

PENGARUH PENAMBAHAN NANOZEOLIT ALAM DALAM PREPARASI NANOKOMPOSIT FOAM POLIURETAN TERHADAP SIFAT MEKANIK

Oleh:

Fransiskus Gultom ¹⁾

Universitas Darma Agung, Medan ¹⁾

E-Mail:

fransiskusgultom2277@gmail.com

ABSTRAK

The processing and characterization of polyurethane nanocomposite foam by adding Sarulla natural nanozeolit filler have been researched. The stages in the research of the processing of polyurethane nanocomposite foam were: 1) the preparation and purification of natural zeolit, 2) the processing of nanozeolit, 3) the processing of polyurethane nanocomposite foam using in situ process by mixing natural nanozeolit into the mix of polypropylene glycol and toluene diisocyanate. The result of the analysis of particle size analyzer showed that the Sarulla nanozeolit particle size was 95,8 nm. The variation of percentage ratio of nanozeolit as filler to polypropylene glycol and toluene diisocyanate was (0, 5, 10, 15, 20 and 25)%. The result of tensil test by using ASTM D 638 V standard showed that polyurethane foam with 20% wt filler would increase the elastic modulus to 36% (219,9 MPa).

Key words: nanocomposite, polyurethane foam, natural zeolite and elastic modulus

ABSTRAK

Pembuatan dan karakterisasi nanokomposit foam poliuretan dengan penambahan pengisi nanozeolit alam Sarulla telah diteliti. Tahap yang dilakukan dalam penelitian pada pembuatan nanokomposit foam poliuretan adalah: 1) Persiapan dan pemurnian zeolit alam, 2) Pembuatan nanozeolit, dan 3) Pembuatan nanokomposit foam poliuretan dilakukan menggunakan proses insitu dengan cara mencampurkan nanozeolit alam pada campuran polipropilene glikol dan toluene diisocyanat. Hasil analisis particle size analyzer menunjukkan ukuran partikel nanozeolit Sarulla adalah 95,8 nm. Variasi perbandingan persen berat nanozeolit sebagai bahan pengisi terhadap polipropilene glikol dan toluene diisocyanat adalah (0, 5, 10, 15, 20 dan 25)%. Hasil uji tarik dengan menggunakan standar ASTM D 638 V menunjukkan foam poliuretan dengan bahan pengisi 20% wt akan meningkatkan modulus elastisitas 36% (219,9 MPa).

Kata kunci : nanokomposit, foam poliuretan, zeolit alam, dan modulus elastisitas.

1. PENDAHULUAN

Poliuretan selain sebagai bahan *foam*, saat ini dimanfaatkan sebagai bahan elastomer, perekat dan pelapis. *Foam* poliuretan diklasifikasikan sebagai *foam* fleksibel, semi-kaku atau kaku tergantung pada sifat mekanik dan kerapatannya (Cinelli, *et al.*, 2013). *Foam* poliuretan umumnya tidak tahan dengan suhu yang tinggi dan akan mengalami degradasi, sehingga diperlukan usaha untuk

mengatasi permasalahan itu. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengatasi sifat *foam* poliuretan yang tidak tahan terhadap suhu yang tinggi misalnya memodifikasi *foam* poliuretan dengan bahan pengisi *clay*, CaCO₃ dan bentonit. Xia Cao, *et al.*, (2004) melaporkan bahwa pengisi bentonit yang ditambahkan pada poliuretan dapat meningkatkan *Tg* (*Temperature glass*) poliuretan sebesar 6°C.

Peneliti lain seperti Jessica dan Jose (2011) juga telah membuat termoplastik poliuretan menggunakan pengisi CaCO_3 dengan beberapa variasi dan menyimpulkan adanya peningkatan sifat reologi dan viskoelastisitas sedangkan sifat kristalinitas dan entalpi menurun dengan penambahan pengisi CaCO_3 karena adanya peningkatan derajat dari fase pemisah didalam poliuretan. Gomez, *et al.*, (2013) telah mempelajari sifat dinamik dari komposit poliuretan dengan penambahan pengisi grafit polikarbonat diol.

Pada penelitian ini *foam* poliuretan dimodifikasi dengan penambahan pengisi nanozeolit yang bertujuan agar zeolit terdistribusi merata pada *foam* poliuretan. Penggunaan nanozeolit sebagai pengisi dalam *foam* poliuretan dikarenakan zeolit merupakan senyawa alumina silikat yang tersusun dari logam-logam seperti logam aluminium, natrium, besi, dan sebagainya tergantung pada jenis zeolitnya (Makadia, 2000). Zeolit memiliki bentuk kristal yang sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan kesegala arah yang menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar sehingga sangat baik digunakan sebagai pengisi (Sutarti dan Rachmawati, 1994) dan zeolit mempunyai catatan panjang sebagai bahan anorganik yang paling banyak ditambahkan sebagai pengisi kedalam polimer matriks (Wagener, *et al.*, 2001). Salah satu sumber zeolit alam yang terdapat di Propinsi Sumatera Utara adalah di daerah Sarulla, Kecamatan Pahae, Kabupaten Tapanuli Utara, Propinsi Sumatera Utara. Berdasarkan hasil pemetaan yang dilakukan jumlah cadangan zeolit di daerah Sarulla, Kecamatan Pahae, Kabupaten Tapanuli Utara berjumlah 3.340.000 ton (Balitbang SU., 2006). Zeolit memiliki sifat hidrofili, maka material tersebut secara umum tidak kompatibel dengan sebagian besar bahan polimer. Oleh karena itu, secara kimiawi harus dimodifikasi untuk membuat permukaannya yang lebih hidrofobis, hal

ini diperlukan agar bahan kompatibel dengan matriks polimer polipropilena glikol (Sinto Jacob, *et al.*, 2010).

Beberapa laporan-laporan terdahulu tentang zeolit alam sebagai bahan pengisi sudah banyak dilakukan. N. Othman dan N. Zahhari (2010), melaporkan dengan penambahan zeolit alam sebagai pengisi pada matriks polipropilena dapat meningkatkan modulus elastisitas dan kekuatan impak; Leblance (2002), melaporkan dengan penambahan pengisi zeolit alam dalam ukuran partikel yang kecil dapat meningkatkan derajat penguatan polimer dibanding dengan ukuran partikel yang besar, dan semakin kecil ukuran partikel semakin tinggi interaksi antar pengisi dan matriks polimer; Kohls dan Beaucage (2002), melaporkan jumlah luas permukaan dapat ditingkatkan dengan adanya permukaan yang berpori pada permukaan bahan pengisi; Bukit (2011), melaporkan dengan penambahan zeolit sebagai bahan pengisi nanokomposit polipropilena dan karet alam SIR-20 dengan kompatibilizer anhidrida maleat-g-polipropilena dapat meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas.

Dalam rangka mengatasi permasalahan stabilitas termal dari *foam* poliuretan, yang pada umumnya tidak tahan dengan suhu yang tinggi dan mudah mengalami degradasi, maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan nanokomposit *foam* poliuretan dengan penambahan pengisi nanozeolit. Nanokomposit *foam* poliuretan dipreparasi dalam konsentrasi persen yang berbeda, dengan harapan diperoleh material nanokomposit *foam* poliuretan yang memiliki sifat termal yang lebih baik dari material asalnya, disamping itu juga akan dilihat perubahan sifat-sifat mekanik dan morfologi serta perubahan gugus yang dihasilkan dari reaksi antara kedua komponen. Harapan dari penelitian ini adalah memberikan masukan pada industri *furniture* aplikasi matras karena pemanfaatan zeolit diharapkan mampu

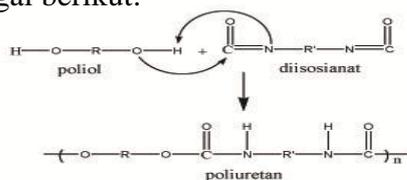
meningkatkan sifat termal dan sifat mekanik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Poliuretan

Poliuretan merupakan bahan polimer yang mempunyai ciri khas adanya gugus fungsi uretan (-NHCOO-) dalam rantai utama polimer. Gugus fungsi uretan dihasilkan dari reaksi antara isosianat dengan senyawa yang mengandung gugus hidroksil (Ashida, 2007).

Secara prinsip, poliuretan dapat dibuat dengan cara mereaksikan dua bahan kimia reaktif yaitu polioliol dengan diisosianat, dan biasanya ditambahkan sejumlah aditif untuk mengontrol proses reaksi dan memodifikasi produk akhir (Woods, 1990). Secara sederhana, reaksi pembentukan poliuretan dapat dituliskan sebagai berikut:

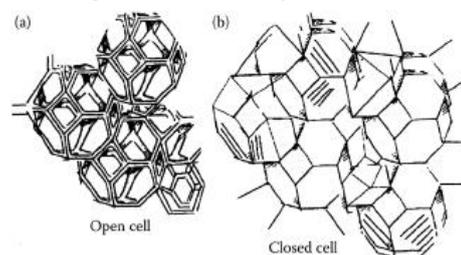


Gambar 2.1. Reaksi Pembentukan Poliuretan

Poliuretan adalah jenis polimer yang sangat unik dan luas pemakaiannya. Poliuretan ditemukan pada tahun 1937 oleh Otto Bayer sebagai pembentuk serat yang didesain untuk menandingi serat nilon. Tetapi penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa poliuretan bukan saja bisa digunakan sebagai serat, tapi dapat juga digunakan untuk membuat *foam* (sekitar 70%), bahan elastomer (karet/plastik), bahan perekat, dan *coating* (Goud, *et al.*, 2006).

Berdasarkan struktur selnya, *foam* dibedakan menjadi dua, yaitu: sel tertutup (*closed cell*) dan sel terbuka (*opened cell*). *Foam* struktur sel tertutup (*closed cell*) tidak memiliki jaringan sel yang terhubung. *Foam* dengan struktur sel tertutup merupakan bahan *foam* padat/*rigid foam* (*foam* kaku seperti pada insulasi kedap suara). Biasanya jenis *foam*

ini memiliki kuat tekan yang lebih tinggi karena strukturnya, memiliki stabilitas dimensi yang lebih tinggi, serapan air rendah dan memiliki kekuatan yang lebih tinggi jika dibandingkan *foam* sel terbuka (*opened cell*). *Foam* dengan struktur sel terbuka (*opened cell*) mengandung pori-pori yang saling terhubung satu sama lainnya untuk membentuk jaringan interkoneksi. Jenis *foam* ini memiliki kerapatan relatif lebih rendah dan penampilannya seperti *spons/flexible foam* (*foam* fleksibel seperti kasur busa, alas kursi dan jok mobil) (Szycher, 2013).



Gambar 2.2. (a). Foam struktur sel terbuka (*open cell*) dan (b). Foam struktur sel tertutup (*closed cell*) (Szycher, 2013)

2.2. Zeolit Alam

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin (Lestari, 2010).



Gambar 2.3. Bongkahan Zeolit Alam Sarulla

Zeolit alam merupakan material berpori yang telah dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai adsorben, katalis, penyaring molekuler, penukar ion dan padatan pendukung. Ukuran pori zeolit alam mayoritas adalah kurang dari 20Å sehingga kemampuan adsorpsi terhadap molekul berukuran besar menjadi tidak optimal. Salah satu upaya meningkatkan efektivitas kemampuan tersebut dapat dilakukan dengan memodifikasi ukuran pori zeolit alam.

Warna dari zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, putih kecoklat-coklatan, dan putih kekuning-kuningan (Balitbang SU., 2006). 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 sebagai berikut:

Tabel 2.1. 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

Sumber (Bukit, 2011)

Terlepas dari aplikasinya yang luas, zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca (Bogdanov, *et al.*, 2009), Mg, dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik (Akimkhan, 2012). Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Untuk memperbaiki karakteristik zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis,

adsorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu (Mockovciakova, *et al.*, 2007).

Zeolit alam ditemukan dalam bentuk mineral dengan komposisi yang berbeda, terutama dalam nisbah Si/Al dan jenis logam yang menjadi komponen minor, seperti diperlihatkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Mordenit dan Spesies Terkait

No	Zeolit Alam	Komposisi
1	Mordenite	(Ca,Na ₂ ,K ₂)Al ₂ Si ₁₀ O ₂₄ .7(H ₂ O)
2	Epistilbite	CaAl ₂ Si ₆ O ₁₆ .5(H ₂ O)
3	Maricopaite	Pb ₇ Ca ₂ (Si,Al) ₄₈ O ₁₀₀ .32(H ₂ O)
4	Dachiardite-Ca	(Ca,Na ₂ ,K ₂)5Al ₁₀ Si ₃₈ O ₉₆ .25(H ₂ O)
5	Dachiardite-Na	(Na ₂ ,Ca,K ₂)4Al ₄ Si ₂₀ O ₄₈ .13(H ₂ O)
6	Ferrierite-Mg	(Mg,Na,K)2Mg(Si,Al) ₁₈ O ₃₆ .9(H ₂ O)
7	Ferrierite-K!	(K,Na)2Mg(Si,Al) ₁₈ O ₃₆ .9(H ₂ O)

8	Ferrierite-Na!	$(\text{Na,K})_2\text{Mg}(\text{Si,Al})_{18}\text{O}_{36}\cdot 9(\text{H}_2\text{O})$
9	Boggsite	$\text{NaCa}_2(\text{Al}_5\text{Si}_{19}\text{O}_{48})\cdot 17(\text{H}_2\text{O})$
10	Gottardiite!	$\text{Na}_3\text{Mg}_3\text{Ca}_5\text{Al}_{19}\text{Si}_{117}\text{O}_{272}\cdot 93(\text{H}_2\text{O})$
11	Terranovaite!	$(\text{Na,Ca})_8(\text{Si}_{68}\text{Al}_{12})\text{O}_{160}\cdot 29(\text{H}_2\text{O})$
12	Mutinaite!	$\text{Na}_3\text{Ca}_4\text{Si}_{85}\text{Al}_{11}\text{O}_{192}\cdot 60(\text{H}_2\text{O})$
13	Direnzoite!	$\text{NaK}_6\text{MgCa}_2(\text{Al}_{13}\text{Si}_{47}\text{O}_{120})\cdot 36\text{H}_2\text{O}$

Sumber : Barthelmy, 2014

Pengendapan zeolit alam di daerah Sarulla merupakan zeolit alam yang potensial keberadaannya di Sumatera Utara. Penambangan zeolit di daerah Sarulla di Tapanuli Utara umumnya dilakukan di tambang terbuka dengan terlebih dahulu mengupas tanah penutupnya. Di Sumatera Utara endapan zeolit tersebar luas didaerah dengan jumlah cadangan yang diperkirakan cukup besar akan tetapi mineral zeolit tersebut belum dimanfaatkan secara baik dan optimal. Berdasarkan hasil analisis kegiatan dan pemanfaatan sumber daya alam sebagai bahan baku sektor industri Sumatera Utara (Balitbang SU., 2006).

3. METODE PELAKSANAAN

3.1. Proses Pembuatan Nanokomposit Foam Poliuretan

Pembuatan nanokomposit *foam* poliuretan mengacu berdasarkan referensi Thamrin (2003), dimana persentasi berat PPG (60%) dan TDI (40%). Komposisi nanozeolit alam (0, 5, 10, 15, 20, dan 25)%wt terhadap berat PPG. Pembuatan

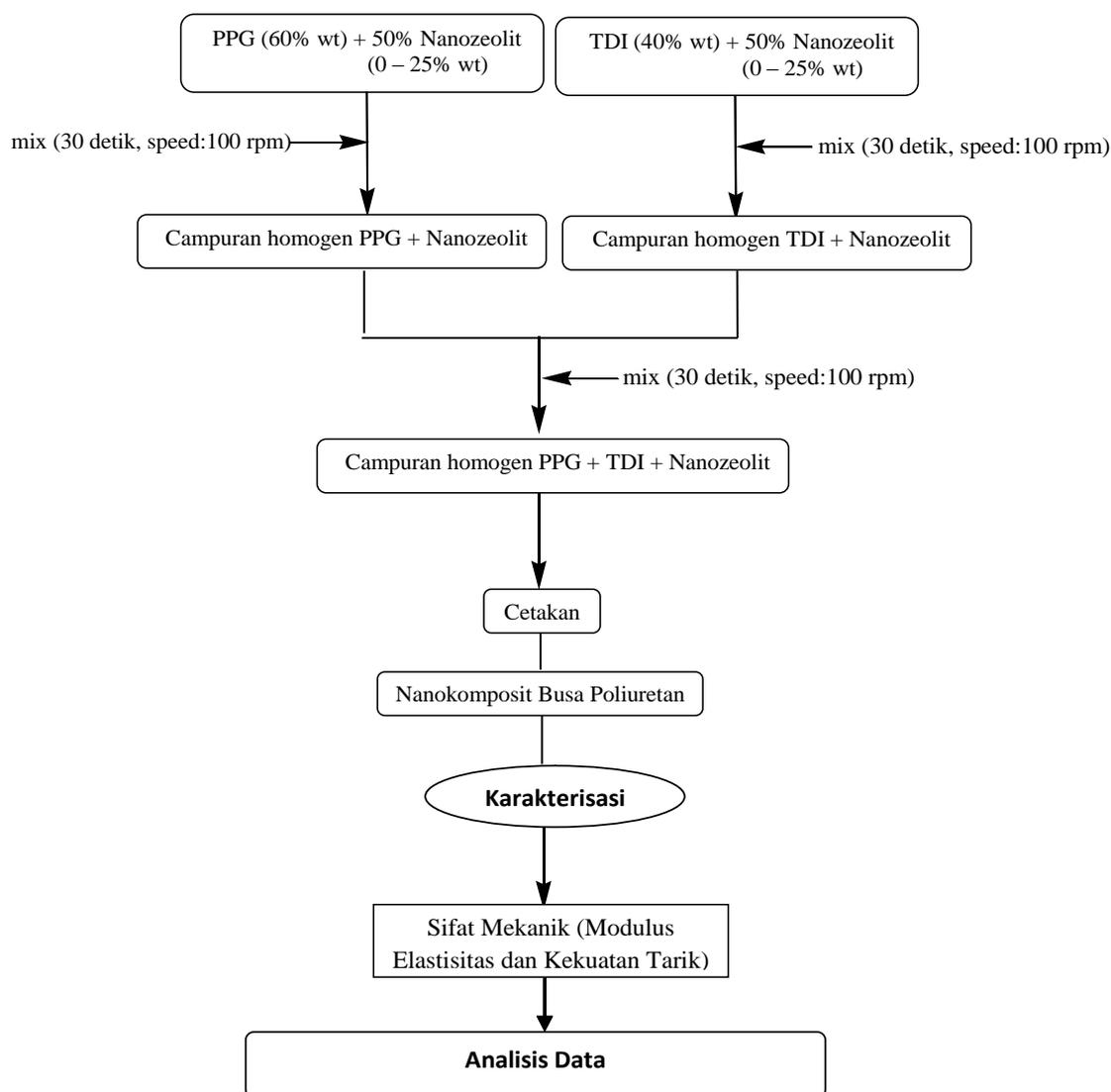
nanokomposit *foam* poliuretan dilakukan dengan cara terlebih dahulu mencampurkan antara nanozeolit dengan PPG dan diaduk dengan menggunakan mixer selama 30 detik pada suhu kamar dengan kecepatan 100rpm (PPG + nanozeolit alam), kemudian mencampurkan antara nanozeolit dengan TDI dan diaduk dengan menggunakan mixer selama 30 detik pada suhu kamar dengan kecepatan 100 rpm (TDI + nanozeolit alam). Campuran antara (PPG + nanozeolit alam) dengan (TDI + nanozeolit alam) kemudian dicampur secara bersamaan dan dilakukan pengadukan dengan menggunakan mixer selama 30 detik pada suhu kamar dengan kecepatan 100 rpm, sehingga diperoleh campuran yang homogen, kemudian dituang ke dalam cetakan, lalu dilakukan karakterisasi terhadap sifat mekanik (modulus elastisitas dan kekuatan tarik).

Komposisi persentasi berat bahan antara nanozeolit alam dapat dilihat pada Tabel 3.1. di bawah ini.

Tabel 3.1. Komposisi Persentasi Berat Bahan (PPG, TDI dan Nanozeolit)%wt

No	PPG	TDI	Nanozeolit
1	60%	40%	0%
2	60%	40%	5%
3	60%	40%	10%
4	60%	40%	15%
5	60%	40%	20%
6	60%	40%	25%

Sumber : (Gultom, 2015)



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Pembuatan Nanokomposit *Foam* Poliuretan

4. HASIL dan PEMBAHASAN

4.1. Nanozeolit

Zeolit alam yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam yang diperoleh dari daerah Sarulla, Kecamatan Pahae, Kabupaten Tapanuli Utara, Propinsi Sumatera Utara dengan ciri fisik berwarna putih kecoklat-coklatan. Sebagai salah satu material yang melimpah di alam, zeolit mengandung berbagai material lain seperti air dan pengotor dari senyawa organik. Oleh karena itu, perlu dilakukan preparasi terhadap zeolit alam sebelum diaplikasikan.

Aktivasi zeolit secara kimia dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori dan membuang senyawa pengotor. Proses aktivasi zeolit dengan perlakuan asam HCl menyebabkan zeolit mengalami dealuminasi dan dekarbonisasi yaitu keluarnya Al dan kation-kation dalam kerangka zeolit serta berdampak terhadap bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Luas permukaan yang bertambah diharapkan meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses penyerapan. Proses dealuminasi tersebut dilakukan dikarenakan tingginya

kandungan Al dalam kerangka zeolit yang memberikan kontribusi terhadap sifat hidrofilik. Sifat hidrofilik dari zeolit ini

merupakan hambatan dalam kemampuan penyerapannya.

4.2. Karakterisasi Nanozeolit

Zeolit alam sebelum preparasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1. a). Zeolit Alam dan b). Zeolit ukuran 200 mesh (74 mikrometer)



Gambar 4.2. Nanozeolit alam sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) aktivasi

Nanozeolit yang diperoleh dengan ukuran partikel 95,8 nm atau lebih rendah dari hasil yang diperoleh beberapa peneliti sebelumnya, diharapkan dengan semakin kecil ukuran partikel akan didapatkan luas permukaan yang lebih besar, yang mana dengan luas permukaan yang lebih besar pada zeolit ini akan terjadi penyebaran yang lebih baik dalam penggunaannya sebagai bahan pengisi pada *foam* poliuretan, karena Fatimah dan Wijaya (2006) menyatakan dengan memanfaatkan bahan pengisi dalam ukuran nanometer akan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan bila menggunakan bahan pengisi dalam ukuran mikrometer.

4.3. Pembuatan dan Karakterisasi Nanokomposit *Foam* Poliuretan Dengan Pengisi Nanozeolit Alam

Pembuatan nanokomposit *foam* poliuretan dibuat dengan metode *one shoot* yaitu mencampur polioliol dan bahan aditif menjadi satu campuran homogen dengan perbandingan tetap (konstan) campuran antara PPG dan TDI (60%:40%), hal ini dirujuk dari jurnal Thamrin (2003) yang optimum berada pada perbandingan PPG:TDI = (60:40)%wt, kemudian divariasikan dengan penambahan komposisi nanozeolit alam (0, 5, 10, 15, 20, dan 25)%wt. Hasil preparasi nanokomposit *foam* poliuretan kemudian dikarakterisasi Sifat Mekanik (Modulus Elastisitas dan Uji Kuat Tarik).

4.3.1. Karakterisasi Sifat Mekanis (Modulus Elastisitas (MPa) dan Kekuatan Tarik (MPa) Nanokomposit *Foam* Poliuretan)

Salah satu sifat mekanis yang umum diuji dari senyawa polimer dan

bahan material adalah meliputi modulus elastisitas dan kekuatan tarik. Nilai analisis modulus elastisitas dan kekuatan tarik nanokomposit *foam* poliuretan hasil polimerisasi PPG dengan TDI dan nanozeolit dengan rasio pencampuran yang bervariasi merupakan faktor penting untuk mengetahui sifat mekanis dari bahan yang

diinginkan. Hasil dari pengujian didapatkan Load dan Stroke. Harga Load dalam satuan Kgf dan stroke dalam satuan mm. Hasil pengujian ini diolah kembali untuk mendapatkan kekuatan tarik (MPa).

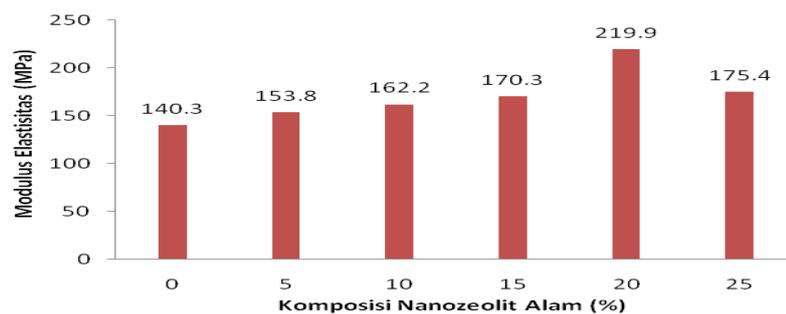
Hasil pengujian sifat mekanik melalui uji tarik dapat dilihat pada Tabel 4.1. di bawah ini.

Tabel 4.1. Data hasil pengujian modulus elastisitas (MPa) dan kekuatan tarik (MPa)

No.	Komposisi nanozeolit alam (%wt)	Modulus Elastisitas (MPa)	Kekuatan Tarik (MPa)
1	0	140.3	0.3
2	5	153.8	1.4
3	10	162.2	1.9
4	15	170.3	2.3
5	20	219.9	2.9
6	25	175.4	2.5

Sumber : (Gultom, 2015)

4.3.1. Hasil Analisa Modulus Elastisitas

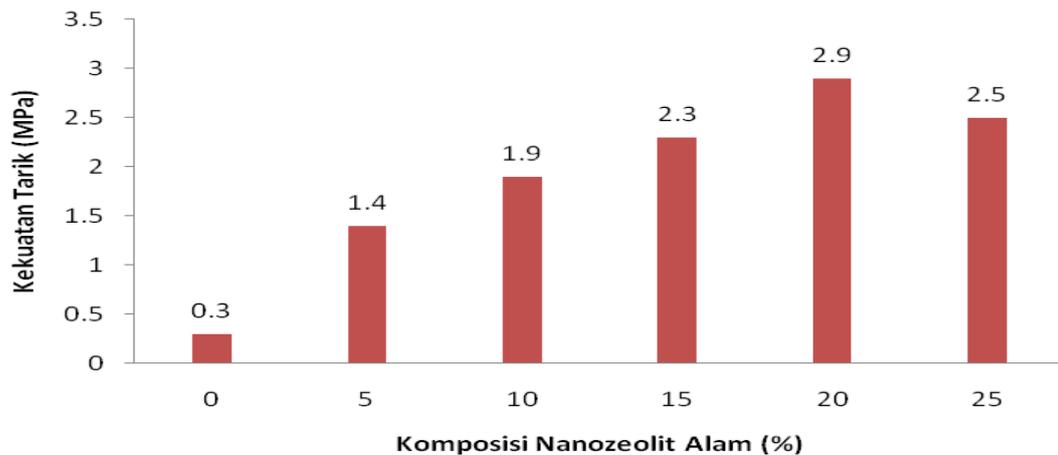


Gambar 4.3. Grafik modulus elastisitas terhadap komposisi nanozeolit alam (0-25)%wt

Modulus elastisitas dari uji mekanik nanokomposit *foam* poliuretan terlihat dari Gambar 4.3 menunjukkan bahwa modulus elastisitas yang paling optimum berada pada konsentrasi nanozeolit 20% yakni sebesar 219.9 MPa, peningkatan ini dikarenakan pada penambahan tersebut pori-pori nanokomposit *foam* poliuretan telah ditutupi oleh nanozeolit sehingga pori-pori nanokomposit *foam* poliuretan semakin kecil, disamping itu pada penambahan 20% zeolit interaksi fisika yang terjadi antara senyawa yang ada pada zeolit dengan senyawa pada *foam* poliuretan sangat optimal. Hal senada juga

dilaporkan oleh Sangram (2014), bahwa dengan penambahan *clay* pada pembuatan nanokomposit *foam* poliuretan terjadi interaksi fisika. Sedangkan nilai modulus elastisitas pada konsentrasi dibawah 20% zeolit dan diatas 20% zeolit menunjukkan sifat elastisitas yang menurun, ini membuktikan bahwa interaksi fisika diantara kedua matriks belum stabil (belum seimbang). Sedangkan penelitian yang dilakukan Sangram (2014) melihat sifat mekanik menggunakan DMA (*Dynamic Mechanical Analysis*) menunjukkan hasil elastisitas juga menurun dibawah 20%. Hal ini dikarenakan pengaruh *reinforcement* dari *clay* yang dicampurkan.

4.3.2. Hasil Analisa Kekuatan Tarik



Gambar 4.4. Grafik kekuatan tarik terhadap komposisi nanozeolit alam (0-25)% wt

Kekuatan tarik dari uji mekanik nanokomposit *foam* poliuretan terlihat dari Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kekuatan tarik yang paling optimum berada pada konsentrasi pengisi nanozeolit Sarulla 20% yakni sebesar 89% (2.9 MPa). Hal ini kemungkinan disebabkan karena lapisan silikat pada zeolit alam yang berukuran nanometer dapat tersebar secara acak dan merata pada nanokomposit. Lapisan silikat yang ada pada zeolit yang tersebar secara individu memiliki luas kontak permukaan yang besar sehingga dapat berikatan kuat dengan *foam* poliuretan yang selanjutnya memberikan efek pada peningkatan kekuatan tarik.

Penggabungan nanozeolit alam lebih dari 20% wt justru sebaliknya memberikan nilai kekuatan yang berkurang. Ini dikarenakan pada penambahan dibawah 20% wt, campuran kedua komponen tidak mencapai keserasian dan melemahkan sifat mekanik dengan kata lain diantara komponen-komponen tidak mencapai keseimbangan. Pada komposisi lebih dari 20% wt juga diperoleh hal yang sama yaitu menurunnya sifat tegangan atau *stress*, ini dikarenakan keseimbangan dari kedua matriks telah melewati optimasi seimbang. Disamping itu kemungkinan juga oleh ukuran partikel bahan pengisi yang kecil meningkatkan derajat penguatan polimer berbanding

dengan ukuran partikel yang besar. Leblance (2002) menyatakan ukuran partikel mempunyai hubungan secara langsung dengan luas permukaan per gram bahan pengisi. Oleh karena itu, ukuran partikel yang kecil menyediakan luas permukaan yang besar bagi interaksi diantara polimer matriks dan bahan pengisi seterusnya meningkatkan penguatan bahan polimer. Ringkasnya, semakin kecil ukuran partikel, maka semakin tinggi interaksi antara bahan pengisi dan matriks polimer. Kohls dan Beaucage (2002) melaporkan hasil penelitiannya bahwa luas permukaan dapat ditingkatkan dengan adanya permukaan yang poros atau pori pada permukaan pengisi. Dimungkinkan bahwa polimer dapat menembus masuk ke dalam permukaan yang poros selama proses pencampuran. Partikel yang tersebar secara homogen meningkatkan interaksi melalui penyerapan polimer di atas permukaan bahan pengisi. Sebaliknya, partikel yang tidak tersebar secara homogen mungkin menghasilkan aglomerat atau penggumpalan di dalam matriks polimer. Terbentuknya aglomerat mengurangi luas permukaan serta melemahkan interaksi diantara bahan pengisi dan matriks dan mengakibatkan penurunan sifat fisik bahan polimer.

Bussaya Rattanasupa dan Wirunya Keawwattana (2007), melaporkan penggunaan campuran polipropilena dan

karet alam dengan bahan pengisi zeolit alam sebanyak 50 phr dengan ukuran partikel 45 µm diperoleh kekuatan tarik sebesar 2,73 MPa lebih kecil jika dibandingkan dengan ukuran partikel nanozeolit alam sebesar 95,8 nm, hal ini disebabkan karena ukuran partikel semakin kecil menyebabkan campuran lebih homogen.

Dari hasil teori, zeolit alam merupakan suatu senyawa anorganik yang bersifat hidrofilik. Sesuai dengan sifat alami zeolit, maka pencampuran dengan matriks polimer yang membawa sifat hidrofobik adalah sangat mustahil. Oleh sebab itu untuk menghasilkan kesesuaian dengan polimer, maka zeolit alam perlu dimodifikasi menjadi nano partikel, dari hasil penelitian ini kekuatan tarik nanokomposit meningkat setelah partikel zeolit alam dibuat dalam ukuran nano dari pada zeolit alam dalam ukuran makro dan mikro.

5. SIMPULAN

Dari hasil penelitian pembuatan dan karakterisasi nanokomposit *foam* poliuretan dengan penambahan pengisi nanozeolit alam yang diperoleh dari daerah Sarulla, Kecamatan Pahae, Kabupaten Tapanuli Utara, Propinsi Sumatera Utara, dengan variasi perbandingan persen berat nanozeolit terhadap polipropilene glikol dan toluene diisosiyanat adalah (0, 5, 10, 15, 20 dan 25)%, maka dapat disimpulkan bahwa pada pembuatan nanokomposit *foam* poliuretan dengan penambahan pengisi nanozeolit alam Sarulla dapat meningkatkan sifat mekanik nanokomposit *foam* poliuretan. Peningkatan sifat mekanik nanokomposit *foam* poliuretan diperoleh pada nilai optimum 20% yang meliputi: peningkatan modulus elastisitas mencapai sebesar 36% (219,9 MPa) dan peningkatan kekuatan tarik mencapai sebesar 89% (2.9 MPa).

6. DAFTAR PUSTAKA

Akimkhan, MA., 2012, *Structural and Ion-Exchange Properties of natural*

Zeolite, InTech, <http://dx.doi.org/10.5772/51682>, diakses tanggal 11 Desember 2015.

Ashida, K., 2007. *Polyurethane and Related Foams, Chemistry and Technology*. Taylor and Francis Group. London, New York.

Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Sumatera Utara. 2006. *Kajian Bahan Galian Zeolit Untuk Dimanfaatkan Sebagai Bahan Baku Pupuk*. Medan.

Bogdanov, Yury A; Lein, Alla Yu; Sagalevich, Anatoly M; Ul'yanov, Alexander A; Dorofeev, SA; Ul'yanova, Nina V., 2009. *Hydrothermal sulfide deposits of the Lucky Strike vent field, Mid-Atlantic Ridge. Geochemistry International*, **44(4)**, 403-418, doi:10.1134/S0016702906040070.

Bukit, Nurdin. 2011. *Pengolahan Zeolit Alam Sebagai Bahan Pengisi Nano Komposit Polipropilena dan Karet Alam SIR-20 Dengan Kompatibelizer Anhidrida Maleat-Grafted-Polipropilena*. Disertasi. Universitas Sumatera Utara. Medan.

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*. Kasetart Journal (Nat. Sci.) 41 : 239 – 247.

Cinelli, P., Anguillesi, I dan Lazzeri, A., 2013. *Green Synthesis of Flexible Polyurethane Foams from Liquefied Lignin*. European Polymer Journal. 49: 1174–1184.

Fatimah, I., dan Wijaya, K., 2006. *Pengaruh Metode Preparasi Terhadap Karakter Fisikokimiawi Montmorillonit Termodifikasi*

- ZrO_2 . Akta Kimind: 87-92. Science Direct. Elsevier.
- Gomez, C.M., M. Culebras, A. Cantarero, B. Redondo-Foj, P. Ortiz-Serna, M. Carsí, M.J. Sanchis. 2013. *An experimental study of dynamic behaviour of graphite–polycarbonatediol polyurethane composites for protective coatings*. Applied Surface Science 275 (2013) 295– 302.
- Goud, V.V., Pradhan, N.C., dan Padwardhan, A.V., 2006. *Epoxydation of Karanja (Pongamia glabra) Oil by H_2O_2* . Journal of the American Oil Chemists Society, vol. 83, no. 2, pp. 635-640.
- Gultom Fransiskus, 2015. *Preparation and Characterization of Polyol Natural Rubber Latex Based Polyurethane Foam*. Agrium ISSN 0852-1077 (Print) ISSN 2442-7306 (Online). April 2015 Volume 19 No.2.
- Gultom Fransiskus, 2015. *Preparation of Sarulla Natural Nanozeolite as a Filler for Polyurethane Foam Polymer*. Agrium ISSN 0852-1077 (Print) ISSN 2442-7306 (Online) Oktober 2015 Volume 19 No.3.
- Gultom Fransiskus, Basuki Wirjosentono, Thamrin, Hamonangan Nainggolan, dan Eddiyanto. 2015. *Preparation and Characterization from Natural Zeolite Sarulla of North Sumatera Polyurethane Nanocomposite Foam* s. Chemistry and Materials Research. ISSN 2224- 3224 (Print) ISSN 2225-0956 (Online). Vol.7 No.10, 2015.
- Gultom Fransiskus, Basuki Wirjosentono, Thamrin, Hamonangan Nainggolan, dan Eddiyanto. 2016. *Preparation and characterization of North Sumatera natural zeolite polyurethane nanocomposite foam s for light-weight engineering materials*. Procedia Chemistry 19 (2016) 1007 – 1013. Available online at www.sciencedirect.com.
- Jessica Donate-Robles dan José Miguel Martín-Martínez. 2011. *Addition of precipitated calcium carbonate filler to thermoplastic polyurethane adhesives*. International Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 31, Issue 8, December 2011, Pages 795–804.
- Kohls, J.L., dan Beaucage. 2002. *Rational Desing of Reinforced Rubber*, Cur OP.Solid St Mat Sci ,6:183-194.
- Leblance, J, R., 2002. *Rubber-filler Interaction and Rheology Properties in Filled Coumpaund*, Prog .Polym. Sci 27:627-687.
- Lestari, Dewi. 2010. *Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. Proseding Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.
- Makadia, C.M., 2000. *Nanocomposites of Polypropylene by Polymer Melt Compounding Approach*. University of Massachusetts Lowell: Master of Science.Thesis.
- Mockovciakova, A., Orolinová, Z., Matik, M., Hudec, P., and Kmecová, E., 2007, *Iron Oxide Contribution to the Modification of Natural Zeolite*. Acta Montanist. Slov., 11, 1, 353-357.
- N. Othman dan N. Zahhari. 2010. *Optimization of Zeolite as Filler in Polypropylene Composite*. Sega. Jurnal on line.
- Sangram K. Ratha, Vinod K. Aswalb, Chandan Sharmac, Kapil Joshid, Manoranjan Patria, G. Harikrishnanc, Devang V. Khakhare. 2014. *Mechanistic origins of multi-scale reinforcements in segmented polyurethane-clay nanocomposites*. Polymer. Volume 55, Issue 20, 26 September 2014, Pages 5198–5210.

- Sinto Jacob, Suma, K.K., Sona Narayanan, Abhilash G, Jude Martin Mendez dan K.E. George. 2010. *Maleic Anhydride Modification of PP/silica Nanocomposites*. International Conference on Advances in Polymer Technology, Feb. 26-27, 2010, India, Page No. 223.
- Szycher, Michael. 2013. *Szycher's Handbook Of Polyurethanes Second Edition*. CRC. Press. New York.
- Thamrin, 2003. *Saling Tembus Polimer Antara Karet Alam (Sir – 20) Dan Poliuretan Thermoplastik*. Jurnal Sains Kimia (Journal Of Chemical Science). Volume 7, 2003. ISSN : 1410 – 5152.
- 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.
- Woods, George. 1990. *The ICI Polyurethanes Book*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Xia Cao, L. James Lee, Tomy Widya, dan Christopher Macosko. 2004. *Polyurethane/ clay nanocomposites foam s: processing, structure and properties*. *Polymer* 46 (2005) 775–783.