

PENGARUH WAKTU HIDROTERMAL PADA SINTESIS ZEOLIT DARI ABU SEKAM PADI SERTA APLIKASINYA SEBAGAI *BUILDER* DETERJEN

Fitriani Sholichah, Arnelli, Ahmad Suseno

Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275, Telepon (024) 7474754

Abstrak: Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh waktu hidrotermal pada sintesis zeolit dari abu sekam padi serta aplikasinya sebagai builder deterjen. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh waktu hidrotermal terhadap karakter zeolit hasil sintesis yaitu jenis zeolit, ukuran kristal dan kapasitas tukar kation, dan menentukan deterjensi dari surfaktan natrium lauril sulfat dengan menggunakan zeolit sintesis sebagai builder serta membandingkannya dengan natrium tripolifosfat (STPP). Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sintesis zeolit abu sekam padi meliputi pembuatan abu sekam padi, pembuatan natrium silikat, pembuatan natrium aluminat dan pembuatan zeolit dengan variasi waktu hidrotermal 3 jam; 4 jam; 5 jam; 6 jam; dan 7 jam, hasil yang diperoleh kemudian di karakterisasi dengan metode difraksi sinar-x untuk mengetahui ukuran kristal dan jenis zeolit, mengidentifikasi gugus fungsi pada zeolit dengan FT-IR, untuk mengetahui rasio Si/Al dengan menggunakan spektroskopi serapan atom dan menentukan kapasitas tukar kation. Hasil karakterisasi zeolit sintesis optimum pada variasi waktu hidrotermal 7 jam dengan jenis zeolit Na-A dan sodalit, ukuran kristal 0,404 μm , dan nilai KTK sebesar 53,23 meq/100 gram. Zeolit hasil sintesis kemudian dimanfaatkan sebagai builder deterjen dan membandingkan dengan natrium tripolifosfat (STPP). Proses deterjensi meliputi penentuan c.m.c surfaktan, pembuatan kotoran standar dan uji deterjensi. Daya deterjensi optimum yaitu pada variasi waktu hidrotermal 7 jam sebesar 93,76 % dan daya deterjensi menggunakan STPP sebesar 70,47 %.

Kata kunci: Variasi waktu hidrotermal, Zeolit, Builder

Abstract: Has done research on use of concerning the effect of time on the hydrothermal synthesis of zeolite from rice husk ash and its application as a detergent builder. The purpose of this study was to determine the effect of time on the character of hydrothermal zeolite synthesis are the type of zeolite crystal size and cation exchange capacity, and determine the detergency of the surfactant sodium lauryl sulfate using zeolite synthesis as a builder and compared with sodium tripolyphosphate (STPP). The method used in this research is the synthesis of zeolites include the manufacture of rice husk, manufacturing of sodium silicate, and manufacturing of sodium aluminate zeolites with various hydrothermal time 3 hours, 4 hours, 5 hours, 6 hours, and 7 hours, results obtained later in the characterization by x-ray diffraction method to determine the size and type of zeolite crystals, to determine the identification of functional groups on the zeolite with FT-IR, to determine the ratio of Si / Al using atomic absorption spectroscopy and determine the cation exchange capacity. The results of the characterization of zeolite synthesis optimum time variation of hydrothermal 7 hours with the type of zeolite Na-A and sodalite, crystal size 0.404 μm , and the CEC value of 53.23 meq/100 grams. Synthesized zeolite was then used as a detergent builder and membandingkan with sodium tripolyphosphate (STPP). The process involves determining c.m.c surfactant detergency, manufacture and test a standard dirt detergency. Optimum detergency power the time variation of hydrothermal 7 hours of power by 93.76% and 70.47% detergency use of STPP.

Key word: Variation hydrothermal time, Zeolites, Builder

PENDAHULUAN

Detergen merupakan bahan pembersih yang merupakan campuran dari beberapa zat kimia, yaitu surfaktan sebagai zat aktif permukaan (*surface active agent*); pembangun (*builder*) yang biasanya menggunakan senyawa fosfat, sitrat, asetat, atau silikat (zeolit); pengisi (*filler*) dan serta zat aditif seperti pewangi, pewarna, pemutih, dan lain-lain. Zat pembangun (*builder*) pada deterjen berfungsi dalam meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menonaktifkan mineral penyebab kesadahan air (ion Ca^{2+} dan Mg^{2+}). Kemampuan *builder* sebagai zat pembangun dalam deterjen meliputi alkalinitas, kapasitas buffer, kompatibilitas pemutih, toksisitas terhadap mulut, iritasi mata, efek terhadap lingkungan dan nilai ekonomis (Yangxin dkk., 2008). Banyak diantara deterjen yang beredar di masyarakat menggunakan natrium tripolifosfat (STPP) dan tetra natrium pirofosfat (TSPP) sebagai *builder* (zat pembangun) dalam deterjen, namun builder jenis tersebut dapat menyebabkan deposit fosfat dalam air sehingga mengakibatkan eutrofikasi (Udhoji dkk., 2005).

Penelitian mengenai zeolit sebagai pengganti peran fosfat di dalam builder deterjen telah dilakukan untuk mengatasi masalah lingkungan tersebut (Udhoji dkk., 2005). Zeolit merupakan senyawa kristalin alumino silikat terhidrasi dengan kerangka tigadimensi yang berpori. Zeolit mengandung kation-kation untuk menstabilkan muatan zeolit serta sejumlah molekul air (Kadono dkk., 2008) dan memiliki kemampuan melakukan pertukaran kationnya tersebut (Belviso dkk., 2009). Kation-kation tersebut dapat dipertukarkan dengan kation sejenis, kemampuan inilah yang banyak dimanfaatkan di industri, salah satunya pada industri deterjen (Udhoji dkk., 2005). Jenis zeolit sintetis yang telah dikembangkan sebagai *builder* (zat pembangun) deterjen adalah zeolit jenis A, X, dan P. Zeolit jenis A memiliki kemampuan dalam selektivitas adsorpsi yang tinggi terhadap ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} serta

memiliki diameter pori-pori sebesar 0,42 nm dan rasio Si/Al mendekati 1 (Anonim, 2011).

Peranan silika pada sintesis zeolit sebagai bahan dasar sangat mutlak disamping alumina. Salah satu sumber di alam yang kaya akan silika adalah sekam padi, dimana sekam padi selama ini kurang dimanfaatkan penggunaannya. Kandungan silika dalam abu sekam padi mencapai 86,9-97,80 %. Dalam penelitian Katsuki dkk., 2009 telah mensintesis zeolit Na-A dari bahan dasar sekam padi menunjukkan rasio Si/Al sebesar 2 dengan diameter pori-pori 3,9 nm dan nilai KTK 506 meq/100 gram.

Penggunaan zeolit sebagai *builder* deterjen sebelumnya telah dilakukan oleh Hui dkk., 2006 yaitu sintesis zeolit 4A yang dibuat dari *fly ash* batu bara dengan menggunakan metode hidrotermal. Hasil menunjukkan bahwa zeolit 4A sintesis tersebut dapat menghilangkan ion kalsium selama siklus mencuci dan toksikologinya aman, namun dalam bentuk morfologi kristal serta ukuran diameter pori-pori kurang baik yaitu dengan diameter pori-pori sebesar 2-4,5 μm dan nilai KTK sebesar 190 meq/100 gram (Hui dkk., 2006). Jiang dkk (2011) telah melakukan sintesis zeolit A dari palygorskite dengan variasi waktu hidrotermal menghasilkan zeolit sintesis dengan ukuran diameter pori-pori 2 μm dan nilai KTK 318 meq/100 gram dan rasio Si/Al sebesar 1,53-3,05 pada waktu hidrotermal 5 jam. Waktu hidrotermal dalam sintesis zeolit berpengaruh terhadap ukuran pori, luas permukaan, volume zeolit, dan kristalinitas zeolit.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan: Natrium hidroksida (Merck), sekam padi, $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Merck), aquades, aquabides, natrium lauril sulfat, kain katun, FeCl_3 (Merck), Kaolin, Karbon, Bensin, Lemak Sapi dan Aseton.

Alat: Seperangkat peralatan gelas laboratorium, pengaduk, oven (Ariston), *furnace*, *teflon*, *autoclave*, *stopwatch*, termometer, kertas saring *whatmann*, XRD (*X-Ray Diffraction*) Shimadzu 6000, AAS

(*Atomic Absorption Spectroscopy*), dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) Shimadzu.

Prosedur Penelitian:

Sintesis zeolit dari abu sekam padi meliputi beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu pembuatan abu sekam padi, sekam padi di bersihkan dari pengotor-pengotor kemudian di keringkan di bawah sinar matahari, dipanaskan di atas kompor sampai terbentuk arang. Arang sekam padi di abukan dalam furnace pada suhu 700°C selama 4 jam. Tahap kedua yaitu pembuatan natrium silikat, abu sekam padi 10 gram ditambah dengan 100 mL NaOH 6,67 M, kemudian pemanasan pada suhu 80°C selama 2 jam. Sehingga diperoleh larutan Natrium Silikat. Tahap ketiga yaitu pembuatan natrium aluminat, 20 gram NaOH di larutkan dalam 100 mL aquades dan dipanaskan kemudian di tambahkan 8,5 gram Al (OH)₃ sedikit demi sedikit sambil dilakukan pengadukan. Sehingga terbentuk larutan Natrium Aluminat. Tahap keempat yaitu sintesis zeolit, 20 mL natrium silikat dan 20 mL natrium aluminat diaduk dengan menggunakan magnetik stirrer selama 2 jam. Selanjutnya dimasukkan ke dalam botol teflon kemudian di tempatkan pada autoklaf dan dipanaskan pada suhu 100°C selama variasi waktu (3, 4, 5, 6, dan 7 jam) yang ditentukan dalam keadaan tertutup rapat. Sampel dengan variasi waktu hidrotermal selanjutnya berturut-turut disebut ZA1, ZA2, ZA3, ZA4, dan ZA5. Hasil yang terbentuk di saring dengan kertas saring whatman, padatan yang terbentuk kemudian dicuci dengan akuabides hingga pH filtrat 10-11. Padatan di keringkan kedalam oven pada 100°C selama 12 jam. Hasil zeolit sintesis kemudian dilakukan karakterisasi dan aplikasi sebagai builder deterjen. Karakterisasi meliputi spektroskopi serapan atom untuk mengetahui rasio Si/Al, metode difraksi sinar-x untuk mengetahui ukuran lakukan dengan pemanasan suhu tinggi pada 700°C selama 4 jam, hal ini bertujuan untuk mendapatkan SiO₂ dalam bentuk amorf. Sumber silika dari abu sekam padi di gunakan dalam mendapatkan natrium silikat. Reaksinya:

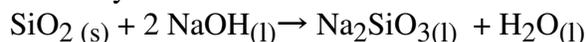
kristal dan jenis zeolit, metode FT-IR untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada zeolit, dan penentuan kapasitas tukar kation zeolit. Aplikasi sebagai builder deterjen meliputi penentuan c.m.c surfaktan natrium lauril sulfat dengan metode turbidimetri, pembuatan larutan kotoran standar dengan mensuspensikan kaolin, FeCl₃, bensin, lemak sapi, dan carbon ke dalam aseton 100 mL, dan uji deterjensi dengan menggunakan kain ukuran 10 x 10 cm sebagai substrat yang di kotori dengan kotoran standar selanjutnya diangin-anginkan selama 30 menit dan di oven pada 105°C selama 3 jam hingga diperoleh berat kain yang konstan. Kemudian kain ditimbang dan dicatat sebagai berat kain kotor. Kain kotor selanjutnya dicuci dengan larutan pencuci surfaktan natrium lauril sulfat dengan penambahan zeolit hasil sintesis 60%. Setelah proses pencucian, kain di bilas dengan air kran dan di angin-anginkan selama 30 menit dan di masukkan dalam oven selama 3 jam pada 105°C dan dimasukkan dalam desikator selama 1 jam. Kain di timbang dan di catat berat bersihnya. Deterjensi juga dilakukan dengan menggunakan builder natrium tripolifosfat (STPP) sebagai pembanding.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Zeolit dari abu sekam padi dengan variasi waktu hidrotermal

Sampel yang berupa sekam padi sebagai sumber silika di bersihkan dan di keringkan di bawah sinar matahari untuk kemudian dilakukan pengarangan. Proses pengarangan atau karbonasi ini bertujuan untuk menghilangkan komponen senyawa organik yang menguap pada temperatur yang tidak terlalu tinggi. Arang sekam padi yang berwarna hitam menandakan adanya dekomposisi senyawa karbon dalam sekam padi. Pengabuan arang sekam padi di Larutan natrium silikat diperoleh dengan 10 gram abu sekam padi yang ditambahkan 100 mL NaOH 6,67 M dan dipanaskan selama 2 jam pada 80°C (Feng dkk., 2008).

Reaksinya:



Sumber alumina dalam sintesis zeolit ini, adalah larutan natrium aluminat yang dibuat dari larutan NaOH dan Al(OH)₃ (Warsito dkk., 2005).

Reaksinya:



Penggunaan NaOH dalam sintesis zeolit bertindak sebagai aktivator selama peleburan untuk membentuk garam silikat dan aluminat yang larut dalam air, yang selanjutnya berperan dalam pembentukan zeolit selama proses hidrotermal. Kation Na⁺ digunakan dalam menstabilkan unit-unit pembentuk kerangka zeolit (Ojha dkk., 2004). Tahap selanjutnya adalah mencampurkan larutan natrium silikat dan natrium aluminat selama 2 jam, hal ini bertujuan agar terbentuk gel yang selanjutnya dilakukan analisis rasio Si/Al dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom.

Tabel IV.1 Hasil Rasio Si/Al Gel Natrium Silikat dan Natrium Aluminat

Sampel	Hasil Pengukuran		Rasio Si/Al
	Si	Al	
Gel Nat Silikat + Nat Aluminat	1.9609	1.1996	1.6346

Gel berwarna putih yang terbentuk memperlihatkan adanya interaksi antara silikat dan aluminat pada pembentukan inti dan pertumbuhan kristal zeolit. Pembentukan inti kristal dimulai pada saat proses terbentuknya gel. Berdasarkan penelitian Jiang dkk (2011) sintesis zeolit A memberikan hasil yang optimum pada waktu hidrotermal 5 jam, maka dalam sintesis zeolit ini digunakan perlakuan pengaruh variasi waktu hidrotermal pada 3; 4; 5; 6; dan 7 jam dengan suhu 100°C.

Kristalisasi pada pembentukan zeolit dicapai dengan perubahan struktur aluminat dan silikat dari fase larutan menjadi fase gel kemudian fase padatan. Kristalisasi zeolit mengikuti Hukum Ostwald yang merupakan transformasi yang terjadi secara berturut-turut. Larutan hasil proses hidrotermal kemudian di cuci dengan akuabides sampai pH filtrat antara 10-11. Hal ini bertujuan karena pada pH basa di dalam larutan akan terjadi polimerisasi ion-ion pembentuk zeolit (Hamdan, 1992).

Karakterisasi Zeolit Hasil Sintesis

Karakterisasi zeolit hasil sintesis meliputi penentuan jenis zeolit dan ukuran

kristal dengan menggunakan metode difraksi sinar-x. Berdasarkan data JCPDS nomor 11-0401 (Sodalite), nomor 47-0162 (zeolit A/ Na₁₂Al₁₂Si₁₂O₄₈.27H₂O), dan nomor 38-0241 (zeolit Na-A/ Na₂Al₂Si_{1.85}O_{7.7} 5.1 H₂O) menunjukkan bahwa hasil dari difraktogram zeolit sintesis pada kelima variasi waktu hidrotermal menunjukkan terdapatnya senyawa sodalite dan zeolit Na-A. Pada kelima zeolit sintesis menunjukkan terbentuknya sodalite dan zeolit Na-A namun tidak menunjukkan adanya zeolit A. Waktu hidrotermal berpengaruh besar terhadap pembentukan inti dan pertumbuhan kristal. Akibat dari pengaruh alat hidrotermal yang di gunakan juga berpengaruh dalam pembentukan zeolit yang di sintesis, yaitu tidak konstannya tekanan selama sintesis yang mengakibatkan suhu sintesis tidak stabil sehingga berpengaruh dalam tahap pertumbuhan kristal zeolit.

Dari hasil analisis XRD juga dapat ditentukan ukuran bulir kristal melalui persamaan Scherrer, sehingga di hasilkan seperti pada tabel IV.2

Tabel IV.2 Ukuran kristal dan jenis zeolit

Sampel	Jenis Zeolit-Ukuran bulir kristal (nm)		
	Sodalit	Zeolit A	Zeolit Na-A
ZA1	25,714	-	924,36
ZA2	24,740	-	843,79
ZA3	22,963	-	813,36
ZA4	22,673	-	434,51
ZA5	23,052	-	404,46

Berdasarkan data dari tabel IV.2, untuk kristal zeolit Na-A di hasilkan ukuran kristal yang optimum pada variasi waktu hidrotermal 7 jam. Secara umum pengaruh waktu hidrotermal terhadap ukuran kristal suatu zeolit dapat di simpulkan bahwa semakin lama waktu hidrotermal maka ukuran kristal semakin kecil.

Karakterisasi zeolit hasil sintesis yang kedua adalah mengidentifikasi gugus fungsi pada zeolit dengan metode FT-IR.

Interprestasi hasil pengukuran FTIR terhadap zeolit hasil sintesis dapat di lihat pada Tabel IV.3.

Tabel IV.3 Data spektra Zeolit sintesis dengan Referensi (Yusof dkk., 2010)
Interprestasi Bilangan Gelombang (cm^{-1})

Referensi	Vib. Ulur Asimetri	Vib. Ulur Simetri	Vib. Double Ring	Vib. Tekuk TO
Na-A	995	660	554,8	464
A	1003	666	555	447
Sampel				
ZA1	987,55	655,8	624,94	455,2
ZA2	987,55	663,51	570,93	432,5
ZA3	995,27	663,51	617,22	462,9
ZA4	987,55	702,09	-	424,3
ZA5	987,55	665,8	563,21	462,9

Berdasarkan tabel IV.3 spektra dari kelima zeolit hasil sintesis menunjukkan adanya zeolit Na-A.

Dari hasil spektra FT-IR dan difraktogram XRD menyimpulkan bahwa zeolit yang terbentuk dalam penelitian ini adalah sodalit dan zeolit Na-A di bandingkan dengan zeolit A, hal ini di karenakan pengaruh dari waktu hidrotermal pada sintesis.

Karakterisasi zeolit hasil sintesis selanjutnya yaitu penentuan nilai kapasitas tukar kation.

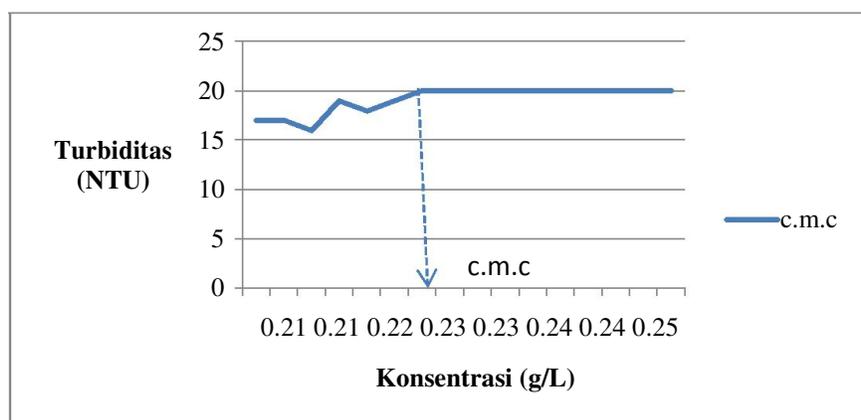
Tabel IV.4 Hasil Kapasitas Tukar Kation Zeolit hasil sintesis

Zeolit	KTK meq/100 g
ZA1	47,00
ZA2	39,26
ZA3	39,04
ZA4	50,36
ZA5	53,23

Berdasarkan tabel IV.5 nilai KTK optimum pada ZA5 dengan variasi waktu hidrotermal 7 jam sebesar 53,23 meq/100 gram.

Uji Deterjensi Hasil Zeolit Sintesis sebagai *Builder* (Zat Pembangun) dan Natrium Tripolifosfat sebagai Pembandingnya

Sebelum melakukan uji deterjensi, terlebih dahulu menentukan konsentrasi misel kritis (c.m.c) pada surfaktan supaya pemakaian surfaktan efisien. Variasi konsentrasi surfaktan dilakukan pada range 0,21-0,25 g/L karena pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Faucher dkk (1978) surfaktan natrium lauril sulfat memiliki nilai c.m.c pada 0,24 g/L. Hasil c.m.c yang diukur dengan menggunakan Turbidimetri dapat di lihat pada grafik:



Gambar IV.1 Grafik c.m.c pada Surfaktan natrium lauril sulfat

Berdasarkan grafik diatas, menunjukkan bahwa nilai c.m.c untuk SLS sebesar 0,23 g/L. Hasil c.m.c dari surfaktan SLS yang diperoleh kemudian digunakan dalam proses deterjensi.

Uji deterjensi dilakukan beberapa tahap yaitu pembuatan kotoran standar yang dibubuhkan pada kain katun putih sebagai substrat, kemudian substrat yang kotor di cuci dengan builder zeolit hasil sintesis yang ditambahkan ke dalam surfaktan SLS dan natrium sulfat sebagai *filler*. Untuk perbandingan dalam pengujian deterjensi digunakan builder natrium tripolifosfat dan tanpa penambahan builder. Hasil pengujian deterjensi dengan menggunakan builder dan tanpa menggunakan builder adalah sebagai berikut:

Tabel IV.4 Perbandingan Uji Deterjensi pada Builder Zeolit Hasil Sintesis dengan STPP

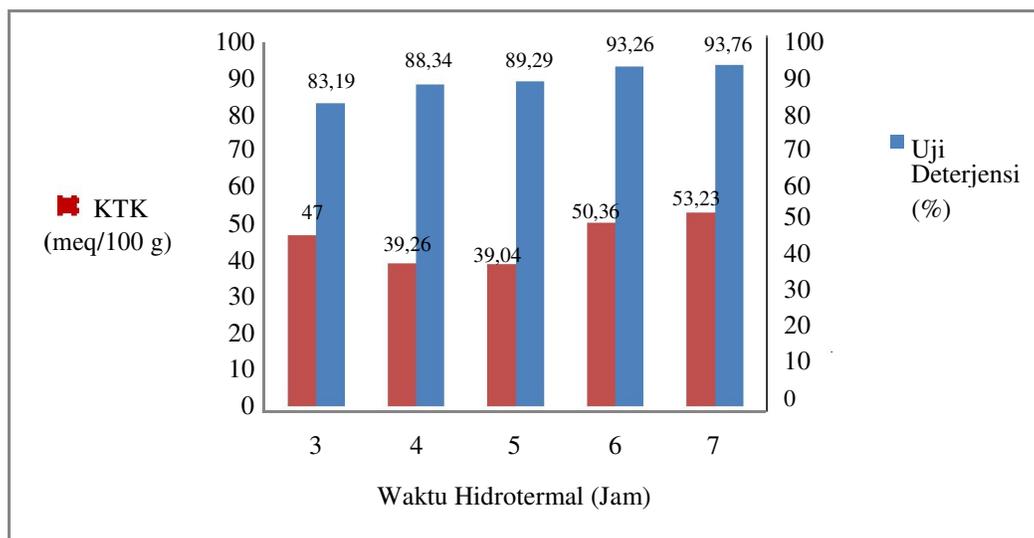
Perlakuan	% Uji Deterjensi
S+F	48,7
S+F+ZA1	83,19
S+F +ZA2	88,34
S+F +ZA3	89,29
S+F +ZA4	93,26
S+F +ZA5	93,76
S+F +STPP	70,47

Keterangan: S = Surfaktan
F = Filler

Dalam proses deterjensi, builder disini akan meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan, dengan cara menonaktifkan

mineral penyebab kesadahan air. Hal ini terlihat pada tabel IV.4 bahwa daya deterjensi tanpa penggunaan builder sebesar hasil analisis dengan menggunakan XRD dan FT-IR, zeolit hasil sintesis yang terbentuk pada penelitian ini lebih dominan mengarah zeolit Na-A. Berdasarkan hasil KTK (tabel IV.3) dan daya deterjensi (tabel IV.4) menunjukkan bahwa pada ZA5 yaitu di indikasikan adanya sodalit dan zeolit Na-A menghasilkan nilai KTK dan kemampuan

48,7% namun setelah penambahan builder baik zeolit ataupun STPP mengalami peningkatan pada daya deterjensinya. Dari deterjensi yang paling besar yaitu 53,23 meq/100 gram dan 93,76%. Pengaruh dari variasi waktu hidrotermal terhadap sintesis zeolit yaitu pada nilai kapasitas tukar kation dalam kemampuannya sebagai builder pada deterjen, hal ini dapat di lihat pada gambar IV.2.



Gambar IV.2 Grafik antara pengaruh variasi waktu hidrotermal terhadap nilai KTK dan uji deterjensi

Berdasarkan gambar IV.2 pada penelitian ini dapat di simpulkan bahwa kemampuan pertukaran kation zeolit sebagai builder bukan menjadi satu-satunya faktor yang mempengaruhi daya deterjensi pencucian. Builder zeolit dalam proses deterjensi hanya berperan membantu menonaktifkan ion penyebab kesadahan air, sehingga surfaktan dapat berkonsentrasi penuh dalam proses pelepasan kotoran dari substrat.

Keunggulan zeolit di bandingkan dengan STPP sebagai builder adalah terdapat pada komposisinya. STPP mengandung fosfat yang dapat menyebabkan eutrofikasi, sedangkan pada zeolit mengandung silikat dan alumina yang tidak dapat mencemari lingkungan (Hui dkk., 2006).

KESIMPULAN

1. Pada penelitian ini menghasilkan sodalit dan zeolit Na-A, pada variasi waktu hidrotermal 7 jam dengan ukuran bulir kristal optimum sebesar 0,404 μm dan nilai KTK optimum sebesar 53,23 meq/100 gram..
2. Daya deterjensi optimum menggunakan surfaktan natrium lauril sulfat adalah pada zeolit sintesis dengan variasi waktu hidrotermal 7 jam sebesar 93,76% dan untuk natrium tripolifosfat (STPP) sebesar 70,47%. Zeolit memiliki keunggulan di bandingkan dengan STPP dalam peranannya sebagai builder adalah pada komposisinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2011, *Zeolites for Detergents as nature intended*, Zeodet, Association of Detergent Zeolite Producers
- Azizi, N.S., dan Yousefpour, M., 2010 Synthesis of zeolites Na-A and Analcime using rice husk ash as silica source without using organic template, *J. Mater Sci*, 45: 5692-5697
- Belviso C., Belviso, C., Cavalcante, F., Lettino, A., dan Fiore, S., 2009, Zeolite Synthesised from Fused Coal Fly Ash at Low Temperature Using Seawater for Crystallization, *ISSN* 1946-0198
- Breck, D.W. 1974. *Zeolite Molecular Sieves*. John Willey Interscience. New York
- Breck, D.W., Eversol, W.G., Milton, R.M., Reed, T.B., dan Thomas, T.L., 1956, Crystalline zeolites, the properties of a new synthetic zeolite type A, *Journal of the American Chemical Society*, 78:23
- Faucher, A.J., dan Goddard, D.E., 1978, Interaction of keratinous substrates with sodium lauryl sulfate: I. Sorption, *Society of Cosmetic Chemist*, Canada
- Feng, C., Sheng, J., Wang, L., dan Shun, X., 2008, Influence of NaOH concentrations on synthesis of pirc-form zeolite A from fly ash using two-stage method, *Journal of Hazardous Materials*, 155: 58-64
- Fessenden, R.J., dan Fessenden, J.S., 1986, *Kimia Organik*, edisi 1, jilid 1, Erlangga, Jakarta
- Hamdan, H., 1992, *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification*, University Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur
- Hui, K.S., dan Chao C.Y.H., 2006, Pure, single phase, high crytalline, chamfered-edge zeolite A synthesized from coal fly ash for use as as builder in detergents, *Journal of Hazardous Materials*, B137, 401-409
- Ismail, A.A., Mohamed, R.M., Ibrahim, I.A., Kini, G., dan Koopman, B., 2010, Synthesis, Optimization and characterization of zeolite A and its ion-exchange properties, *Colloids and Surface A: Physicochemical and engineering Aspects*, 366, 80-87
- Jiang, J., Feng, L., Gu, X., Qian, Y., Yaxin, G., dan Duanmu, C., 2011, Synthesis of zeolite A from palygorskite via acid activation, *Applied Clay Science*, CLAY-02325-6 31
- Jumaeri., Mahatmanti, W., Astuti. T., 2006, Pemanfaatan abu layang batu bara dengan perlakuan hidrotermal sebagai bahan penurun kesadahan (water softener) dalam penyediaan air minum, *Laporan Penelitian Terapan, DIPA UNNES*, Semarang
- Katsuki, H., dan Komarneni, S., 2009, Synthesis of Na-A and/or Na-X zeolite/porous carbon composites from carbonized rice husk, *Journal of Solid State Chemistry*, 182, 1749-1753
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Pres. Jakarta
- Ojha, K., Sig, Y., dan Wha, S.A., 2004, Zeolit from fly ash: synthesis and characterization, bull, mater, *Indian Academy of Sciences*, 27, 555-564

Rosen, J.M., 1978, *Surfactants and Interfacial Phenomena*, The city university of New York

Udhoji, J.S, Bansawal, A.K., Meshram, S.U., dan Rayalu, S.S., 2005, Improvement in optical brightness of fly ash based zeolite-A for use as detergent builder, *Journal of Scientific and Industrial Research*, 64, 367-371

Yangxin, Y., Jin, Z., dan Bayly, E.A., 2008, Development of surfactants and

builders in detergents formulations, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 16, 517-527

Yusof, M.A., Nizam, A.N., dan Rashid, A.N., 2010, Hydrothermal conversion of rice husk ash to faujasite-types and Na-A type of zeolites, *J. Porous Mater*, 17, 39-47

Semarang, 6 November 2012

Pembimbing I

Dra. Arnelli, MS

NIP. 1959 02 11 1989 03 2 001

Pembimbing II

Ahmad Suseno, M.Si

NIP 1964 08 18 1990 03 1 001