

Pengaruh Jumlah Serat Gelas Sebagai Material Pendukung dalam Sintesis Zeolit-A

Nurul Widiastuti dan Patrick R. Shara

*Departemen Kimia, Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111*

**)Penulis korespondensi : nurul_widiastuti@chem.its.ac.id*

Abstrak

Abstrak: Pengaruh jumlah serat gelas sebagai material pendukung dalam sintesis Zeolite-A telah diamati pada penelitian ini. Sintesis dilakukan dengan teknik hidrotermal pada suhu 100°C. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah penambahan serat gelas sebanyak 0,01; 0,024; 0,1 dan 1 gram dalam tiap 100 gram komposit. Jumlah serat gelas sebanyak 0,024 gram menunjukkan hasil terbaik untuk sintesis zeolite-A bermaterial pendukung serat gelas. Sebagai data pendukung dilakukan karakterisasi menggunakan instrumen FT-IR (Fourier Transform), XRD (X-Ray Diffraction) dan SEM (Scanning Electron Microscopy).

Kata kunci: Sintesis zeolit-A, material pendukung serat.

I. PENDAHULUAN

Zeolit adalah material unik dan menarik perhatian para peneliti maupun industri, karena komposisi bahan, topologi dan ukuran pori-porinya yang dapat diubah-ubah. Selain itu, zeolit memiliki luas permukaan yang besar, kemampuannya untuk menyaring molekul sesuai dengan ukuran dan bentuk, serta permukaan internal kimianya yang dapat berkisar dari asam ke basa dan hidrofobik ke hidrophilik. Kombinasi seperti ini yang menjadikan zeolit banyak dimanfaatkan

dan diaplikasikan. Salah satunya sebagai katalis yang baik dalam pengolahan minyak bumi dan petrokimia, adsorpsi dan pemisahan bahan serta penukar ion (Sundkk., 2012).

Pada umumnya zeolit memiliki ukuran partikel yang kecil. Hal ini justru menimbulkan beberapa permasalahan seperti penurunan performa ketika berada pada tekanan tinggi, serta sukar untuk dipisahkan dan penanganannya saat digunakan. Untuk mengatasi hal tersebut kristal zeolit diubah dalam bentuk pellet,

tablet maupun granular dengan penambahan material perekat. Namun, penambahan zat perekat dalam zeolit seringkali dapat menurunkan kemampuan zeolit tersebut (Martinez dkk., 2001).

Baru-baru ini penelitian mengenai sintesis zeolit menggunakan material pendukung sebagai pengganti material perekat sangat menarik para peneliti. Hal ini disebabkan selain faktor penggunaan material perekat yang sudah dijelaskan sebelumnya, material pendukung juga lebih ekonomis bila diaplikasikan dalam produksi zeolit dalam skala besar.

Keunggulan dari zeolit dengan material pendukung diantaranya adalah meningkatnya kekuatan mekanik, perpindahan panas dan aktivitas katalitik dari zeolit tersebut (Liu dkk., 2005) serta lebih praktis dan ekonomis dalam penggunaannya. Material pendukung yang lazim digunakan adalah logam, keramik, polimer yang memiliki morfologi lempengan maupun *tube*. Namun, belum banyak penelitian mengenai sintesis zeolit menggunakan material serat. Zeolit berpendukung material serat dapat diaplikasikan sebagai membran dan material penyaringan gas maupun cairan serta bahan baku peralatan kedokteran. Selain itu, kemampuan dari material ini juga sangat baik untuk isolator (Deng dkk., 2002) serat juga diketahui sangat

baik untuk media reaksi fotokimia (Tosheva dan Valtchev, 2005).

Beberapa penelitian yang berhasil mensintesis zeolit dengan pendukung material serat, salah satunya adalah penelitian yang dilaporkan oleh Mintova dan Voltcher (Mintova dan Valtchev, 2005) yang mensintesis zeolit-A dengan material pendukung serat alam. Pertama-tama serat alam diaktifasi sebelum ditambahkan dalam proses sintesis. Kemudian bahan dasar zeolit-A dan serat dihidrotermal selama 4 jam pada suhu 90°C.

Martinez dkk. (2001) menggunakan karbon serat sebagai material pendukung. Sebelum digunakan dalam proses sintesis, karbon serat terlebih dahulu dipanaskan pada suhu 900°C dengan dialirkan gas N₂. Serat kemudian dimasukkan dalam larutan sintesis dan dihidrotermal. Kemudian larutan diperam selama 3 jam. Sedangkan Larlus dkk. (2005), mensintesis silicate-1 terkomposit pada serat gelas. Serat pertama-tama diaktifasi selama 15 menit menggunakan aseton dalam radiasi ultrasonik, kemudian serat dicuci dan dikeringkan. Serat gelas yang sudah diaktifasi, kemudian dihidrotermal dengan gel pada reaktor Teflon selama 2 hingga 22 jam. Kemudian hasil sintesis tersebut kembali diberi radiasi ultrasonik, dicuci dan dikeringkan pada suhu 80°C. setelah

itu dikalsinasi pada suhu 550°C selama 5 jam.

Sintesis zeolit pada material berpendukung telah dilaporkan oleh Deng dkk (2002) melalui beberapa tahap proses hidrotermal. Tahap hidrotermal ini merupakan tahap pembentukan kristal zeolit yang kemudian dioptimalkan melalui tahap *post* hidrotermal. Sintesis zeolit pada material pendukung ini sudah berkembang, antara lain zeolite yang disintesis pada serat berongga gelas yang berfungsi sebagai membrane desalinasi (Makhtar dkk, in press). Pada penelitian ini, dilakukan sintesis zeolit-A menggunakan material pendukung serat gelas. Zeolit-A dipilih karena memiliki banyak keunggulan diantaranya memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi, kapasitas adsorpsi yang baik, dan digunakan sebagai katalis dalam petrokimia serta telah dimanfaatkan dalam campuran bahan pembuat detergen (Kamali dkk., 2009), serta relatif mudah disintesis. Selama ini metode yang digunakan dalam sintesis zeolit-A pada umumnya adalah hidrotermal pada suhu 90°C (Widiastuti dan Prasetyoko, 2009). Pemilihan material serat gelas didasarkan pada fungsi serat gelas tersebut sebagai resin dan material penyaring. Hal tersebut memiliki persamaan dengan kegunaan zeolit-A sebagai material resin penukar

kation dan penyaring. Kedua material tersebut sangat mungkin diaplikasikan sebagai material katalis dan penyaringan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mensintesis zeolit-A pada material pendukung serat gelas dengan memvariasikan jumlah serat gelas yang telah diaktifasi pada larutan bahan zeolit.

II. METODOLOGI PENELITIAN

a. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *autoclave*, oven, pH meter, FT-IR SHIMADZU, XRD PHILIPS X'PERT, SEM ZEISS TIPE EVO MA 10, dan PSD MASTERSIZER 2000. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain air demineralisasi, pellet NaOH (99%, Merck, 011-002-00-6), NaAlO₂ (Sigma-Aldrich, 13404-5KG-R), Na₂SiO₃ (Sigma-Aldrich, 338443-3L), dan serat gelas (*glass wool*) sebagai material serat.

b. Prosedur kerja

Aktivasi serat gelas dengan Larutan NaOH 1M

Material serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat gelas (*serat gelas*). Sebelum digunakan, serat gelas diaktifasi terlebih dahulu menggunakan larutan NaOH 1M. Serat gelas dimasukkan dalam wadah kemudian direndam dengan larutan NaOH selama 24

jam. Selanjutnya serat gelas dicuci dan dikeringkan pada suhu 80°C selama 3 jam.

Sintesis Zeolit-A Berpendukung Material Serat

Zeolit-A berpendukung material serat disintesis dengan metode hidrotermal sederhana. Pada penelitian ini diharapkan kristal zeolit-A tumbuh menyelimuti seluruh permukaan material serat pendukung. Pertama-tama larutan zeolit-A dibuat dengan cara sebagai berikut, NaOH dilarutkan dalam air deionisasi kemudian dibagi menjadi dua bagian (larutan A dan B), larutan A dicampur dengan NaAlO₂, sedangkan larutan B dicampur dengan Na₂SiO₃. Kedua larutan tersebut diaduk secara terpisah. Setelah kedua larutan tersebut jernih, larutan dicampur dan diaduk dengan kecepatan konstan selama 12 jam.

Selanjutnya larutan zeolit-A dan serat gelas dengan jumlah tertentu dimasukkan secara bersamaan dalam reaktor *stainless steel* dan dihidrotermal selama 15 jam pada suhu 100°C. Setelah itu material hasil sintesis dicuci dengan air deionisasi hingga netral kemudian dipanaskan selama 12 jam.

Karakterisasi zeolit

Teknik karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain

analisa menggunakan SEM, FTIR dan XRD. Karakterisasi SEM digunakan untuk mengetahui bentuk morfologi dari zeolit-A berpendukung material serat. Karakterisasi XRD digunakan untuk mengidentifikasi fase kristal zeolit-A yang tumbuh pada material pendukung. Sedangkan untuk karakterisasi FTIR digunakan untuk mengetahui adanya vibrasi ikatan T-O (T = Si atau Al) asimetri dan simetri dalam zeolit A.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Zeolit-A Berpendukung Material Serat

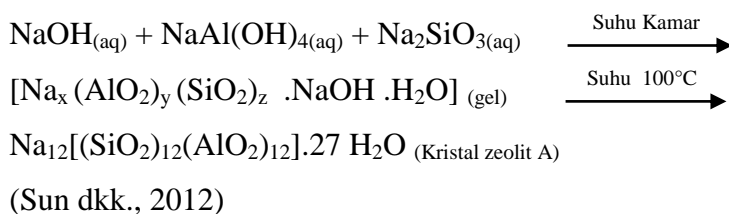
Larutan zeolit-A disintesis dengan metode hidrotermal. Pertama-tama prekursor yang digunakan dicampur dan diaduk dengan kecepatan konstan selama 12 jam sebelum dihidrotermal. Pengadukan selama 12 jam bertujuan untuk menghomogenkan larutan. Selanjutnya larutan zeolit tersebut dimasukkan bersama serat gelas sebagai material pendukung dalam autoklaf untuk dihidrotermal selama 15 jam pada suhu 100°C untuk proses kristalisasi.

Padatan amorf silika dan alumina akan terlarut dalam reaksi hidrotermal, sehingga konsentrasinya dalam larutan akan semakin besar. Selain itu, juga terjadi pembentukan dan pertumbuhan inti kristal zeolit. Kristalisasi terjadi karena

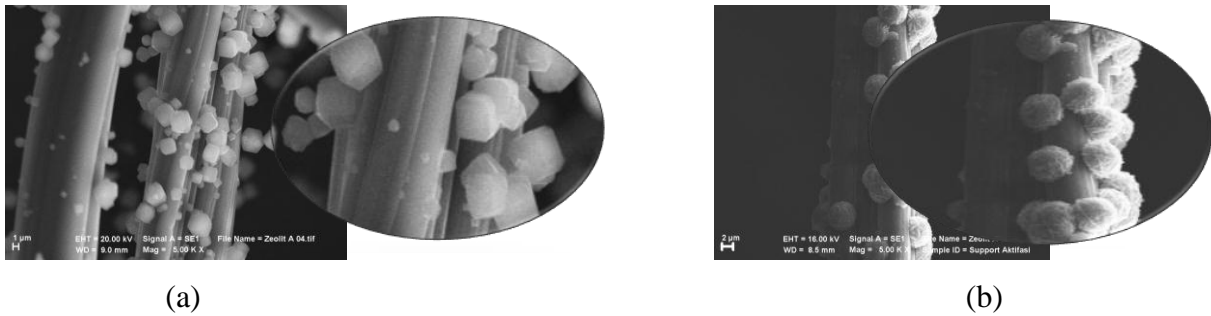
adanya reaksi kondensasi membentuk ikatan baru T-O-T dengan T adalah Si atau Al (kecuali Al-O-Al) yang selanjutnya mengalami agglomerasi menghasilkan partikel kristal zeolit (Holilah, 2012). Zeolit -A memiliki kekristalan tertinggi dihasilkan pada proses hidrotermal menggunakan suhu 100°C (Widiastuti dan Prasetyoko, 2009). Proses pembentukan kristal zeolit A ditunjukkan pada Skema 1. Hasil hidrotermal kemudian disaring dan dicuci dengan air DM hingga pH netral. Pencucian hingga pH netral bertujuan untuk menghilangkan sisa NaOH yang bersifat basa. Pengeringan dilakukan pada suhu 80°C selama 12 jam untuk menghilangkan kandungan air fisis sisa pencucian. Kemudian sample hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), FTIR dan Difraksi Sinar X (XRD).

Hasil Mikrograf *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Zeolit-A Berpendukung Material Serat

Zeolit-A berpendukung material serat hasil sintesis dianalisis menggunakan instrumen SEM. Karakterisasi SEM bertujuan untuk mengetahui morfologi kristal zeolit yang terbentuk, serta mengkonfirmasi bentuk kristal yang tumbuh pada permukaan dari serat gelas. Gambar 1 dan Gambar 2 menampilkan mikrograf SEM hasil sintesis zeolit-A berpendukung material serat. Gambar 1 adalah mikrograf SEM yang menunjukkan hasil sintesis menggunakan serat gelas (a) sebelum diaktivasi dan (b) sesudah diaktivasi. Pada Gambar 1 (a) terlihat kristal zeolit tidak tumbuh dari permukaan serat gelas tersebut, melainkan hanya menempel pada permukaannya. Sedangkan pada Gambar 1 (b) kristal zeolit tumbuh pada permukaan serat gelas.



Skema 1. Reaksi proses pembentukan Zeolit A

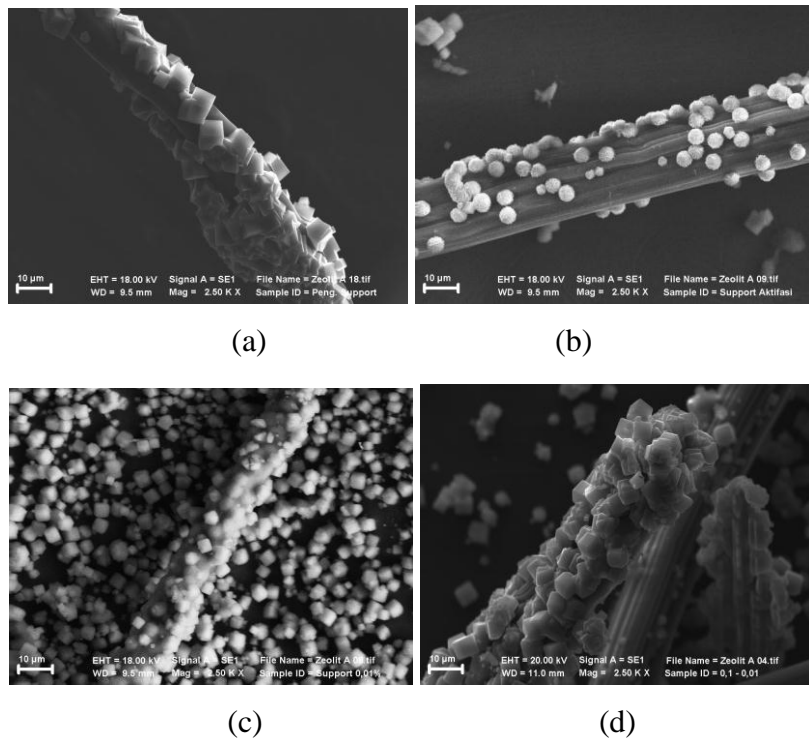


Gambar 1. Mikrograf SEM hasil sintesis zeolit-A berpendukung material serat (a) sebelum aktivasi serat gelas, (b) sesudah aktivasi serat gelas.

Perbedaan tersebut disebabkan oleh serat gelas sebelum diaktivasi tidak memiliki sisi aktif. Sisi aktif tersebut dapat menjadi daerah pertumbuhan kristal zeolit (Liu dkk., 2005). Larutan zeolit akan membentuk lapisan gel pada permukaan serat gelas teraktivasi yang kemudian ternukleasi dan membentuk kristal zeolit pada permukaan serat gelas (Xiaochun dkk., 2004). Sisi aktif tersebut berasal dari proses aktivasi serat gelas oleh larutan NaOH. Larutan NaOH tersebut akan merusak ikatan kimia yang ada pada permukaan serat gelas (Cazetta dkk., 2011), sehingga sisi aktif berupa silika akan muncul pada permukaan.

Silika pada serat gelas ini juga mempengaruhi pertumbuhan dari kristal zeolit hasil sintesis. Pada Gambar 1 (a) dan (b) dapat dilihat bahwa kristal zeolit yang tumbuh memiliki perbedaan. Silika tersebut dapat mengganggu proses tumbuhnya kristal zeolit bila

keberadaannya berlebih, karena dapat mempengaruhi komposisi dari silika dalam larutan zeolit (Liu dkk., 2005). Komposisi silika ini berpengaruh pada pertumbuhan inti dan komposisi kerangka zeolit (Barrer, 1982). Gambar mikrograf SEM 2 menunjukkan hasil sintesis zeolit-A berpendukung material serat dengan berbagai variasi penambahan serat gelas. Variasi penambahan serat gelas bertujuan untuk mendapatkan hasil sintesis terbaik. Gambar 2 (a) adalah sintesis zeolit A berpendukung material serat dengan penambahan serat gelas 1% berat, (b) penambahan serat gelas 0,1% berat, (c) penambahan serat gelas 0,01% berat dan (d) penambahan serat gelas 0,024% berat. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa kristal zeolit menyelimuti hampir seluruh permukaan serat gelas.



Gambar 2. Mikrograf SEM hasil sintesis zeolit-A berpendukung material serat dengan penambahan material masing-masing (a) 1% berat, (b) 0,1% berat, (c) 0,01% berat dan (d) 0,024% berat.

Pada penambahan serat gelas 0,1 % berat, zeolit yang tumbuh pada serat gelas sudah membentuk kristal zeolit-A. Namun, kristal zeolit-A tersebut sudah mengalami kerusakan dengan kemunculan distorsi pada sisi-sisi kristalnya. Distorsi tersebut disebabkan karena pertumbuhan kristal zeolit-A yang terus menerus, sehingga mengakibatkan tumbuhnya kristal baru pada sisi-sisi zeolit. Pertumbuhan kristal pada sisi zeolit-A yang terus menerus justru akan menyebabkan penurunan kekristalan zeolit-A itu sendiri karena kristal zeolit-A tersebut bertransformasi menjadi zeolit lain.

Zeolit-A berpendukung material serat pada Gambar 2 (c) dan (d) dari mikrograf SEM terlihat memiliki morfologi sesuai yang diharapkan, dimana kristal zeolit-A tumbuh menyelumit seluruh permukaan serat gelas. Namun, pada Gambar 2 (d) pertumbuhan kristal zeolit-A lebih bagus dan sempurna bila dilihat secara visual. Kristal zeolit-A pada Gambar 2 (d) memiliki bentuk tetrahedral tanpa ada distorsi pada sisi-sisi kristalnya. Meskipun sudut kristalnya tidak siku sempurna. Bentuk tetrahedral kubus tersebut merupakan bentuk khas dari kristal zeolit-A. Walaupun demikian, analisa dengan instrumen lain seperti XRD dan FTIR perlu dilakukan untuk

mengkonfirmasi hasil dari analisis SEM tersebut.

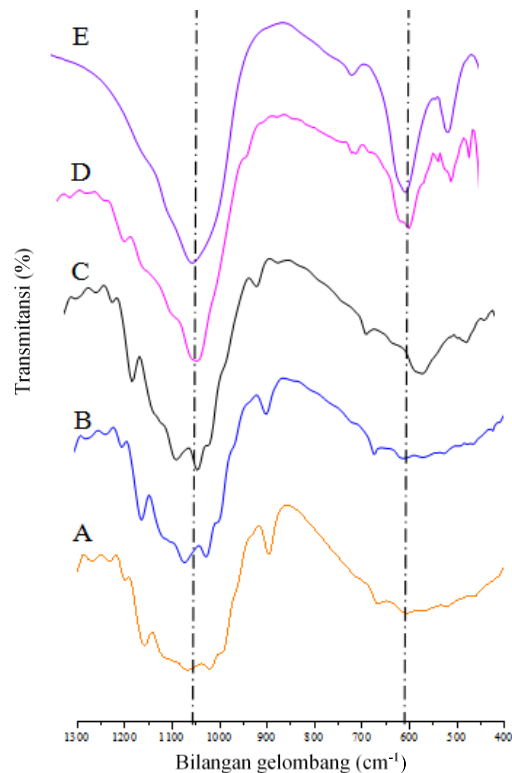
Hasil Analisis Menggunakan Instrumen Fourier Transform Infrared FTIR

Karakterisasi menggunakan spektroskopi inframerah (FTIR) pada beberapa sampel zeolit-A berpendukung material serat dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsinya. Karakterisasi FTIR juga dilakukan pada serat gelas untuk mengetahui pengaruh dari aktivasi pada serat gelas tersebut. Gambar 3 (a) menampilkan spektra FTIR dari serat gelas sebelum diaktivasi, (b) serat gelas sesudah diaktivasi, spektra (c) adalah zeolit-A berpendukung material serat menggunakan serat gelas sebelum diaktivasi, (d) zeolit-A berpendukung material serat menggunakan serat gelas sesudah diaktivasi dan (e) spektra zeolit-A.

Spektrum IR pada Gambar 3 menunjukkan karakteristik dua puncak serapan yang tajam pada daerah bilangan gelombang $1100\text{ cm}^{-1} - 1000\text{ cm}^{-1}$ dan daerah bilangan gelombang $700\text{ cm}^{-1} - 500\text{ cm}^{-1}$. Gambar 3 spektra (a) dan (b) muncul dua puncak pada bilangan gelombang $1100\text{ cm}^{-1} - 1000\text{ cm}^{-1}$. Hal ini mengindikasikan adanya ikatan Si-O-Si dalam serat gelas tersebut [14]. Sedangkan

pada Gambar 3 spektra (c), (d) dan (e) muncul satu puncak pada bilangan gelombang tersebut. Hal ini mengindikasikan adanya vibrasi ulur (*stretching*) asimetri T-O-T dari tetrahedral TO_4 dengan T adalah Si atau Al [15].

Pada puncak kedua yaitu pada bilangan gelombang $700\text{ cm}^{-1} - 500\text{ cm}^{-1}$, Gambar 3 (a) dan (b) mengindikasikan adanya ikatan Si-O *stretching* dan *bending* dengan ditandai munculnya puncak lebar pada bilangan gelombang $797\text{ cm}^{-1} - 472\text{ cm}^{-1}$ [14]. Sedangkan pada Gambar 3 (c), (d) dan (e) mengindikasikan adanya vibrasi ulur (*stretching*) simetri T-O-T dan vibrasi tekuk (*bending*) T-O dari zeolit dengan ditandai munculnya satu puncak pada bilangan gelombang $600 - 800\text{ cm}^{-1}$ [16]. Ketajaman intensitas pada puncak serapan di daerah vibrasi ulur simetri T-O-T dan vibrasi tekuk T-O mengindikasikan adanya kesimetrisan tetrahedral TO_4 , dengan kata lain terdapat kemunculan zeolit pada sampel ini. Disisi lain penurunan intensitas Si-O *stretching* dan *bending* mengindikasikan adanya pemutusan ikatan dan perusakan struktur dari silika. Rusaknya stuktur silika tersebut diakibatkan dari proses aktivasi serat gelas menggunakan NaOH (Cazetta dkk., 2011).



Gambar 3. Spektra FTIR dari (a) serat gelas sebelum diaktivasi, (b) serat gelas sesudah diaktivasi, (c) zeolit-A berpendukung material serat sebelum aktivasi, (d) zeolit-A berpendukung material serat sesudah aktivasi serat gelas dan (e) zeolit-A

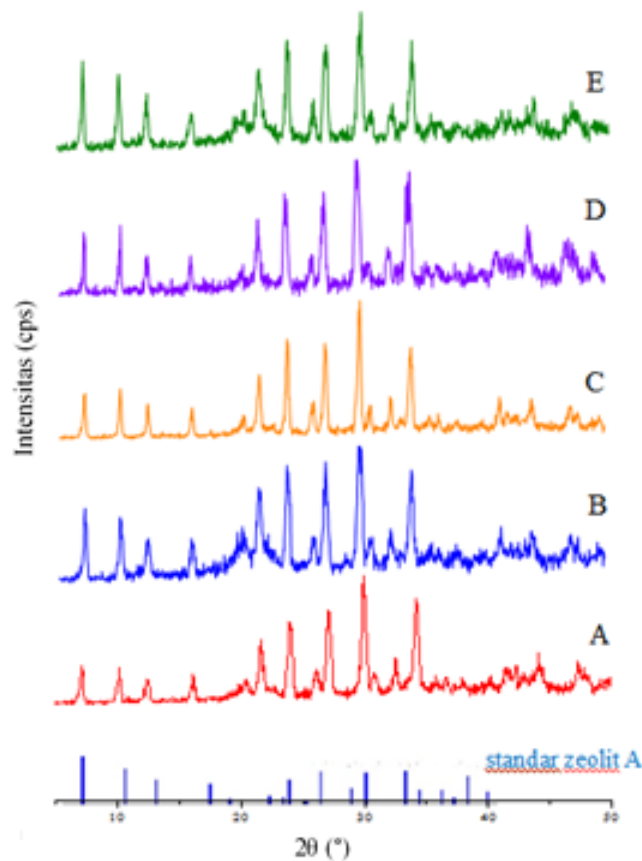
Hasil Analisis Menggunakan Instrument Difraksi Sinar X (XRD)

Karakterisasi hasil sintesis zeolit-A berpendukung material serat menggunakan XRD dilakukan untuk mengkonfirmasi kristal yang tumbuh pada serat gelas merupakan kristal zeolit-A. Kristal zeolit-A memiliki kemunculan sudut-sudut khas pada XRD. Seperti yang telah dilaporkan dalam banyak literatur salah satunya adalah Mohammed dkk. (2009) yang melaporkan bahwa kristal zeolit-A memiliki sudut-sudut khas pada 2θ yaitu pada $\sim 7,2^\circ$; $\sim 10,3^\circ$; $\sim 12,6^\circ$ dan $\sim 16,2^\circ$.

Dari semua hasil sintesis pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa kristal yang tumbuh adalah kristal zeolit-A. Hal ini ditunjukkan dengan kecocokan sudut 2θ yang muncul sama dengan standar zeolit A (JCPDS-ICDD No PDF 00-038-0241). Namun, terdapat perbedaan hasil analisis pada XRD Gambar 4 c dengan hasil SEM (Gambar 2 c) yang menunjukkan bahwa kristal zeolit yang tumbuh adalah sodalit. Perbedaan hasil analisis ini mengindikasikan bahwa terdapatnya dua fasa zeolit yang tumbuh pada variasi ini. Kemunculan kristal sodalit dikarenakan perubahan struktur dari kristal zeolit A. Perubahan struktur

dari kristal zeolit dapat disebabkan karena zeolit mengalami fasa metastabil, dimana kristal zeolit mengalami perubahan fasa yang lebih stabil akibat faktor dari luar (Mufrodi dkk., 2010). Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah perubahan komposisi dan lama proses hidrotermal (Armaroli dkk., 2006 ; Mohammed dkk., 2009). Meskipun demikian tidak semua kristal zeolit-A bertransformasi menjadi

sodalit, sehingga spektra zeolit-A tetap teramati dalam XRD. Hal ini disebabkan karena pembentukan kristal zeolit pada saat proses kristalisasi tidak terjadi secara bersamaan, sehingga ketika kristal zeolit yang terbentuk terlebih dahulu akan berubah menjadi sodalit, sedangkan kristal zeolit-A yang baru terbentuk masih dalam keadaan stabil (Xiaochun dkk., 2004).



Gambar 5. Difaktogram difraksi sinar X dari (a) zeolit-A berpendukung material serat sebelum aktivasi, (b) zeolit-A berpendukung material serat dengan penambahan serat gelas teraktivasi 1% berat, (c) 0,1% berat, (d) 0,01% berat, (e) 0,024% berat.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah zeolit-A berpendukung material serat berhasil disintesis pada serat gelas sebagai material pendukung. Dengan mempelajari aktivasi dan variasi penambahan dari serat gelas antara 1% berat hingga 0,01% berat, hasil zeolit-A pada permukaan serat gelas terbaik diperoleh pada penambahan 0,024% berat serat gelas teraktivasi. Analisis SEM menunjukkan bahwa pada variasi ini kristal zeolit-A tumbuh pada permukaan serat gelas dengan morfologi kristal yang sempurna. Hal tersebut diperkuat dengan hasil analisis XRD dan FTIR. Analisis XRD juga mengkonfirmasi bahwa kristal yang tumbuh pada serat gelas merupakan zeolit-A. Sedangkan analisis dengan FTIR menunjukkan bahwa adanya ikatan T-O-T pada zeolit-A berpendukung material serat mengindikasikan adanya pertumbuhan kristal zeolit pada permukaan serat gelas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Desentralisasi Penelitian DITLITABMAS, Penelitian Unggulan ITS tahun 2015-2016

DAFTAR PUSTAKA

Agustiana (2012), Sintesis Zeolit X Dari Abu Dasar Batubara PT IPMOMI PAITON Untuk Aplikasi Penyimpanan Hidrogen, Surabaya : KIMIA ITS.

Armaroli, T., Simon, L.J., Degne, M., Patarin, J., Busc, G., (2006), Effect of Crystal Sized and Si/Al Ratio on the Surface Properties of H-ZSM-5 Zeolites, *Applied Catalysis A General*, 306, pp. 78-84.

Barrer, R.M., (1982), *Hydrothermal Chemistry of Zeolite*, London : Academic Press, pp. 360.

Cazetta, A.L., Vargas, A.M.M., Nogami, E.M., Kunita, M.H., Guilherme, M.R., Martins, A.C., Silva T.L., Moraes, J.C.G., (2011), NaOH Activated Carbon of High Surface Area Produced From Coconut Shell : Kinetic and Equilibrium Studies From The Methylene Blue Adsorption, *Chemical Engineering Journal*, 174, pp. 117-125.

Deng, Z., Kenneth, J., Balkus, Jr., (2002), Pulsed Laser Deposition of Zeolite NaX Thin Film On Silica Fiber, *Microporous and Mesoporous Material*, 56, pp. 47-53.

Holilah, (2012), Sintesis dan Karakterisasi H-ZSM-5 Mesopori dan Makropori Serta Aktivasinya Pada Reaksi Glikol, Surabaya : KIMIA ITS.

Kamali, M., Vaezifar, S., Kolahduzan, H., Malekpour, A., Abdi, M.R., (2009), Synthesis of Nanozeolite A from Natural Clinoptilolite and Aluminum Sulfate : Optimization of the Method, *Powder Technology*, 189, pp. 52-56.

- Liu, B.S., Tang, D.C., Au, C.T., (2005), Fabrication of Analcime Zeolite Fibers by Hydrothermal Synthesis, *Microporous and Mesoporous Materials*, 86, pp. 106-111.
- Liu, Y., Gao, Y., Zhu, Y., An, D., Wei, G., Wang, Z., Ma, Y., Wang, Z., (2011), A Sustainable Route of The Preparation of Activated Carbon and Silica From Rice Husk Ash, *Journal of Hazardous Material*, 186, pp. 1314-1319.
- Makhtar, SNNM., Pauzi, MZMP., Mahpoz, NM., Muhamad, N., Rahman, MA., Abas, KH., Aziz, AA., Ithman, MHD., Jaafar, J., Preparation, characterization and performance evaluation of supported zeolite on porous glass hollow fiber for desalination application, *Arabian Journal of Chemistry*, in press.
- Martinez, J.G., Amoros, D.C., Soluno, A.L., Lin, Y.S., (2001), Synthesis and Characterisation of MFI-Type Zeolites Supported on Carbon Material. *Microporous and Mesoporous Materials*, 42, pp. 255-268.
- Mintova, S. dan Vattchev, V., (1996), Deposite of Zeolite A on Vegetal Fiber, *Zeolites*, 16, pp. 31-34.
- Mohammed, R.M., Ismail, Adel A., Kini, G., Ibrahim, I.A., Koopman, B., (2009), Synthesis of Highly Ordered Cubic Zeolite A and Its Ion-Exchange Behavior, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 348, pp. 87-92.
- Mufrodi, Z., Sutrisno, B., Hidayat, A., (2010), Modifikasi Limbah Abu Layang Sebagai Material Baru Adsorben, *Proseding Seminar Nasional Teknik Kimia*, Kejuangan '10.
- Ojha, K., Pradhan, N. dan Samanta, A. N., (2004), Zeolite from Fly Ash: Synthesis and Characterization, *Bull. Mater. Sci. Indian Academy of Sciences*, 27, 6, pp. 555-564.
- Rios, C.A., William, C.D., Fullen, M.A., (2009), Nucleation and Growth History of Zeolite LTA Synthesis From Kaolinite By Two Different Method, *Applied Clay Science*, 42, pp. 446-454.
- Sun, M., Hunt, H.K., Lew, C.M., Cai, R., Liu, Y., Yan, Y., (2012), A Dynamic Organic Structuring-Directing Agent for Pure Silica Zeolite AST and LTA Synthesis, *Chinese Journal of Catalysis*, 33, 1.
- Tosheva, L. dan Valtchev, V., (2005). Silicate-1 Crystallization on Glass Fiber, *Microporous and Mesoporous Materials*, 81, pp. 11-18.
- Weiwei, J., Ming, L., Changfeng, Z., Jianfeng, Y., Lixiong, Z., (2011), Hollow Sodalite Spheres Synthesized in A First Closed The Open System From The Synthesis Gel Aged Under Ultra-high Pressures, *Microporous and Mesoporous Materials*, 143, pp. 189-195.
- Widiastuti, N., Prasetyoko, D., (2009), Pembuatan Zeolit A dari Limbah Abu Dasar (Bottom Ash) Sebagai Penyerap Ammonia pada Tambak Udang dan Penyerap Logam Berat dari Limbah

Industri Pelapisan Logam, Surabaya :
Lembaga Penelitian dan Pengabdian
kepada Masyarakat ITS.

Xiaochun, X., Yun, B., Chunshan, S.,
Weishen, Y., Jie, L., Liwu, L., (2004),
Microwave-assisted Hydrothermal
Synthesis of Hydroxy-Sodalite Zeolite

Membrane, *Microporous and Mesoporous
Materials*, 75, pp. 173 – 181.

Yu L., Gong J., Zeng C. and Zhang L.
(2013) Synthesis of binderless zeolite X
microspheres and their CO₂ adsorption
properties, *Separation and Purification
Technology*. **118**, 188–195.