

SINTESIS ZEOLIT 4A DARI BAHAN DASAR ABU SABUT KELAPA SAWIT

Fajril Akbar
Yelmida, Zultiniar
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Abstrak

Limbah padat industri minyak sawit berupa cangkang, sabut dan tandan, mempunyai kandungan silika yang cukup tinggi dalam abu hasil pembakarannya. Besarnya kandungan silica ini, sangat memungkinkan untuk menggunakan limbah padat industri sawit sebagai sumber silika dalam sintesis zeolit 4A. Sintesis zeolit 4A dari bahan dasar abu sabut sawit, dilakukan dengan mencampurkan reaktan berupa larutan natrium silikat dengan natrium aluminat. Larutan Natrium silikat dibuat melalui peleburan abu sabut sawit dengan NaOH kering. Hasil leburan dilarutkan dengan aquadest, dan diambil filtratnya. Campuran reaktan larutan natrium silikat dengan natrium aluminat diaduk sampai homogen dengan variasi perbandingan volume reaktan 40/60 dan 60/40 ml dan waktu pengadukan selama 3 jam hingga terbentuk gel. Gel selanjutnya dipanaskan dalam oven selama 8 jam pada suhu 80° C. Hasil sintesis disaring dan dicuci dengan aquadest hingga netral, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 120° C selama 2 jam. Zeolit hasil sintesis dianalisis secara spektroskopi inframerah dan difraksi sinar-x. Hasil analisis dibandingkan terhadap zeolit standard. Spektrum inframerah zeolit hasil sintesis pada perbandingan volume reaktan natrium silikat dan natrium aluminat 40 /60 dan 60/40 mirip dengan spectrum inframerah zeolit standard. Pola difraksi sinar-x zeolit hasil sintesis sesuai dengan pola difraksi sinar-x zeolit standard.

Kata kunci : Abu sabut sawit, Difraksi, sintesis, spektroskopi, zeolit

1. Pendahuluan

Limbah padat pertanian yang banyak di propinsi Riau salah satunya adalah sabut sawit sisa dari industri kelapa sawit, yang belum dimanfaatkan secara optimal. Sabut sawit yang pada hakekatnya hanya limbah, ternyata merupakan sumber silika yang cukup tinggi. Menurut Graille dkk, (1985) dari semua limbah padat industri minyak sawit, yang paling banyak mengandung silika adalah cangkang dan sabut sawit. Pirolisis lebih lanjut terhadap hasil pembakaran abu sabut sawit menunjukkan bahwa kandungan SiO₂ mencapai 60%. Yang juga menarik, 15%-berat abu akan diperoleh dari total berat sabut sawit yang dibakar (Susanto dan Budhi, 1998). Diharapkan abu sabut sawit yang kandungan silikanya cukup tinggi, dapat digunakan sebagai sumber silika untuk pembuatan silikat, salah satu bahan dasar sintesis zeolit.

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminasilikat terhidrasi yang mengandung ion alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya. Ion- ion tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversible (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Zeolit banyak digunakan sebagai penyerap dan penyaring molekul, penukar kation, dan katalis. Diantara zeolit sintetis adalah zeolit 4A. Zeolit 4A mempunyai struktur yang khas, penggunaannya sangat luas dalam proses penyerapan dan penukar ion, seperti pengeringan gas-gas dan cairan, pemisahan normal paraffin dan iso

paraffin. Zeolit 4A juga telah digunakan sebagai pembentuk deterjen pengganti polifosfat (Handayani dan Haryadi, 1998).

Akbar (1996), telah melakukan sintesis zeolit 4A menggunakan bahan dasar abu layang, limbah industri batu bara, sebagai sumber silica. Pada penelitian ini dilakukan sintesis zeolit 4A dengan bahan dasar abu sabut kelapa sawit sebagai sumber silica. Abu sawit berukuran 200 mesh dilebur dengan NaOH kering dan dilarutkan dalam aquadest membentuk larutan natrium silikat. Natrium silikat direaksikan dengan natrium aluminat, dengan perbandingan volume reaktan 40/60 dan 60/40 ml, dilakukan pengadukan selama 3 jam (Akbar, 1996) dan membentuk gel yang bewarna putih. Gel hasil sintesis disaring dan dikeringkan, menghasilkan zeolit 4A. Hasil sintesis dikarakterisasi secara spektroskopi inframerah dan difraksi sinar-x. Hasil karakterisasi dibandingkan terhadap zeolit standard.

Tabel 1. Komposisi Abu Sabut Sawit (% berat)

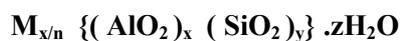
Unsur / Senyawa	Sabut	Cangkang	Tandan
Kalium (K)	9,2	7,5	25,8
Natrium (Na)	0,5	1,1	0,03
Kalsium (Ca)	4,9	1,5	2,7
Magnesium (Mg)	2,3	2,8	2,8
Klor (Cl)	2,5	1,3	4,9
Karbonat (CO ₃)	2,6	1,9	9,2
Nitrogen (N)	0,04	0,05	-
Posfat (P)	1,4	0,9	0,2
Silika (SiO ₂)	59,1	61	19,1

Sumber: Graille dkk., 1985

2.Fundamental

Zeolit adalah kristal aluminasilika dengan susunan kerangka tiga dimensi, terbentuk dari tetrahedral silika (SiO₄⁻⁴) dan alumina (AlO₄⁻⁵) yang terikat melalui atom oksigen, untuk membentuk rongga-rongga dan saluran dimensi molekul intrakristalin yang teratur. Macam-macam type zeolit dikarakterisasi berdasarkan topologi tertentu dalam kerangka tiga dimensinya, kandungan relative silicon dan aluminium, posisi atom silicon dan aluminium dalam kerangka tetrahedralnya dan penyebaran kation-kation.

Komposisi kimia zeolit alumina silika digambarkan dengan rumus sebagai berikut:



Dimana:

$M_{x/n}$ = Kation bervalensi n diluar kerangka, yang dapat dipertukarkan.

{ } = Kerangka alumina-silika

zH_2O = Air kristal diluar kerangka.

$y > x$

Rumus tersebut menunjukkan bahwa zeolit terdiri dari tiga komponen yaitu: kerangka aluminasilikat $\{(AlO_2)_x(SiO_2)_y\}$, logam alkali ($M_{x/n}$), dan air. Ratio Si / Al (y / x) di dalam kerangka menentukan struktur dan sifat zeolit. Misalnya zeolit A, mempunyai ratio Si / Al = 1 dimana tiap atom silicon terikat dengan empat atom aluminium melalui atom oksigen, dan sebaliknya. Kerangka zeolit merupakan anion dengan muatan (negatif) sama dengan jumlah atom aluminium dalam rangkanya. Untuk menetralkan muatan negatif tersebut dibutuhkan ion positif, biasanya merupakan logam dari golongan alkali dan alkali tanah. Kation-kation penyeimbang muatan dalam zeolit dapat mengalami pertukaran ion. Zeolit dengan rasio Si / Al rendah mempunyai kapasitas pertukaran yang lebih tinggi, dibandingkan dengan zeolit kandungan silica tinggi. Sedangkan komponen lainnya yaitu air kristal yang mengisi saluran-

saluran dan rongga dapat dihilangkan dengan pemanasan. Pada beberapa zeolit, pemanasan tidak dapat menukar struktur dan posisi kation dalam kerangkanya (Hamdan, 1992).

Proses sintesis zeolit melibatkan pembentukan gel alumina silika. Setelah sampai waktu tertentu, kristal zeolit akan terbentuk tanpa pengendapan dari fasa larutan. Karena itu, campuran sintesis yang terbentuk sangat kompleks, dimana sistem tersusun dari gel amorf, larutan jenuh dan kristal zeolit.

Terdapat dua postulat yang telah diusulkan dalam mekanisme sintesis zeolit, yakni :

(1) Mekanisme pengangkutan fase massa dalam larutan

Kristalisasi dicapai dengan cara deposisi spesies aluminat dan silikat pada kristal dan pelarutan silika alumina amorf. Kemudian spesies-spesies tersebut secara kontinu akan berpindah dari fase larutan menuju ke daerah permukaan kristal. Pembentukan kristal zeolit dilakukan dengan cara kondensasi yang disertai terjadinya polimerisasi spesies-spesies AlO_4^{-5} dan SiO_4^{-4} dalam larutan lewat jenuh untuk membentuk ikatan Si-O-Si dan Si-O-Al. Dua hal penting dalam sintesis zeolit adalah proses pembentukan inti dan pertumbuhan kristal. Sebelum kristal tumbuh, terlebih dahulu terjadi pembentukan inti. Pertumbuhan inti kristal akan memperbesar ukuran inti kristal sehingga mencapai suatu ukuran tertentu yang disebut dengan ukuran kritis dan kemudian secara spontan tumbuh sebagai kristal. Laju pertumbuhan kristal bergantung pada temperatur, dengan temperatur yang tinggi biasanya akan mempercepat laju pertumbuhan kristal zeolit (Hamdan, 1992).

(2) Mekanisme perubahan fase padatan (Hsin dkk, 1990).

Kristalisasi terjadi secara langsung dari gel amorf. Fasa larutan tidak mempengaruhi pembentukan dan pertumbuhan inti kristal. Selama kristalisasi gel, terjadi penataan ulang anion silikat dan anion aluminat sehingga terjadi struktur kristal. Para peneliti menyimpulkan bahwa struktur kristal yang terjadi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya komposisi kimia gel, suhu, waktu kristalisasi serta pengontrolan homogenisasi dan kondisi pengintian (Handayani dan Haryadi, 1998).

Zeolit 4A adalah merupakan kristal aluminasilika sintetis yang terdiri dari kesatuan mata rantai sangkar sodalit yang berikatan membentuk cincin ganda beranggota empat, yang dihubungkan oleh atom oksigen. Rumus kimia dari zeolit 4A adalah $Na_{12}(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12} \cdot 27H_2O$ dengan rasio Si/Al = 1, yang mempunyai simetri kubik dengan unit sel sebesar $a = 12,32 \text{ \AA}$, dan biasanya dalam bentuk Na Zeolit.

Sintesis zeolit 4A dan modifikasinya telah banyak dilakukan dengan berbagai macam prosedur dan berbagai jenis reaktan sebagai sumber silika dan aluminanya. Pada penelitian terdahulu, zeolit 4A disintesis dari kaolin ($SiO_2 = 54,53-63,69\%$ dan $Al_2O_3 = 9,5-17,35\%$), kerak geotermal ($SiO_2 = 92\%$ dan Al = 1.1%), abu terbang yang berasal dari pembangkit listrik tekanan uap ($SiO_2 = 50\%$ dan $Al_2O_3 = 31\%$) (Sutarti dan Rachmawati, 1994) dan abu layang batu bara (Akbar, 1996).

3. Metodologi

a. Persiapan Abu Sabut Sawit

Pada tahap ini, dilakukan pembakaran sabut sawit hingga menjadi abu, kemudian abu yang diperoleh dipijarkan pada suhu $700^\circ C$ selama 2 jam. Abu hasil kalsinasi dicuci dengan aquades. Endapan (abu) dipisahkan dari filtratnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $120^\circ C$ selama tiga jam. Abu yang diperoleh diayak menggunakan screen untuk menyeragamkan ukurannya (200 mesh).

b. Persiapan Reaktan

Pembuatan Larutan Natrium Silikat

Larutan natrium silikat dibuat dengan melebur 25 gram abu sabut kelapa sawit dan 62,5 gr NaOH kering pada temperatur $500^\circ C$ selama 5 menit. Setelah dingin, campuran hasil leburan diberi aquades secukupnya dan dibiarkan selama 24 jam agar larut sempurna. Larutan selanjutnya disaring dan filtrate diencerkan sampai volumenya tepat 250 ml dalam labu ukur.

Pembuatan Larutan Natrium Aluminat

Larutan natrium aluminat dibuat dengan melarutkan 30,50 gram NaOH dalam 100 ml aquades. Larutan NaOH selanjutnya dipanaskan. Ke dalam larutan NaOH panas, dimasukkan sebanyak 21,65 gr $\text{Al}(\text{OH})_3$ sambil diaduk sempurna. Setelah semua $\text{Al}(\text{OH})_3$ larut, kemudian larutan diencerkan sampai volume 250 ml.

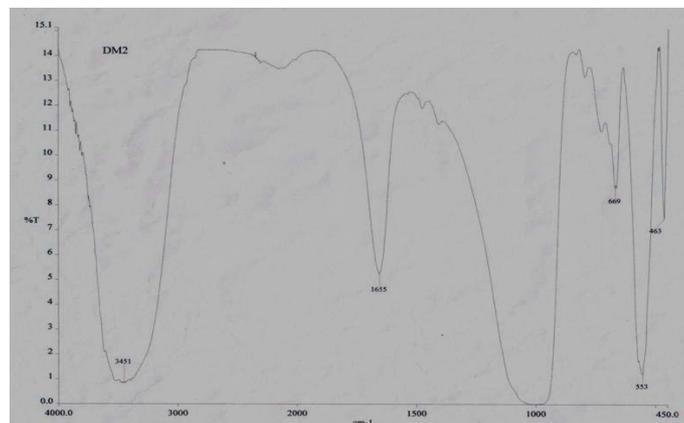
c. Tahap Sintesis Zeolit 4A

Proses sintesis zeolit 4A dilakukan dengan menambahkan larutan natrium aluminat secara perlahan-lahan ke dalam larutan natrium silikat (variasi volume reaktan 40/60 dan 60/40 ml) sambil diaduk hingga homogen (selama 3 jam) (Akbar, 1996) dan akan terbentuk gel yang berwarna putih. Kemudian gel tersebut dipanaskan dalam oven pada temperatur 80°C selama 8 jam. Hasil sintesis disaring, endapannya dicuci dengan aquades sampai pH netral. Endapan selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam. Selanjutnya senyawa / hasil sintesis siap untuk dianalisis secara spektroskopi inframerah dan difraksi sinar-x.

4. Hasil dan Pembahasan

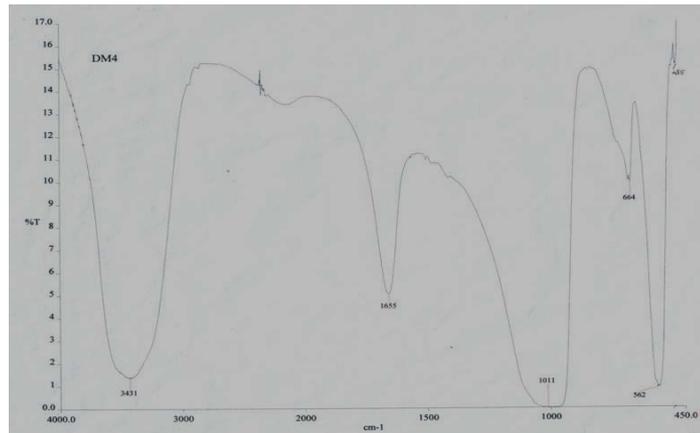
Tujuan memvariasikan volume reaktan adalah untuk mendapatkan kondisi perbandingan antara volume natrium silikat dan natrium aluminat yang sesuai dengan komposisi terbentuknya zeolit 4A. Karakterisasi yang merupakan ciri khas terbentuknya zeolit 4A ditandai dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang $1250\text{-}950\text{ cm}^{-1}$, $650\text{-}500\text{ cm}^{-1}$, $500\text{-}420\text{ cm}^{-1}$, dan $420\text{-}300\text{ cm}^{-1}$. Serapan pada bilangan gelombang $1250\text{-}950\text{ cm}^{-1}$ menyatakan adanya rentang asimetri dari ikatan TO_4 tetrahedral. Serapan pada bilangan gelombang $650\text{-}500\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan vibrasi cincin ganda polihedral kerangka zeolit. Serapan pada bilangan gelombang $500\text{-}420\text{ cm}^{-1}$ menyatakan serapan vibrasi tekuk ikatan TO_4 . Serapan pada bilangan gelombang $420\text{-}300\text{ cm}^{-1}$ menyatakan adanya pori terbuka dari zeolit (Flanigen dkk, 1971; Akbar 1996).

Dari spektroskopi inframerah zeolit 4A hasil sintesis pada perbandingan volume reaktan 40/60, yakni pada daerah bilangan gelombang $1500\text{-}400\text{ cm}^{-1}$, muncul serapan pada bilangan gelombang 463 cm^{-1} , 553 cm^{-1} , dan 1000 cm^{-1} . Hasil spektroskopi ditampilkan pada gambar 1.



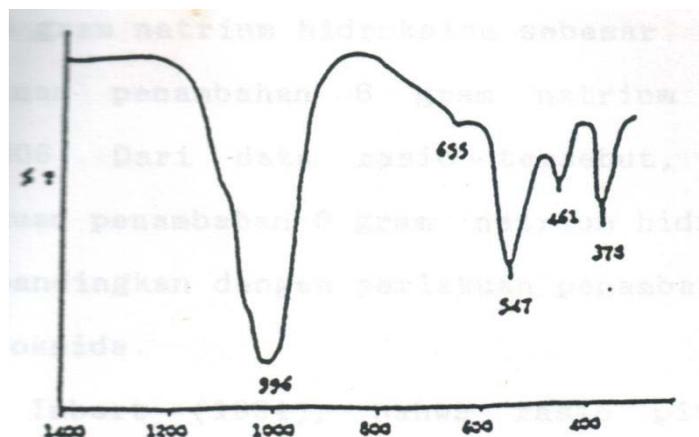
Gambar 1. Spektrogram Inframerah Zeolit Hasil Sintesis untuk Variasi Volume Reaktan 40/60

Untuk perbandingan volume reaktan 60/40 menghasilkan serapan pada bilangan gelombang 485 cm^{-1} , 562 cm^{-1} , dan 1011 cm^{-1} . Hasil analisis secara spektroskopi inframerah diperlihatkan pada gambar 2. Untuk kedua variasi volume reaktan, ternyata dihasilkan pita serapan yang sesuai untuk karakterisasi zeolit 4A standar (Flanigen dkk, 1971), seperti yang ditampilkan pada gambar 3.



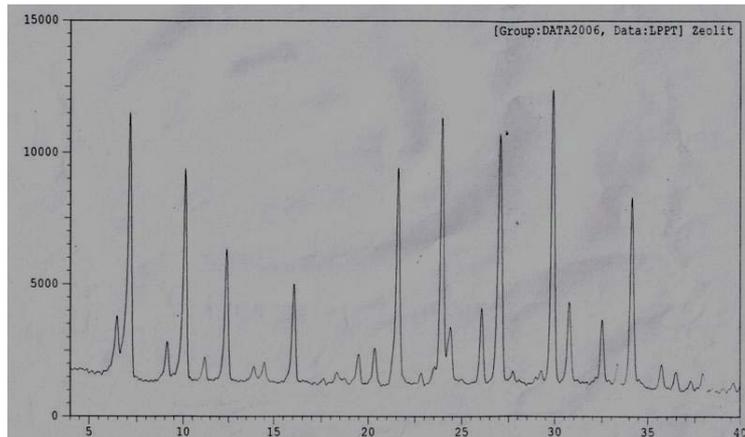
Gambar 2. Spektrogram Inframerah Zeolit Hasil Sintesis untuk Variasi Volume Reaktan 60/40

Untuk menentukan perbandingan volume reaktan yang lebih baik, dapat ditentukan dengan membandingkan rasio serapan pada bilangan gelombang 650-500 dan 500-420 cm^{-1} . Rasio serapan pada 650-500/500-420 cm^{-1} untuk perbandingan volume 40/60 adalah 1,6918, untuk perbandingan volume 60/40 adalah 2,5629. Dari data rasio serapan, dapat dinyatakan bahwa perbandingan volume 60/40 lebih baik dibandingkan dengan perbandingan volume 40/60. Semakin besar nilai rasio serapan yang didapat, berarti semakin besar pula serapan yang terjadi pada daerah bilangan gelombang 650-500 cm^{-1} , yang menyatakan banyak terbentuk cincin ganda dari tetrahedral TO_4 . Dengan kata lain, semakin besar nilai rasio serapan yang didapat maka semakin besar kristalinitas zeolit 4A yang terbentuk.



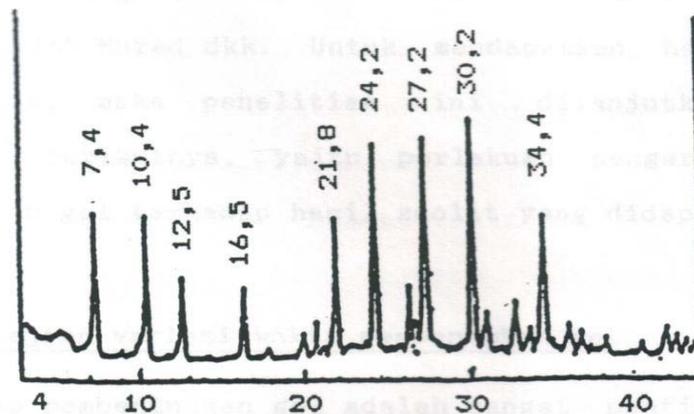
Gambar 3. Spektrogram Inframerah Zeolit 4A Standar (Flanigen ,1971)

Untuk memperkuat kebenaran hasil karakterisasi dari spektroskopi inframerah, maka dilanjutkan karakterisasi menggunakan difraktometer sinar-x. Karakterisasi zeolit hasil penelitian ini diukur pada daerah sudut difraksi (2θ) dari 4° hingga 40° . Pola difraksi zeolit 4A hasil sintesis (gambar 4.) dibandingkan dengan hasil penelitian Murat dkk. (1992). Pola difraksi zeolit 4A (Murat dkk., 1992) disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Difraktogram zeolit hasil sintesis

Pada difraktogram Gambar 4. terlihat munculnya beberapa puncak yaitu pada daerah sudut $2\theta = 7,1 ; 10,1 ; 12,4 ; 16,04 ; 21,6 ; 23,9 ; 27,0 ; 29,9$ dan $34,11$. Dan memberikan harga $d (\text{\AA}) = 12,39 ; 8,75 ; 7,14 ; 5,52 ; 4,11 ; 3,716 ; 3,297 ; 2,988$ dan $2,626$. Pola difraksi zeolit hasil sintesis dan zeolit 4A Murat dkk. (1992) mempunyai harga 2θ yang hampir sama, yang mana pola difraksi zeolit 4A Murat didapatkan pada daerah sudut $2\theta = 7,4 ; 10,4 ; 12,5 ; 16,5 ; 21,8 ; 24,2 ; 27,2 ; 30,2$ dan $34,4$.



Gambar 5. Difraktogram zeolit 4A Murat dkk,(1992)

Menurut Imbert dkk. (1994), difraksi yang menentukan kristalinitas zeolit 4A adalah harga $d (\text{\AA}) = 12,29 ; 8,71 ; 7,11 ; 5,51 ; 4,107 ; 3,714 ; 3,278 ; 2,987$ dan $2,626$. Dengan membandingkan harga sudut 2θ dan harga $d (\text{\AA})$ zeolit hasil sintesis dengan zeolit 4A (Murat dkk., 1992 dan Imbert dkk., 1994), maka dapat disimpulkan bahwa zeolit hasil sintesis pada penelitian ini merupakan zeolit 4A.

5. Kesimpulan

Pemanfaatan abu sabut kelapa sawit, limbah padat dari industri minyak sawit, sebagai bahan dasar pembuatan zeolit 4A, memberikan hasil yang cukup memuaskan. Hasil analisis data spektroskopi inframerah dan difraksi sinar-X, memperlihatkan bahwa zeolit 4A hasil sintesis identik dengan zeolit standar .

Dari karakterisasi zeolit hasil sintesis menggunakan spektroskopi inframerah dapat disimpulkan bahwa perbandingan volume reaktan (natrium silikat dan natrium aluminat) 60/40, lebih baik dari perbandingan volume 40/60 ,dengan nilai rasio serapan pada 650-500/500-420

cm^{-1} untuk perbandingan volume 40/60 adalah 1,6918, untuk perbandingan volume 60/40 adalah 2,5629

Ucapan terima kasih

Tulisan ini merupakan hasil penelitian yang dibiayai oleh Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi. Terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas pendanaannya, sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Terimakasih pada mahasiswa Dewi Murni dan Helmawati, atas bantuannya dalam penelitian ini

Daftar Pustaka

- 1) Akbar, F., 1996, "Sintesis dan Karakterisasi Zeolit 4A dari Bahan Dasar Abu Layang", Tesis, Universitas Gadja Mada, Yogyakarta.
- 2) de Lucas, A., Uguina, M. A., Covian, I., dan Rodrigues, L., 1992, "Synthesis of 13 X Zeolite from Calcined Kaolins and Sodium Silicate for use in Detergents", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 31, 2134–2140.
- 3) Flanigen, E.M., Khatami, H., dan Szimanzki, H.A., 1971, "Infrared Structure Studies of Zeolit Framework, Molecular Sieve Zeolit-I", *American Society Advances in Chemistry Series No.101*. Washington D.C., 201-229.
- 4) Hamdan, H., 1992, "Introduction to Zeolite: Syntesis, Characterisazation and modification", *University Teknology Malaysia*.
- 5) Handayani, S. dan Haryadi, W., 1998, "Modifikasi Sintesis Zeolit A Sebagai Bahan Pengisi Deterjen (Builder)", *FPMIPA IKIP Yogyakarta*.
- 6) Imbert, F.E., Moreno, C., dan Montero, A., 1994, "Venezuelan Natural Aluminosilicate as Feedstock in the Synthesis of Zeolit A", *Zeolit*, 14, 374-378.
- 7) Murat, M., Anokrane, A., Bastide, J. P., and Montanaro, L., 1992, "Symtesis of Zeolite from Thermally Activated kaolinite. Some Observations on Nucleation and Growth", *Clay Mineral*, 27, 119 – 130.
- 8) Ribeiro, R. F., Ridrigues, A. E., Rollman, L. D., dan Naccache, C., 1984, "Zeolites: Science and Tehnology", *Martinus Nijhoff Publishers, Netherland*
- 9) Susanto, H dan Budhi, W., "Pemanfaatan Tandan Kosong Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif Melalui Proses Gasifikasi", *Prosiding Pertemuan Teknis kelapa sawit*, hal 41 – 53, Medan, 1997.

Filename: makalah yelmida
Directory: C:\Documents and Settings\bundo\My Documents\My Documents\SNTK TOPI 2006 Yeah!\makalah lengkap
Template: C:\Documents and Settings\bundo\Application Data\Microsoft\Templates\Normal.dot
Title: SINTESIS ZEOLIT 4A DARI BAHAN DASAR
Subject:
Author: bundo
Keywords:
Comments:
Creation Date: 10/11/2006 15:09:00
Change Number: 23
Last Saved On: 02/12/2006 08:55:00
Last Saved By: bundo
Total Editing Time: 327 Minutes
Last Printed On: 02/12/2006 08:56:00
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 7
Number of Words: 2.589 (approx.)
Number of Characters: 14.760 (approx.)

