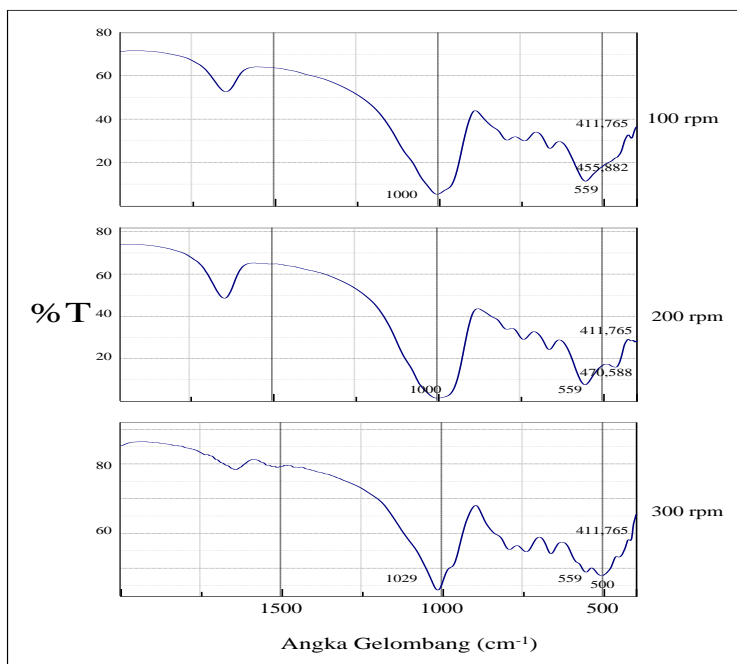
1250-950  $\text{cm}^{-1}$ , 650-500  $\text{cm}^{-1}$ , 500-420  $\text{cm}^{-1}$ , dan 420-300  $\text{cm}^{-1}$ .

**3.1 Karakterisasi spektroskopi inframerah Zeolit 4A yang disintesis pada variasi rasio reaktan (*fly ash*/NaOH) dan kecepatan pengadukan *gel***

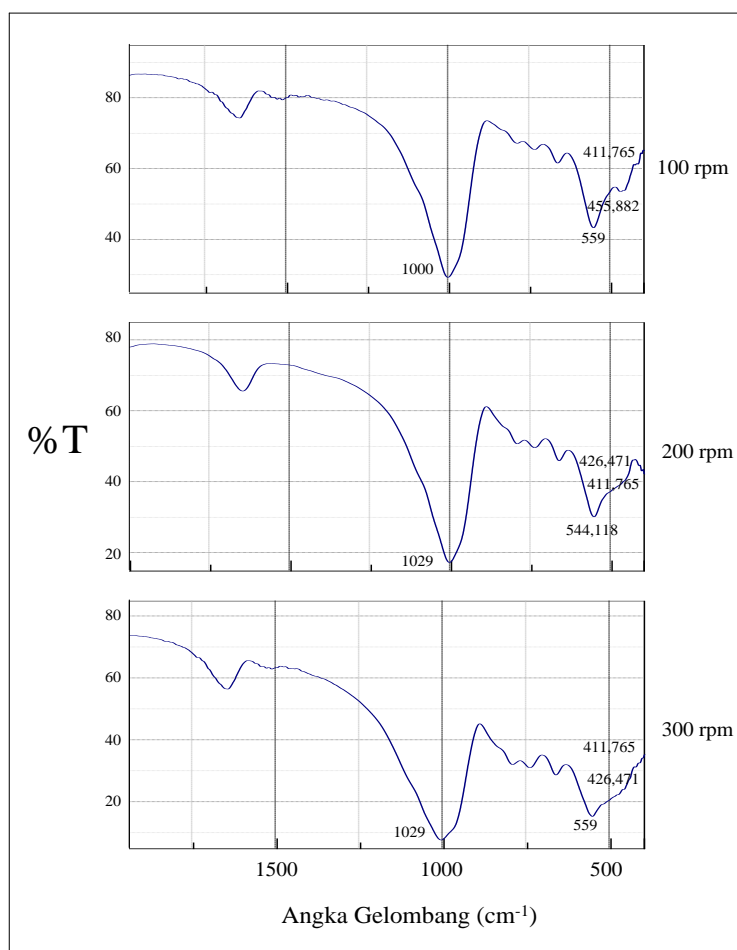
Spektogram zeolit 4A dengan rasio reaktan *fly ash*/NaOH 1/2, 1/2,5, 1/3 dan kecepatan pengadukan 100, 200, 300 rpm ditampilkan pada Gambar 1 sampai 3.



**Gambar 1.** Spektogram Sampel Zeolit 4A dengan Rasio Reaktan *fly ash*/ NaOH 1/2 dan Kecepatan Pengadukan *Gel* 100, 200, 300 rpm



Gambar 2. Spektogram Sampel Zeolit 4A dengan Rasio Reaktan *fly ash*/NaOH 1/2,5 dan Kecepatan Pengadukan *Gel* 100, 200, 300 rpm



Gambar 3. Spektogram Sampel Zeolit 4A dengan Rasio Reaktan *fly ash*/NaOH 1/3 dan Kecepatan Pengadukan *Gel* 100, 200, 300 rpm

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada rasio reaktan *fly ash*/ NaOH 1/2 dan kecepatan pengadukan 100 rpm terdapat serapan pada angka gelombang 1029  $\text{cm}^{-1}$ , 559  $\text{cm}^{-1}$ , 455,882  $\text{cm}^{-1}$ , dan 411,765  $\text{cm}^{-1}$ . Untuk kecepatan pengadukan 200 rpm terdapat serapan pada angka gelombang 1029  $\text{cm}^{-1}$ , 559  $\text{cm}^{-1}$ , dan 441,176  $\text{cm}^{-1}$ . Pada kecepatan pengadukan 300 rpm menghasilkan serapan pada angka gelombang 1029  $\text{cm}^{-1}$ , 559  $\text{cm}^{-1}$ , dan 455,882  $\text{cm}^{-1}$ .

Dari Gambar 2, diperoleh data bahwa pada kecepatan pengadukan gel 100 rpm terdapat serapan pada bilangan gelombang 1000  $\text{cm}^{-1}$ , 559  $\text{cm}^{-1}$ , 455,882  $\text{cm}^{-1}$ , dan 411,765  $\text{cm}^{-1}$ . Untuk kecepatan pengadukan 200 rpm diperoleh serapan pada angka gelombang 1000  $\text{cm}^{-1}$ , 559  $\text{cm}^{-1}$ , 470,588  $\text{cm}^{-1}$ , dan 411,765  $\text{cm}^{-1}$ , sedangkan pada kecepatan pengadukan 300 rpm diperoleh serapan pada angka gelombang 1029  $\text{cm}^{-1}$ , 559  $\text{cm}^{-1}$ , 500  $\text{cm}^{-1}$ , dan 411,765  $\text{cm}^{-1}$ . Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa sintesis zeolit 4A pada rasio reaktan *fly ash*/NaOH 1/2,5 dengan kecepatan pengadukan gel 100, 200, 300 rpm dihasilkan pita serapan sesuai dengan rentang karakterisasi zeolit 4A menggunakan spektroskopi infra merah.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa pada kecepatan pengadukan gel 100 rpm terdapat serapan pada angka gelombang 1000  $\text{cm}^{-1}$ , 559  $\text{cm}^{-1}$ , 455,882  $\text{cm}^{-1}$ , dan 411,765  $\text{cm}^{-1}$ . Pada kecepatan pengadukan gel 200 rpm diperoleh serapan pada angka gelombang 1029  $\text{cm}^{-1}$ , 544,118  $\text{cm}^{-1}$ , 426,471  $\text{cm}^{-1}$ , dan 411,765  $\text{cm}^{-1}$ , sedangkan untuk kecepatan pengadukan gel 300 rpm menghasilkan serapan pada angka gelombang 1029  $\text{cm}^{-1}$ , 559  $\text{cm}^{-1}$ , 426,471  $\text{cm}^{-1}$ , dan 411,765  $\text{cm}^{-1}$ . Data-data ini menyatakan bahwa zeolit hasil sintesis pada rasio reaktan *fly ash*/NaOH 1/3 dengan kecepatan pengadukan gel 100, 200, 300 rpm menghasilkan pita serapan sesuai dengan karakterisasi zeolit 4A.

Untuk mendapatkan hasil terbaik dari karakterisasi menggunakan spektroskopi inframerah, maka spektrogram hasil karakterisasi harus dibandingkan dengan spektrogram standar. Dari perbandingan yang telah dilakukan, spektrogram zeolit hasil sintesis dengan rasio *fly ash*/NaOH 1 2,5 dan kecepatan pengadukan 200 rpm diperoleh sebagai hasil terbaik.

Hasil pengadukan yang baik dicapai apabila bahan mengalir secara turbulen. Pencampuran atau pengadukan akan semakin buruk jika semakin banyak bahan yang bergerak ke arah tangensial yang akan menyebabkan terbentuknya vortex (Soemargono *et al.*, 2008). Selain itu kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ion yang telah berikatan sebelumnya terlepas kembali karena kuatnya tumbukan antar partikel (Susetyaningsih *et al.*, 2009). Kedua hal inilah yang menjadi alasan yang menyebabkan sintesis zeolit pada kecepatan 200 rpm menjadi kondisi terbaik. Pengadukan yang dilakukan pada kecepatan 300 rpm terlalu tinggi, sehingga menimbulkan vortex pada larutan yang membuat partikel-partikel didalamnya berputar pada arah tangensial, sehingga tidak ada tumbukan yang terjadi antara partikel. Selain itu jika aliran berada dalam kondisi turbulen, tetapi reaksi yang terjadi belum maksimal, maka hal ini disebabkan oleh tingginya laju pengadukan, sehingga menyebabkan terlepasnya partikel yang sebelumnya telah berikatan karena tumbukan yang terlalu intens antar partikel.

Perbandingan karakterisasi spektroskopi infra merah zeolit hasil sintesis dan zeolit 4A standar ditampilkan pada Tabel 1. Dari Tabel 1, dapat diketahui bahwa pada zeolit hasil sintesis untuk kecepatan pengadukan gel 100, 200, dan 300 rpm, semua puncak yang terbentuk sesuai dengan panjang bilangan gelombang zeolit 4A standar.

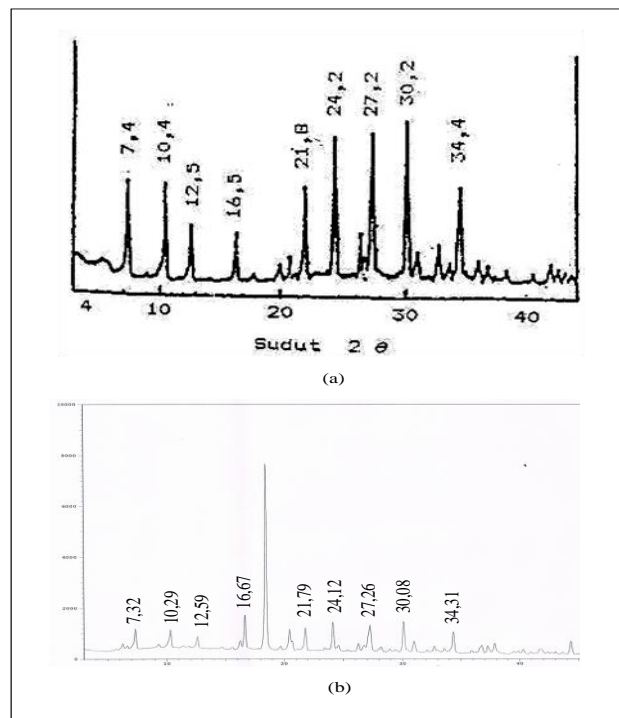
**Tabel 1.** Tabel Perbandingan Karakterisasi Spektroskopi Infra Merah Zeolit Hasil Sintesis dan Zeolit 4A Standar

| No | Zeolit 4A Standar         | Zeolit Hasil Sintesis |         |         |
|----|---------------------------|-----------------------|---------|---------|
|    |                           | 100 rpm               | 200 rpm | 300 rpm |
| 1  | 1250-950 $\text{cm}^{-1}$ | 1000                  | 1000    | 1029    |
| 2  | 650-500 $\text{cm}^{-1}$  | 559                   | 559     | 559     |
| 3  | 500-420 $\text{cm}^{-1}$  | 455,882               | 470,588 | 500     |
| 4  | 420-300 $\text{cm}^{-1}$  | 411,765               | 411,765 | 411,765 |

### 3.2 Karakterisasi Menggunakan Difraktometer Sinar-X

Setelah karakterisasi menggunakan spektroskopi inframerah, dilanjutkan dengan karakterisasi menggunakan difraktometer sinar-x untuk memperkuat kebenarannya. Pengujian hasil karakterisasi

menggunakan difraksi sinar-x dilakukan dengan membandingkan data hasil karakterisasi zeolit sintesis dengan data kualitatif standar JCPDS. Perbandingan pola difraksi zeolit 4A standar dengan pola difraksi zeolit 4A hasil sintesis disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** (a) Difraktogram Zeolit standar (Murat dkk, 1992)  
(b) Difraktogram Zeolit Hasil Sintesis

Hasil karakterisasi menggunakan difraksi sinar-x ditandai dengan adanya puncak-puncak yang terbentuk pada difraktogram. Nilai puncak-puncak yang terbentuk pada difraktogram kemudian dibandingkan dengan puncak difraktogram standar untuk mengetahui berhasil atau tidaknya proses sintesis. Difraktogram zeolit hasil sintesis memiliki nilai  $2\theta$  yang hampir sama dengan difraktogram standar. Dengan demikian, zeolit yang disintesis dengan rasio reaktan *fly ash*/NaOH 1/ 2,5 dan kecepatan pengadukan gel 200 rpm berupa zeolit 4A.

#### 4. Kesimpulan

*Fly ash* sawit dapat digunakan sebagai sumber silika dalam sintesis zeolit 4A. Karakterisasi menggunakan spektroskopi inframerah dan difraksi sinar X menunjukkan bahwa kondisi terbaik sintesis zeolit 4A diperoleh pada rasio reaktan *fly ash*/ NaOH 1/2,5 dan kecepatan pengadukan gel 200 rpm.

#### Daftar Pustaka

Akbar, F., Yelmida dan Zultiniar. 2006. Sintesis Zeolit 4A dari Bahan Dasar Abu Sabut Kelapa Sawit., *Seminar Nasional Teknik Kimia Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia*  
 CEFIC. 2000. *Zeolites for Detergents As Nature Intended*. Zeodet: Brussels  
 Chang, H.L. and W.H. Shih. 2000. Synthesis of Zeolites A and X from Fly Ashes and Their Ion-Exchange Behavior with Cobalt Ions. *Ind.Eng.Chem. Res.* 39: 4185-4191

Fruijtjer, C. and Polloth. 2008. The Safety of Synthetic Zeolites Used in Detergents. *Regulatory Toxicology*. 88: 23-35  
 Kettinger. 1979. Preparing Zeolite NAA. *United States Patent* 4.150.100  
 Murat, M., A. Anokrane, J.P. Bastide. and L. Montanaro. 1992. Syntesis of Zeolite from Thermally Activated kaolinite. Some Observations on Nucleation and Growth. *Clay Mineral.* 27. 119 – 130.  
 Murni D., dan Helmawati. 2006. Studi Pemanfaatan Abu Sabut Sawit sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit 4A. UNRI: Pekanbaru  
 Payra P. dan P.K. Dutta. 2003. *Zeolites: A Primer*. The Ohio State University: Ohio  
 Rakhmatullah DKA., Wiradini G. dan N.P. Ariyanto. 2007. Pembuatan Adsorben dari Zeolit Alam dengan Karakteristik Adsorption Properties untuk Kemurnian Bioetanol. ITB: Bandung  
 Rungsuk, D.,R. Apiratikul, V. Pavarajarn and Pavasant, 2006, Zeolite Synthesis from Fly Ash from Coal-Fired Power Plant by Fusion Method, *The 2<sup>nd</sup> Joint International Conference on Sustainable Energy and Environmental*  
 Soemargono, I. Sehfilda and A.A Saputro. 2008. Kajian Logam Krom dari Limbah Industri Elektroplating Menggunakan Resin Dowex SBR-P. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. 6.  
 Sopian. 2010. Pengaruh pH dan Waktu Aging terhadap Proses Presipitasi Silika dari Fly Ash Sawit dengan Menggunakan CO<sub>2</sub>, UNRI: Pekanbaru

- Susetyaningsih, R., E. Kismolo dan Prayitno. 2009. Karakterisasi Zeolit Alam Pada Reduksi Kadar Chrom dalam Limbah Cair. *Seminar Nasional V SDM Nuklir*
- Tanaka, H., S. Fujimoto. A. Fujii, R. Hino dan T. Kawazoe. 2008. Microwave Assisted Two-Step Process for Rapid Synthesis of Na-A Zeolite from Coal Fly Ash. *Ind.Eng.Chem. Res.*47: 226-230
- Tanaka, H., A. Miyagawa, H. Eguchi, dan R. Hino. 2004. Synthesis of a Single-Phase Na-A Zeolite from Coal Fly Ash by Dyalisis. *Ind. Eng. Chem.* 43: 6090-6094
- Ugal, J.R., K.H. Hassan dan I.H. Ali, I.H. 2010. Preparation of Type 4A Zeolite from Iraqi Kaolin: Characterization and Properties Measurements. *Journal of The Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences.* 9: 2-5
- Williams, J.D., B.E. Huck dan A.P. Wilkinson. 2002. First-Year Undergraduate Laboratory Experiments with Zeolites. *Chem. Educator.* 7: 33-36