

PREPARATION OF SARULLA NATURAL NANOZEOLITE AS A FILLER FOR POLYURETANE
FOAM POLYMER

PEMBUATAN NANOZEOLIT ALAM SARULLA SEBAGAI PENGISI PADA POLIMER FOAM
POLIURETAN

Fransiskus Gultom

Departemen Kimia Sekolah Pascasarjana FMIPA, Universitas Sumatera Utara

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat zeolit alam ukuran nanopartikel sebagai pengisi pada foam poliuretan. Hasil penelitian yang diperoleh terhadap jenis zeolit alam sarulla adalah mendekati zeolit jenis Mordenit. Karakterisasi yang dilakukan adalah kandungan alam pada zeolit alam dengan menggunakan Difraksi Sinar-X dan morfologi nanozeolit alam dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil difraktogram dari zeolit alam yang diperoleh mempunyai intensitas terbesar pada sudut 2 theta sekitar 29,76; 23; 27,92, sedangkan hasil SEM menunjukkan bahwa permukaan nanozeolit alam yang terbentuk adalah sangat halus dengan pori-pori yang sangat kecil sehingga dapat dijadikan sebagai pengisi (*filler*) pada pembuatan foam poliuretan.

Kata Kunci : Nanozeolit, foam poliuretan, dan sarulla.

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk membuat zeolit alam ukuran nanopartikel sebagai pengisi pada foam poliuretan. Hasil penelitian yang diperoleh terhadap jenis zeolit alam sarulla adalah mendekati zeolit jenis Mordenit. Karakterisasi yang dilakukan adalah kandungan alam pada zeolit alam dengan menggunakan Difraksi Sinar-X dan morfologi nanozeolit alam dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil difraktogram dari zeolit alam yang diperoleh mempunyai intensitas terbesar pada sudut 2 theta sekitar 29,76; 23; 27,92, sedangkan hasil SEM menunjukkan bahwa permukaan nanozeolit alam yang terbentuk adalah sangat halus dengan pori-pori yang sangat kecil sehingga dapat dijadikan sebagai pengisi (*filler*) pada pembuatan foam poliuretan.

Kata Kunci : Nanozeolit, foam poliuretan, dan

A. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah yang masih perlu pengolahan lebih lanjut agar dapat bernilai ekonomis sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan rakyat Indonesia. Rendahnya pengetahuan sumber daya manusia Indonesia membuat sumber daya alam yang masih mentah diekspor keluar negeri kemudian diimport kembali ke Indonesia dengan harga yang jauh dengan bahan mentah yang dikirim keluar negeri.

Pertambangan merupakan sumber daya alam yang sangat potensial diekplorasi untuk kesejahteraan Indonesia. Banyak tambang yang ada di Indonesia yang sudah dikembangkan misalnya tambang emas di Freeport, dsb, namun masih banyak bahan tambang yang masih dibisa digali di Indonesia selain emas dan timah. Diantara bahan tambang itu adalah zeolit alam.

Zeolit alam adalah mineral murah dan telah menjadi bagian penting dalam industri polimer dimana penggunaannya sebagai bahan pengisi adalah sangat ekonomis untuk memodifikasi penciptaan dan meningkatkan performa material. Ada banyak jenis mineral, tetapi zeolit alam mempunyai catatan panjang sebagai bahan anorganik yang paling banyak

ditambahkan sebagai pengisi kedalam polimer matriks [1].

Salah satu teknik rekayasa material yang akhir-akhir ini dikembangkan di Indonesia adalah nanoteknologi. Royal Society of London dalam Arryanto, dkk. [2] mendefinisikan nanoteknologi sebagai desain, produksi karakterisasi dan aplikasi struktur, alat dan sistem dengan mengontrol bentuk dan ukuran pada skala nanometer. Lebih lanjut akademi ilmu dan teknologi Perancis pada tahun 2004 menjelaskan bahwa ilmu yang mendasari nanoteknologi adalah studi terhadap fenomena dan manipulasi material pada skala makromolekul, molekul dan atom yang memiliki perbedaan sifat-sifat signifikan dengan sifat material pada skala yang lebih luas [3].

Nanoteknologi menawarkan beberapa keuntungan yang dapat menjadi alasan dilakukannya rekayasa material. Dalam nanoteknologi, material dapat didesain sesuai dengan kebutuhan dan keinginan. Selain itu, efisiensi dan optimalisasi dari material tersebut juga meningkat saat berada pada ukuran nano (10^{-9} m). Hal ini terjadi seiring dengan adanya peningkatan sifat-sifat dan performa material yang direkayasa [4].

Zeolit

Zeolit alam merupakan suatu mineral alam yang berbentuk kristal tersusun dari silika (SiO₄) dan alumina (AlO₄), dengan rongga-rongga di dalamnya yang berisi ion-ion logam, biasanya logam alkali dan alkali tanah, dan molekul air. Karakteristiknya unik antara lain sangat stabil dengan kemampuan adsorpsi yang sangat tinggi dan selektif serta mempunyai struktur pori (*microporus*) aktif yang banyak sehingga memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi menyebabkan sumber alam tersebut berpotensi untuk diproses lebih lanjut menjadi produk-produk yang luas aplikasinya antara lain sebagai katalis atau supporting katalis, dan *slow release substances*.

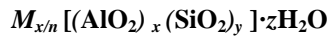
Berdasarkan ukuran porinya, zeolit dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama, yaitu :

1. Zeolit dengan ukuran pori kecil (*small pore zeolite*).
Yang termasuk dalam kelompok ini adalah zeolit yang memiliki pori dengan diameter kurang dari 0,45nm misalnya zeolit A (LTA).
2. Zeolit dengan pori medium (*medium pore zeolite*).
Yang termasuk kelompok ini adalah zeolit yang mempunyai ukuran diameter pori antara 0,45 sampai 0,55nm, misalnya silicalite (ZSM-5)/MFI.
3. Zeolit dengan pori besar (*large pore zeolite*).
Yang termasuk dalam kelompok zeolit dengan pori besar adalah zeolit yang memiliki ukuran diameter pori lebih dari 0,55nm, misalnya zeolit X,Y, faujasite (FAU), *mordenite*.

Prinsip dasar pemanfaatan zeolit alam sebagai bahan pengisi adalah karakteristik luas permukaan zeolit dan kemampuan adsorpsi dan ukuran molekul (*molecular sieve*). Zeolit merupakan senyawa alumino silikat dengan klasifikasi yakni: [AlO₄]⁻ dan [SiO₄]⁻ saling berhubungan pada sudut-sudut tetrahedralnya membentuk Al, Si *framework* 3D yang berpori. Zeolit dengan struktur kristal alumina silikat

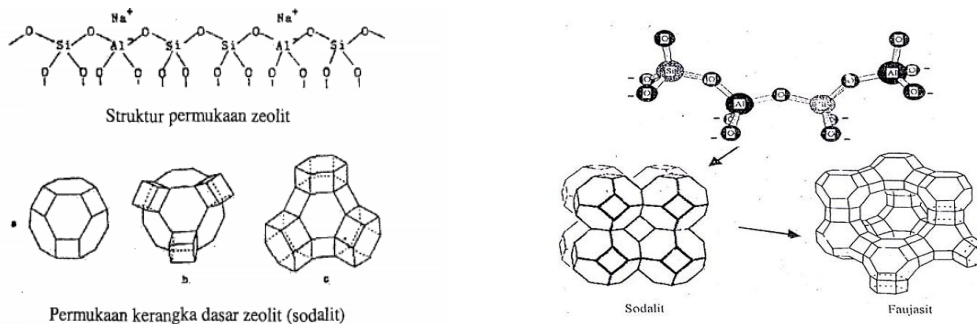
yang berbentuk rangka (*framework*) tiga dimensi, mempunyai rongga dan saluran serta mengandung ion-ion logam seperti Na, K, Mg, Ca dan Fe serta molekul air.

Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit tetrahedral AlO dan SiO yang saling berhubungan melalui atom O, sehingga zeolit mempunyai rumus empiris sebagai berikut:



- Mx/n = Kation bermuatan n
- [] = Kerangka alumina-silika
- z = Jumlah air kristal
- x,y = Jumlah AlO₂ dan SiO₂,
- y > x atau y/x ≥ 1

Komponen pertama M adalah sumber kation yang dapat bergerak bebas dan dapat dipertukarkan secara sebagian atau secara sempurna oleh kation lain. Zeolit pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam biasanya mengandung kation-kation K⁺, Na⁺, Ca²⁺ atau Mg²⁺ sedangkan zeolit sintetis biasanya hanya mengandung kation-kation K⁺ atau Na⁺. Pada zeolit alam, adanya molekul air dalam pori dan oksida bebas di permukaan seperti Al₂O₃, SiO₂, CaO, MgO, Na₂O, K₂O dapat menutupi pori-pori atau situs aktif dari zeolit sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun sifat katalisis dari zeolit tersebut, hal ini alasan mengapa zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisika maupun kimia. Secara fisika aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300-400°C dengan udara panas atau dengan sistem vakum untuk melepaskan molekul air. Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pencucian zeolit dengan larutan Na₂EDTA atau asam-asam anorganik seperti: HF, HCl dan H₂SO₄ untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutup, dalam penelitian ini digunakan HCl sebesar 2 M.



Gambar 1. Struktur molekul Zeolit

Tabel 1. Sifat fisis dari bahan pengisi

Filler	Ukuran partikel (µm)	Luas Permukaan (m ² /g)	Volume Pori (cc/g)
CaCO ₃	45	3,07	0,0013
Zeolit Alam	45	14,59	0,0059
Clay	50	11,68	0,0044

Tabel 2. Komposisi kimia dari CaCO₃, Clay, dan Zeolit Alam

Komposisi kimia (%)	Type-type filler		
	CaCO ₃	Clay	Zeolit Alam
SiO ₂	7.06	76.76	69.88
AlO ₃	1.39	15.9	24.87
Na ₂ O	-	-	2.2
MgO	-	0.34	0.46
K ₂ O	-	2.19	0.42
CaO	91.46	0.33	0.07
TiO ₂	-	1.05	1.2
Fe ₂ O ₃	0.09	3.37	0.9
CuO	-	0.04	-
ZnO	-	0.02	-

Zeolit merupakan material berpori yang telah dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai adsorben, katalis, penyaring molekuler, penukar ion dan padatan pendukung. Hasil penelitian Bussaya Rattanasupa dan Wirunya Keawwattana [5], penggunaan zeolit, CaCO₃ dan Clay sebagai bahan pengisi pada campuran dengan karet alam diperoleh data sifat fisis bahan tersebut diperlihatkan pada Tabel 1.

Rasio Si/Al merupakan perbandingan jumlah atom Si terhadap jumlah atom Al didalam kerangka zeolit. Zeolit-A merupakan zeolit sintetik yang mempunyai rasio Si/Al sama dengan satu. Beberapa zeolit mempunyai rasio Si/Al yang tinggi seperti zeolit ZK-4 (LTA), yang mempunyai struktur kerangka seperti zeolit-A, mempunyai rasio 2,5. Banyak zeolit sintetik yang dikembangkan untuk katalis mempunyai kadar Si yang tinggi seperti ZMS-5 (MFI) (Zeolit Socony-Mobil) dengan rasio Si/Al antara 20 sampai tak terhingga (murni SiO₂). Ini jauh melebihi *mordenit* (rasio Si/Al = 5,5) yang merupakan zeolit alam yang dikenal paling banyak mengandung Si, semakin tinggi rasio Si/Al yang tinggi akan menyebabkan keasaman tinggi. Setiap jenis zeolit mempunyai batas rasio Si/Al yang berbeda-beda, perubahan rasio Si/Al dari zeolit akan mengubah muatan zeolit sehingga pada akhirnya akan mengubah jumlah kation penyeimbang. Lebih sedikit atom Al artinya lebih sedikit muatan negatif pada zeolit sehingga lebih sedikit pula kation penyeimbang yang ada. Zeolit berkadar Si tinggi bersifat *hidrofobik* dan mempunyai afinitas terhadap hidrokarbon.

Bila zeolit dipanaskan pada suhu tinggi maka akan terjadi dehidrasi, penguapan yang dikandungnya sehingga menyebabkan zeolit akan selektif dalam menyerap molekul-molekul seperti He, N, O₂, CO₂, SO, Ar, dan Kr. Proses penyerapan molekul oleh zeolit terjadi karena strukturnya juga mempunyai polaritas yang tinggi.

Pertukaran ion pada dasarnya terjadi dalam suatu cairan yang mengandung anion, kation, dan molekul air dimana salah satu atau sebagian ion yang terikat pada matriks mikropori berfase padat. Molekul air dapat berada dalam mikropori bersama ion (kation, anion) dengan muatan yang berlawanan dengan ion matriks sehingga terjadi kesetimbangan muatan untuk mencapai keadaan netral, sehingga ion yang berada dalam cairan dapat bergerak bebas di dalam matriks mikropori. Karena zeolit mengandung kation alkali atau alkali tanah. Warna dari zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atau putih kekuning-kuningan.

Berdasarkan hasil penelitian Laboratorium Departemen dan Energi Sumatera Utara, maka sifat fisis zeolit alam Tapanuli Utara, sebagai berikut: warna merupakan sifat fisik yang mudah dikenali, yaitu: kecoklatan. Nilai kekerasan dapat dibandingkan dengan skala Mohs, yaitu urutan dari kekerasan mineral yang terdiri dari 10 mineral dengan kekerasan mulai dari 1-10 Mohs. Maka zeolit alam dari daerah Tapanuli Utara memiliki kekerasan: (1-10) Mohs atau termasuk dalam mineral *talk gypsum*. Kilap merupakan kenampakan refleksi

cahaya pada bidang kristal. Mineral zeolit memiliki kenampakan seperti tanah (*earthy*) maka disebut memiliki kilap tanah. Berat jenis merupakan angka perbandingan antara berat mineral dengan berat dari volume air, yaitu: 2,0-2,4 dari berat air dengan volume sama.

Komposisi kimia yang terdapat dalam zeolit alam dari beberapa daerah di Indonesia dan zeolit alam Sarulla adalah seperti pada Tabel 3.

B. METODE PENELITIAN

Sampel zeolit yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari zeolit alam Sarulla Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara. Zeolit dihancurkan dengan alat *Hummer Mill* dan diayak 200 Mesh. Zeolit alam sarulla 200 mesh diaktivasi dengan menggunakan HCl 0,05 N dengan perbandingan (1:3), kemudian diaduk selama 1 jam pada suhu 70°C. Kemudian diendapkan selama semalam, kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dan dikeringkan dengan oven. Zeolit kemudian

diballmill PBM-4 selama 10 jam sehingga terbentuk nanozeolit.

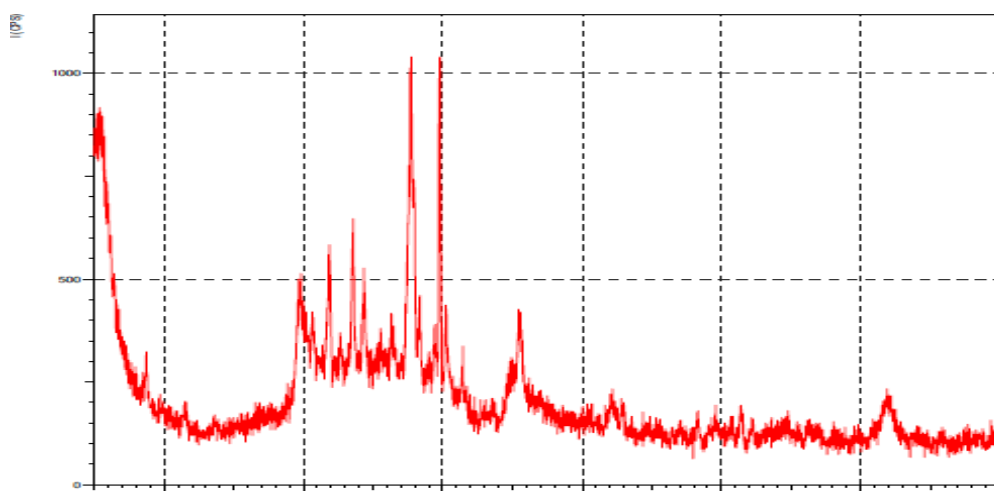
Kemudian nano partikel zeolit alam disimpan dalam desikator sampai digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam pembuatan foam poliuretan. Hasil nano partikel zeolit alam kemudian dikarakterisasi untuk menentukan seberapa besar ukuran nano partikel zeolit analisis kandungan kimia yang terkandung dalam nano partikel zeolit alam dengan menggunakan alat XRF (*X-Ray Fluoresense*) dan analisis struktur kristal dengan XRD (*X-Ray Diffractometry*) serta analisis morfologi dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan bahan pengisi zeolit alam Sarulla. Kandungan alam pada zeolit alam telah dikarakterisasi dengan menggunakan Difraksi Sinar-X. Hasil karakterisasi memberikan pola difraksi pada tampilan gambar 2.

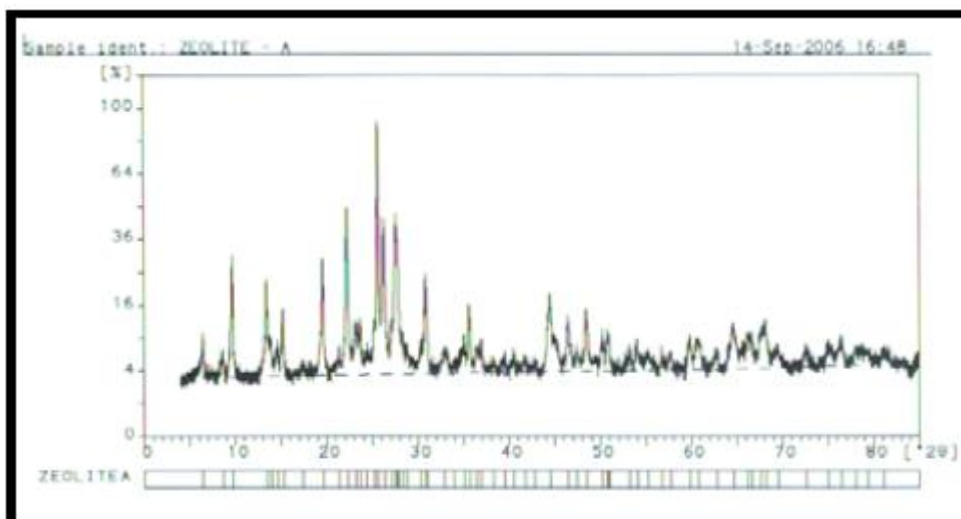
Tabel 3. Komposisi Senyawa Berbagai Zeolit Alam

No	Senyawa	Taput (%)	Sarulla (%)	Lampung (%)
1	SiO ₂	55,15	60,16	8,37
2	Fe ₂ O ₃	2,80	4,20	17,0
3	Al ₂ O ₃	24,84	14,25	1,00
4	Na ₂ O ₃	0,39	-	0,02
5	K ₂ O	1,26	-	0,26

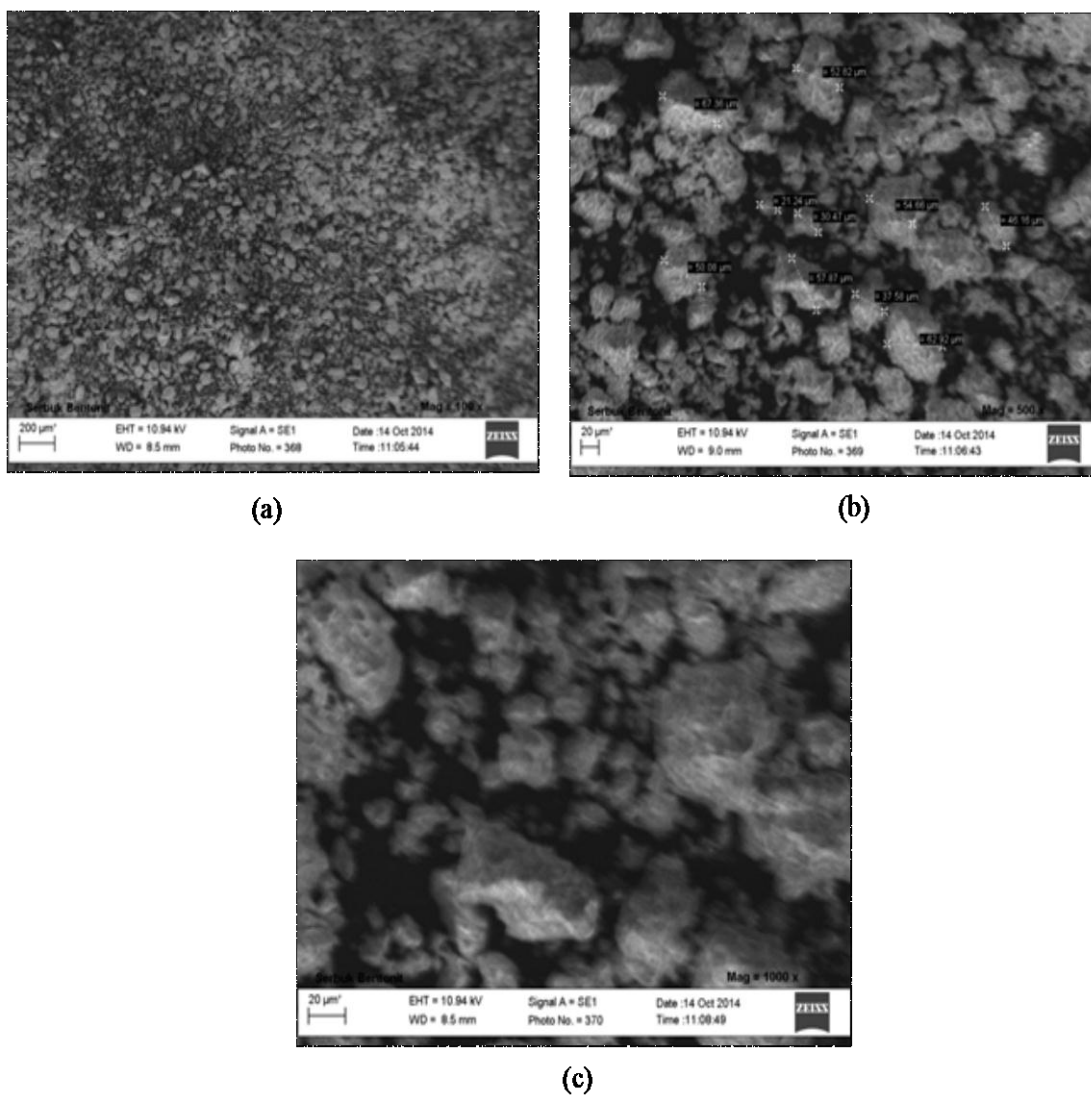


Gambar 1. Spektrum Difraksi Sinar-X Zeolit Alam Mordenit Asal Malang

PREPARATION OF SARULLA NATURAL NANOZEOLITE



Gambar 2. Spektrum Difraksi Sinar-X Zeolit Mordenit (MOR) sebagai Standar



Gambar 3. Permukaan Serbuk zeolit (a) pembesaran 100x; (b) pembesaran 500x; (c) Pembesaran 1000x

Hasil diffraktogram dari zeolit alam yang mempunyai intensitas terbesar pada sudut 2 theta sekitar 29,76; 23; 27,92. Hasil ini dibandingkan dengan diffraktogram zeolit jenis mordenite standar. Modernit standar mempunyai intensitas tinggi pada sudut 2 theta 27; 25.63; 23. dari perbandingan ini dimana bahan baku zeolit alam yang diperoleh dari Kabupaten Tapanuli Utara mendekati zeolit jenis Mordenit.

Berdasarkan gambar 3 menunjukkan hasil SEM morfologi dari zeolit alam sarulla terdapat permukaan yang sangat halus dengan memiliki pori-pori pada permukaan zeolit yang sangat kecil. Hal ini dapat dijadikan sebagai pengisi (*filler*) pada foam poliuretan. Harapannya ukuran nanozeolit dapat terdistribusi dengan baik pada pori-pori foam poliuretan.

D. KESIMPULAN

Nanozeolit alam sarulla dapat dibuat dengan cara ballmill. Jenis zeolit alam sarulla mendekati zeolit jenis Mordenit. Hasil SEM menunjukkan permukaan zeolit yang sangat halus dengan pori-pori yang sangat kecil sehingga dapat dijadikan sebagai pengisi (*filler*) pada pembuatan foam poliuretan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wagener, G., Brandt, M. Duda, L., Hofmann, J., Kleszczewcki, B., Koch, D., Kumpf, R.J., Orzesel, H., Pirkl, H.G., Six, C., Steinlein, C., dan Weisbeck, M., 2001. *Trends in industrial catalysis in the polyurethane industry. Applied Catalysis A : General* 221 : 303-335.
2. Arryanto, Y., Amini, S., dan Rosyid, M.F., 2007. IPTEK Nano di Indonesia. Terobosan, Peluang, dan Strategi. Edisi 1, 12-35. Diglossia. Yogyakarta.
3. Academie des Science dan Academie des Technologies, 2004. Nanoscience, Nanotechnologies, RST No.18. <http://www.academiescience.fr/publication/s/rapports/rapportsht/ml/RST18htm>, diakses tanggal 17 Agustus 2014.
4. Nuryadi, R., 2009. *Nanoteknologi Untuk Solusi Krisis Energi*. Artikel Seminar Nanoteknologi. Semarang.
5. Bussaya Rattanasupa dan Wirunya Keawwattana. 2007. *The Development of Rubber Compound based on Natural Rubber (NR) and Ethylene-Propylene-Diene-Monomer (EPDM) Rubber for Playground Rubber Mat*. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 41 : 239 – 247.