

## **ZEOLITE PROCESSING AS HEAVY MATERIAL**

**Sajaratud Dur**

Department of Mathematics

UINSU Medan

addur.ratu@yahoo.co.id

**Abstract.** *Research on zeolite processing as a reinforcement material is done to utilize natural resources in North Sumatera Province. Zeolite processing is so nanometer-sized by using a ballmill. Activation of zeolite is done by heating 1050 C for 10 minutes. The resulting zeolite particle size is 290 nanometers. It is obtained from 80 grams of zeolite measuring 1700 nanometers to 15 grams measuring 290 nanometers for 34 hours of grinding process in the ballmill.*

**Keyword:** zeolite, nanometer, processing, lasing

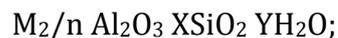
Abstrak. Penelitian pengolahan zeolit sebagai bahan penguat dilakukan untuk memanfaatkan sumber daya alam yang ada di Provinsi Sumatera Utara. Pengolahan zeolit tersebut sehingga berukuran nanometer dengan menggunakan ballmill. Pengaktifan zeolit dilakukan dengan pemanasan 1050 C selama 10 menit. Ukuran partikel zeolit yang dihasilkan adalah 290 nanometer. Hal ini diperoleh dari 80 gram zeolite berukuran 1700 nanometer menjadi 15 gram berukuran 290 nanometer selama 34 jam proses grinding di dalam ballmill.

**Kata Kunci:** zeolit, nanometer, pengolahan, penguat

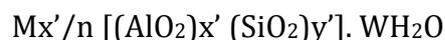
## PENDAHULUAN

Data Kementerian Pertambangan dan Energi Propinsi Sumatera Utara tahun 2003 bahwa komposisi zeolit alam dari Kecamatan Sarulla Kabupaten Tapanuli Utara Sumatera Utara adalah 60,16% SiO<sub>2</sub>, 4,20% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan 14,25% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Harahap (2006) menemukan deposit zeolit alam sebanyak 3.340.000 ton persis di pinggir jalan lintas antara Sarulla – Sipirok. Umemura, (2006) menyebutkan bahwa pengutamaan pemanfaatan bahan baku dari alam daripada bahan baku sintetis merupakan isu lingkungan yang sudah lama berkembang. Hal ini berkaitan dengan beberapa kelebihan bahan baku alam seperti lebih ramah lingkungan dan potensinya yang cukup banyak dan dapat diperbaharui. Aini dan Indriati (2007) menggunakan zeolit sebagai pengisi kertas untuk menggantikan kaolin. Chen, dkk. (2011) menambahkan zeolit pada sisi luar karton bergelombang sehingga karton lebih tahan terhadap kelembaban dan membantu sisi dalam bertahan lebih lama. Zeolit adalah nama umum untuk kelompok zeolit yang mana kristal- kristalnya merupakan aluminosilikat logam alkali dan alkali tanah yang mengandung air. Zeolit adalah zat berpori dengan pori-pori berskala nanometer.

Zeolit yang berarti batu mendidih, diberikan oleh seorang ahli mineralogi Swedia FAF Crostedt pada mineral yang ditemukannya pada tahun 1756 yang dapat menghamburkan uap seperti air mendidih jika dipanaskan pada suhu 100°C sampai dengan 350°C. Sejak saat itu telah ditemukan 50 jenis zeolit alam dan 150 jenis zeolit buatan. Zeolit adalah polimer anorganik yang tersusun dari unit berulang terkecil berupa tetrahedra SiO<sub>4</sub> dan AlO<sub>4</sub>. Ikatan antar tetrahedra terbentuk dengan pemakaian bersama satu atom oksigen oleh dua tetrahedra sehingga setiap tetrahedra akan berikatan dengan 4 tetrahedra lainnya. Polimer yang terbentuk adalah jaringan tetrahedra tiga dimensi berupa kristal-kristal yang didalamnya terdapat saluran-saluran pori dan rongga-rongga yang tersusun secara beraturan. Rongga-rongga kristal berupa air bebas dan ada yang terikat dan jika dipanaskan akan terbentuk ruang hampa. Zeolit secara empirik dapat dinyatakan dengan rumus molekul berikut:



atau jika disesuaikan dengan strukturnya maka dapat dinyatakan sebagai berikut:



dengan M adalah kation penetral alkali atau alkali tanah yang bervalensi n dan suku yang berada di dalam kurung menyatakan rumus molekul kerangka zeolit, x adalah suatu harga dari 2-10 (Mc.Bain, 1932).

Hampir seluruh endapan zeolit yang ditemukan di Indonesia tersusun oleh mineral klinoptilolit, mordenit atau campuran keduanya, kadang – kadang sedikit mengandung mineral heulandit. Disamping mengandung mineral tersebut zeolit juga mengandung mineral pengotor seperti kwarsa, plagioklas, montmorilonit, pirit, kaolin dan lain - lain. Warna bahan galian zeolit beraneka ragam antara lain hijau, putih kehijauan, putih merah daging, coklat abu – abu kebiruan dan lainnya bergantung dengan kondisi lingkungan yang mempengaruhinya. Zeolit alam merupakan senyawa alumina silikat terhidrasi yang secara fisik dan kimia mempunyai kemampuan sebagai penyerap (adsorpsi), penukar kation dan sebagai katalis. Zeolit sintetik dihasilkan dari beberapa perusahaan seperti *Union Carbide*, ICI dan *Mobil Oil* dan lebih dari 100 jenis telah dikenal strukturnya antara lain zeolit A, X, Y, grup ZSM/AlPO<sub>4</sub> (Zeolite Sieving Materials/Aluminium Phosphate) dan bahkan akhir-akhir ini dikenal grup Zeotip, yaitu material seperti zeolit tetapi bukan senyawa alumino-silikat. Kemampuan pertukaran ion zeolit merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas zeolit yang akan digunakan, biasanya dikenal sebagai KTK (Kapasitas Tukar Kation). KTK adalah jumlah meq ion logam yang dapat diserap maksimum oleh 1gr zeolit dalam kondisi setimbang. Kapasitas tukar kation (KTK) dari zeolit bervariasi dari 1,5 sampai 6 meq/g. Nilai KTK zeolit ini banyak tergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan KTK batuan lempung, seperti kaolinit (0,03-015 meq/g), bentonit (0,80-1,50 meq/g) dan vermikulit (1-1,50 meq/g). Kandungan air yang terperangkap dalam rongga zeolit biasanya berkisar antara 10-35%. Perbandingan antara atom Si dan Al yang bervariasi akan menghasilkan banyak jenis atau spesies zeolit yang terdapat di alam. Sampai saat ini telah ditemukan lebih dari 50 jenis spesies zeolit, namun mineral pembentuk zeolit terbesar ada 9 (sembilan) yaitu analsim, habazit, klinoptilolit, erionit, mordenit, ferrierit, heulandit, laumontit dan filipsit. Pengaruh suhu pada zeolit ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Stabilitas Zeolit Terhadap Suhu

Jenis Mineral Zeolit	Suhu (°C)
Klinoptilolit (kaya ion Ca) (maks.)	500
Klinoptilolit (kaya ion K) (maks.)	800
Kabazit	600 - 865
Laumontit	345 - 800
Mordenit	800 - 1000
Filipsit	360 - 400

Mineral zeolit yang umum dijumpai adalah jenis klinoptilolit dan mordenit (Harahap, 2006). Beberapa jenis zeolit alam yang telah ditemukan berikut rumus molekulnya ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Rumus Molekul Beberapa Jenis Zeolit (Mozgawa, dkk., 2011)

Nama Mineral	Rumus Molekul	Kode IUPAC	Cincin
Analsim	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}].16\text{H}_2\text{O}$	ANA	4,6,8
Filipsit	$\text{K}_2(\text{Ca}_{0,5}\text{Na})_4[\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}].12\text{H}_2\text{O}$	PHI	4,8
Harmotom	$\text{Ba}(\text{Ca}_{0,5}\text{Na})[\text{Al}_5\text{Si}_{11}\text{O}_{32}].12\text{H}_2\text{O}$	PHI	4,8
Gismondit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_8\text{O}_{32}].16\text{H}_2\text{O}$	GIS	4,8
Loumontit	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}].16\text{H}_2\text{O}$	LAU	4,6,1
Zeolite A	$\text{Na}_{12}[\text{Al}_{24}\text{Si}_{24}\text{O}_{48}].27\text{H}_2\text{O}$	LTA	4,6,8
Kankrinit	$\text{Na}_6\text{Ca}[\text{CO}_3(\text{AlSiO}_4)_6].2\text{H}_2\text{O}$	CAN	4,6,12
Levin	$\text{NaCa}_{2,5}[\text{Al}_6\text{Si}_{12}\text{O}_{36}].18\text{H}_2\text{O}$	LEV	4,6,8
Offretit	$\text{KCaMg}[\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36}].15\text{H}_2\text{O}$	OFF	4,6,8,12
Kabasit	$\text{Ca}_2[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}].12\text{H}_2\text{O}$	CHA	4,6,8
Faujasit	$\text{Na}_{20}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_8[\text{Al}_{60}\text{Si}_{132}\text{O}_{384}].235\text{H}_2\text{O}$	FAU	4,6,12
Gmelinit	$\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}].22\text{H}_2\text{O}$	GME	4,6,8,12
Edingtonit	$\text{Ba}_2[\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}].8\text{H}_2\text{O}$	EDI	4,8
Thomsonit	$\text{Na}_4\text{Ca}_8[\text{Al}_{20}\text{Si}_{20}\text{O}_{80}].24\text{H}_2\text{O}$	THO	4,8
Skolesit	$\text{Ca}_8[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}].24\text{H}_2\text{O}$	NAT	4,8
Natrolit	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}].16\text{H}_2\text{O}$	NAT	4,8
Brewsterit	$\text{Sr}_2[\text{Al}_4\text{Si}_{12}\text{O}_{32}].10\text{H}_2\text{O}$	BRE	4,5,6,8
Stilbit	$\text{NaCa}_4[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}].30\text{H}_2\text{O}$	STI	4,5,6,8,10
Heulandit	$(\text{K},\text{Na})\text{Ca}_4[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}].24\text{H}_2\text{O}$	HEU	4,5,8,10
Klinoptilolit	$(\text{K}_2,\text{Na}_2,\text{Ca})_3[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}].20\text{H}_2\text{O}$	HEU	4,5,8,10

### 1. Sifat-Sifat Zeolit

Struktur dan komposisi zeolit seperti yang diuraikan secara singkat di atas menjadikan zeolit sebagai padatan yang memiliki sifat-sifat kimia yang unik, diantaranya adalah:

a. Sangat berpori karena kristal zeolit sebenarnya merupakan kerangka yang terbentuk dari jaringan tetrahedra  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ .

b. Pori-porinya berukuran molekul karena pori zeolit terbentuk dari tumpukan

cincin beranggotakan 6,8,10 atau 12 tetrahedra.

c. Dapat mempertukarkan kation karena perbedaan muatan  $\text{Al}(+3)$  dan  $\text{Si}(+4)$

menjadikan atom Al dalam kerangka kristal bermuatan negatif dan

membutuhkan kation penetral. Kation penetral yang bukan menjadi bagian

kerangka ini mudah diganti dengan kation lainnya.

d. Dapat diubah menjadi padatan yang bersifat asam karena penggantian kation

penetral dengan proton menjadikan zeolit sebagai padatan asam Bronsted.

e. Mudah dimodifikasi karena setiap tetrahedra dapat dikontakkan dengan bahan-

bahan pemodifikasi. Modifikasi yang dikenakan pada zeolit diantaranya

adalah: pertukaran ion, penggantian inti tetrahedra dengan atom logam lainnya

seperti Ga, Fe, B, dan Ti, pengendalian keasaman baik jumlah maupun kekuatan

pusat asamnya dengan cara mengatur perbandingan Si/Al dalam kerangka

kristal.

Selain sifat kimianya, sifat-sifat fisik zeolit adalah:

(a).Warna zeolit

Umumnya berwarna putih atau bening jika belum mengalami pengotoran, tetapi dapat berwarna merah daging, merah muda atau kelabu dengan adanya inklusi dari oksidasi atau mineral-mineral asing lainnya;

(b).Bentuk kristal zeolit

Secara umum ada 3 macam yaitu berserabut atau berserat, pipih, dan bersegi atau ekuidimensional;

(c).Ukuran kristal zeolit

Umumnya lebih dari 2 mikron dan maksimum dapat mencapai 4 inci.

(d).Berat jenis zeolit

Berat jenis zeolit relatif rendah rata-rata 2,0 – 2,5.

(e).Kekerasan

Ukuran kekerasan pada skala Mohs: 2,5 – 10.

(f).Indeks refraksi

Indeks refraksi berkisar 1,44 – 1,52.

(g).Tidak berkilap (suram atau kabur) kecuali pada beberapa bidang belahan tertentu, ditemukan kilap seperti mutiara (Mc.Bain, 1932).

## 2. Zeolit sebagai Pengisi

Bahan pengisi adalah suatu aditif padat yang ditambahkan ke dalam matriks polimer untuk meningkatkan sifat-sifat bahan. Penambahan bahan pengisi menghasilkan peningkatan spesifik dalam sifat mekanik dan sifat fisik matriks. Perlakuan dari bahan memungkinkan menjadi pendukung

mekanisme beberapa pengisi membentuk ikatan kimia dengan matriks sebagai penguat. Sebagai contoh, karbon hitam menghasilkan ikatan silang di dalam elastomer dengan memakai reaksi radikal (Ketan, 2002). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bahan pengisi mempunyai peranan penting dalam memodifikasi sifat-sifat dari berbagai bahan polimer. Sebagai contoh, dengan cara menambahkan pengisi maka akan meningkatkan sifat mekanik, elektrik, termal, optik, dan sifat-sifat pemrosesan dari polimer dan juga dapat mengurangi biaya produksi. Peningkatan sifat-sifat matriks tergantung pada banyak faktor termasuk aspek rasio dari bahan pengisi, derajat dispersi dan orientasi dalam matriks, dan adesi pada antar muka matriks–bahan pengisi (Makadia, 2000).

Berbagai jenis bahan pengisi yang digunakan dalam polimer alam dan polimer sintetik ditujukan untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat-sifat fisik bahan seperti mengurangi biaya, mewarnai, menguatkan atau mengukuhkan bahan polimer. Secara umum upaya penguatan suatu bahan pengisi dipengaruhi oleh 3 (tiga) ciri utama yaitu ukuran partikel dan luas permukaan, bentuk dan struktur permukaan, serta aktifitas dan sifat-sifat kimia permukaan. Pengisi sekaligus penguat pada umumnya mempunyai ukuran partikel yang kecil, permukaan yang aktif secara kimia. Permukaan yang memiliki pori dan bentuk yang tidak seragam dapat meningkatkan adhesi (Hanafi, dkk., 2005).

Jumlah luas permukaan dapat ditingkatkan dengan keberadaan permukaan yang berpori pada permukaan pengisi. Dimungkinkan bahwa polimer dapat menembus masuk ke dalam permukaan yang berpori ketika proses pencampuran. Selain dari luas permukaan, kehomogenan sebaran partikel dalam matriks polimer juga penting bagi penentuan kekuatan interaksi di antara pengisi dan matriks polimer. Partikel yang terserak secara homogen dapat meningkatkan interaksi melalui penyerapan polimer di atas permukaan bahan pengisi. Sebaliknya partikel yang tidak tersebar secara homogen dapat menghasilkan aglomerat atau penggumpalan di dalam matriks polimer. Keberadaan aglomerat dapat mengurangi luas permukaan kemudian melemahkan interaksi di antara pengisi dan matriks dan mengakibatkan penurunan sifat fisik bahan polimer (Kohls dan Beaucage, 2002).

### 3. Ciri – ciri Pengisi

Berbagai jenis pengisi digunakan dalam polimer alamiah dan polimer sintetik untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat-sifat fisik bahan. Penambahan pengisi bertujuan untuk mengurangi biaya, mewarnai atau menguatkan bahan polimer. Secara umum, pemilihan pengisi sebagai suatu penguat

dipengaruhi oleh 3 (tiga) faktor utama yaitu ukuran dan luas permukaan, bentuk dan struktur permukaan serta aktifitas dan sifat-sifat kimia permukaan. Pengisi umumnya memiliki (1) ukuran yang kecil, (2) permukaan yang aktif secara kimia, (3) permukaan yang porous/berpori, dan (4) bentuk yang tidak seragam dan dapat diterangkan seperti di bawah ini (Ismail, 2000).

#### 4. Antarmuka Pengisi Matriks

Umumnya semua bahan komposit terdapat 2 (dua) fasa yang berlainan yang dipisahkan oleh antarmuka bahan – bahan tersebut. Daya sentuh dan daya kohesif antarmuka sangat penting karena antarmuka pengisi – matriks berfungsi untuk memindahkan tegasan dari fasa matriks ke fasa penguat/pengisi. Kemampuan pemindahan tegasan kepada fasa penguat tergantung pada daya ikat yang muncul pada antarmuka komposit. Ada berbagai teori yang menerangkan pengikatan pada antarmuka komposit umumnya melibatkan ikatan kimia ataupun ikatan mekanik (Hull, 1992).

#### 5. Ukuran dan Luas Permukaan Partikel

Peningkatan sifat fisik bahan polimer dapat dikaitkan dengan ukuran partikel pengisi. Contohnya, tegangan dan modulus polimer berpengisi tergantung pada ukuran partikel. Ukuran partikel pengisi yang kecil akan meningkatkan tingkat penguatan polimer dibandingkan dengan ukuran partikel yang besar (Leblanc, 2002). Ukuran partikel mempunyai hubungan secara langsung dengan permukaan per gram pengisi. Oleh sebab itu ukuran partikel yang kecil dapat memperluas permukaan sehingga interaksi di antara polimer matriks dan pengisi seterusnya dapat meningkatkan penguatan bahan polimer. Ringkasnya semakin kecil ukuran partikel semakin tinggi interaksi antara pengisi dan matriks polimer (Kohls dan Beaucage, 2002). Luas permukaan dapat ditingkatkan dengan adanya permukaan yang berpori pada permukaan pengisi maka polimer dapat menembus masuk ke dalam permukaan yang berpori semasa proses pencampuran (Ismail, 2000).

Selain dari luas permukaan, kehomogenan penyebaran di dalam matriks polimer juga penting untuk menentukan kekuatan interaksi di antara pengisi dan matriks polimer. Partikel yang berserakan secara homogen dapat meningkatkan interaksi mulai dari penyerapan polimer pada permukaan pengisi. Sebaliknya partikel yang tidak berserakan secara homogen mungkin menghasilkan aglomerat dalam matriks polimer. Aglomerat akan memperkecil luas permukaan dan selanjutnya akan melemahkan interaksi di antara pengisi dan matriks dan mengakibatkan penurunan sifat fisik dan bahan polimer (Ismail, 2000).

Ukuran partikel mempunyai hubungan secara langsung dengan permukaan per gram pengisi. Semakin kecil ukuran partikel semakin tinggi

interaksi antara pengisi dan matriks polimer (Ismail, 2000). Penambahan bahan pengisi (penguat) menghasilkan peningkatan spesifik dalam sifat mekanik dan sifat fisik matriks. Perlakuan dari bahan memungkinkan menjadi pendukung mekanisme beberapa pengisi membentuk ikatan kimia dengan matriks sebagai penguat (Ketan, 2002). Luas permukaan dapat ditingkatkan dengan keberadaan permukaan yang berpori pada permukaan pengisi sehingga polimer mampu menembus masuk ke dalam permukaan yang berpori saat proses pencampuran (Kohls dan Beaucage, 2002). Secara umum upaya penguatan bahan pengisi dipengaruhi oleh 3 (tiga) ciri utama yaitu ukuran partikel dan luas permukaan, bentuk dan struktur permukaan serta aktifitas dan sifat-sifat kimia permukaan. Pengisi sekaligus penguat pada umumnya mempunyai ukuran partikel yang kecil dan permukaan yang aktif secara kimia. Permukaan yang memiliki pori dan bentuk yang tidak seragam dapat meningkatkan daya ikat (Hanafi, dkk. 2005).

#### 6. Bentuk dan Struktur Partikel

Bentuk dan struktur partikel merupakan ciri yang penting selain daripada ukuran partikel. Pengisi organik dan mineral memiliki bentuk yang berbeda. Terdapat 3 (tiga) bentuk partikel pengisi yang utama yaitu *sfera*, *platelet*, dan *rod*. Bentuk partikel dapat mempengaruhi sifat mekanik polimer. Aglomerat dikenal sebagai agregat sekunder. Walaupun aglomerat mudah dipecahkan sewaktu pencampuran disebabkan karena ikatan Van der Waals di antara agregat yang lemah (Ismail, 2000).

#### 7. Aktifitas dan Sifat Kimia

Ukuran dan struktur partikel dikategorikan sebagai ciri fisik pengisi tetapi aktifitas permukaan dikategorikan sebagai ciri kimia pengisi yang memberi kesan terhadap penguatan polimer (Kohls dan Beaucage, 2002). Kimia permukaan pengisi merupakan upaya pengisi untuk berinteraksi dengan polimer yang selanjutnya akan menghasilkan ikatan. Pembentukan ikatan di antara polimer dan pengisi akan meningkatkan kekuatan bahan. Ikatan di antara polimer dan pengisi dapat dibentuk apabila pengisi memiliki posisi yang aktif untuk berinteraksi dengan rantai polimer (Ismail, 2000).

#### 8. Faktor – faktor yang Mempengaruhi Sifat Mekanik Komposit

Secara umum terdapat 2 (dua) faktor utama yang mempengaruhi sifat mekanik komposit yaitu: keadaan pemrosesan dan kesan mikrostruktur. Ada 3 (tiga) parameter yang penting pada keadaan pemrosesan yaitu suhu, waktu, dan tekanan. Parameter di atas sangat perlu untuk mencapai titik optimum agar peleburan polimer memiliki sifat keliatan dan aliran yang sempurna untuk membasahkan fasa matriks agar pemindahan tegangan dari fasa matriks ke fasa penguat/pengisi juga berjalan sempurna. Tekanan pemrosesan yang digunakan juga harus sesuai untuk memastikan ruang-ruang udara atau cacat mikro yang terbentuk kecil terutama apabila

menggunakan matriks termoset yang akan membebaskan bahan penguat sewaktu proses pematangan dan juga apabila menggunakan berbagai pengisi yang bersifat higroskopis (Callister, 2007). Sebenarnya morfologi mikrostruktur pada komposit yang dihasilkan mempunyai hubungan yang erat dengan pemrosesan, dimana pemilihan suhu dan tekanan yang digunakan akan mempengaruhi taburan orientasi dan taburan panjang fasa penguat khususnya pengisi alamiah ataupun sintesis. Sebagai contoh, suhu yang digunakan akan mempengaruhi keliatan leburan matriks polimer dan menyebabkan serat patah. Tekanan yang tinggi juga akan menyebabkan serat patah tetapi akan menghasilkan orientasi yang tinggi (Callister, 2007).

Selain keadaan pemrosesan dan mikrostruktur, sifat matriks dan fasa penguat/pengisi yang digunakan juga mempengaruhi sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Sebagai contoh, matriks termoset mempunyai kekuatan yang lebih baik dibandingkan termoplastik ataupun elastomer termoplastik. Begitu juga apabila menggunakan serat yang lebih liat dibandingkan dengan serat kaca ataupun serat alamiah. Faktor lain yang juga sangat penting yaitu posisi geometri pengisi atau serat yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat dan volume pengisi. Umumnya semakin kecil ukuran partikel pengisi atau semakin tinggi perbandingan aspek geometri maka semakin baik pengisi tersebut sehingga maka mampu meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Selain itu, pengolahan kimia yang dilakukan baik untuk fasa matriks maupun fasa penguat atau kedua-duanya maka akan meningkatkan keserasian antara kedua fasa penguat melalui peningkatan kekuatan antar muka dan seterusnya akan meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan (Callister, 2007).

Ada 2 (dua) material mendasar penyusun komposit yaitu matriks dan penguat. Fungsi utama matriks adalah melindungi komposit dari gangguan luar berupa tekanan, suhu, mentransfer beban yang diterima komposit kepada penguat yang digunakan sehingga membuat material lebih kuat, dan mengikat penguat sesuai dengan yang diinginkan. Bahan yang biasa digunakan sebagai penguat adalah serat, baik serat alami maupun serat sintesis (Pandey, dkk., 2009).

Komponen komposit (matriks dan penguat) yang berukuran nano disebut sebagai nanokomposit. Nanokomposit dapat meningkatkan ketahanan dan permeabilitas. Prinsip dari pembuatan nanokomposit adalah adanya ikatan-ikatan yang terjadi antara atom C, O, dan atom lainnya karena ikatan sudah dilakukan mulai dari ukuran nanometer sehingga akan menghasilkan material yang lebih kuat pada saat menjadi material yang berukuran besar (Subiyanto, 2006).

Penambahan pengisi dapat meningkatkan sifat mekanik, elektrik, termal, optik, dan sifat-sifat pemrosesan dari polimer dan mengurangi biaya produksi. Peningkatan sifat-sifat matriks tergantung pada banyak faktor termasuk aspek rasio dari bahan pengisi, derajat dispersi dan orientasi dalam matriks, dan adesi pada antarmuka matriks – bahan pengisi (Makadia, 2000).

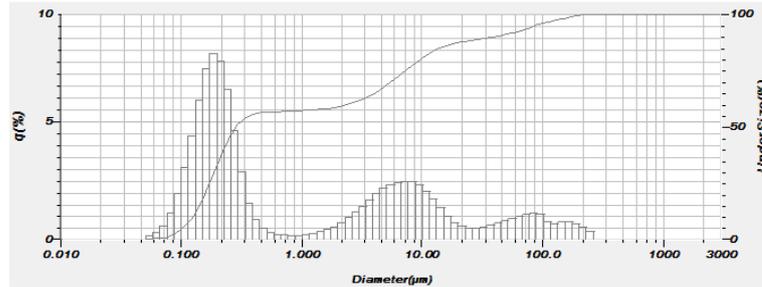
Faktor lain yang juga sangat penting yaitu posisi geometri pengisi atau serat yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat dan volume pengisi. Umumnya semakin kecil ukuran partikel pengisi atau semakin tinggi perbandingan aspek geometri maka semakin baik pengisi tersebut maka akan meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Selain itu, pengolahan kimia yang dilakukan baik untuk fasa matriks maupun fasa penguat atau kedua-duanya maka akan meningkatkan keserasian antara kedua fasa penguat melalui peningkatan kekuatan antar muka dan seterusnya akan meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan (Callister, 2007). Ada beberapa keuntungan yang diakibatkan oleh penambahan bahan pengisi. Kehadiran 2% berat nanozeolit alam memberikan uji tarik nanokomposit tertinggi sebesar 8 MPa sedangkan tanpa nanozeolit alam sebesar 6,6 MPa (Bukit, 2011).

#### Analisis Distribusi Ukuran Partikel Menggunakan *Particle Size Analyzer*

PSA dapat menganalisis partikel suatu sampel yang bertujuan menentukan ukuran partikel dan distribusinya dari sampel yang representatif. Distribusi ukuran partikel dapat diketahui melalui gambar yang dihasilkan. Ukuran tersebut dinyatakan dalam jari-jari untuk partikel yang berbentuk bola. Penentuan ukuran dan distribusi partikel menggunakan PSA dapat dilakukan dengan (1) difraksi sinar laser untuk partikel dari ukuran submikron sampai dengan milimeter, (2) *counter principle* untuk mengukur dan menghitung partikel yang berukuran mikron sampai dengan milimeter, dan (3) penghamburan sinar untuk mengukur partikel yang berukuran mikron sampai dengan nanometer. PSA juga merupakan alat yang mampu mengukur partikel distribusi ukuran emulsi, suspensi dan bubuk kering. Hal ini dapat melakukan berbagai analisis dalam penggunaan operasi yang sangat ramah lingkungan (Sembiring, 2014).

**HORIBA** Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer LA-950

Sample Name : zeolit  
 ID# : 201409221444119  
 Data Name : 201409221444119  
 Transmittance(R) : 54.7(%)  
 Transmittance(B) : 35.4(%)  
 Circulation Speed : 5  
 Agitation Speed : 4  
 Ultra Sonic : OFF  
 Form of Distribution : Manual  
 Distribution Base : Volume  
 Refractive Index (R) : zeolit[zeolit( 1.480 - 0.000),Water( 1.333)]  
 Refractive Index (B) : zeolit[zeolit( 1.480 - 0.000),Water( 1.333)]  
 Material :  
 Source :  
 Lot Number :  
 Test or Assay. Number :  
 Median Size : 0.29042(µm)  
 Mean Size : 13.88564(µm)  
 Std.Dev. : 35.7956(µm)  
 Geo.Mean Size : 1.1383(µm)  
 Geo.Std.Dev. : 9.8556(µm)  
 Mode Size : 0.1847(µm)  
 Span : OFF  
 Diameter on Cumulative % : (2)10.00(%) : 0.1258(µm)  
 (9)90.00(%) : 43.1064(µm)



No	Diameter(µm)	q(%)	UnderSize(%)												
1	0.011	0.000	0.000	25	0.296	4.877	50.663	49	7.697	2.468	76.680	73	200.000	0.628	99.283
2	0.013	0.000	0.000	26	0.339	2.831	53.515	80	8.816	2.440	79.090	74	229.076	0.482	99.716
3	0.016	0.000	0.000	27	0.389	1.831	55.048	91	10.097	2.328	80.418	76	262.376	0.285	100.000
4	0.017	0.000	0.000	28	0.448	0.788	56.831	92	11.666	2.082	82.468	78	300.618	0.000	100.000
5	0.020	0.000	0.000	29	0.510	0.431	58.261	93	13.246	1.691	84.159	77	344.209	0.000	100.000
6	0.022	0.000	0.000	30	0.584	0.264	59.529	94	15.172	1.299	85.458	79	394.244	0.000	100.000
7	0.026	0.000	0.000	31	0.669	0.163	60.703	95	17.377	0.940	86.397	79	451.898	0.000	100.000
8	0.029	0.000	0.000	32	0.766	0.143	61.851	96	19.904	0.670	87.068	80	517.200	0.000	100.000
9	0.034	0.000	0.000	33	0.877	0.108	62.977	97	22.797	0.512	87.580	81	592.387	0.000	100.000
10	0.039	0.000	0.000	34	1.009	0.125	64.102	98	26.111	0.451	88.031	82	678.504	0.000	100.000
11	0.044	0.000	0.000	35	1.161	0.150	65.252	99	29.907	0.458	88.486	83	777.141	0.000	100.000
12	0.051	0.000	0.000	36	1.318	0.201	66.433	90	34.286	0.498	88.984	84	890.116	0.000	100.000
13	0.058	0.118	0.118	37	1.510	0.279	67.732	91	39.234	0.568	89.549	85	1019.515	0.000	100.000
14	0.067	0.247	0.366	38	1.729	0.372	69.104	92	44.938	0.650	90.199	86	1167.726	0.000	100.000
15	0.076	0.434	0.699	39	1.981	0.496	70.600	93	51.471	0.741	90.940	87	1337.481	0.000	100.000
16	0.087	1.086	1.984	40	2.269	0.666	72.266	94	58.963	0.838	91.775	88	1531.914	0.000	100.000
17	0.100	1.890	3.844	41	2.599	0.832	74.147	95	67.523	0.927	92.702	89	1754.613	0.000	100.000
18	0.115	3.027	6.971	42	2.976	1.108	76.259	96	77.239	1.009	93.710	90	2009.687	0.000	100.000
19	0.131	4.382	11.383	43	3.409	1.418	78.700	97	88.983	1.078	94.789	91	2301.841	0.000	100.000
20	0.150	6.884	17.237	44	3.905	1.890	81.389	98	101.480	1.045	95.834	92	2636.467	0.000	100.000
21	0.172	7.180	24.417	45	4.472	1.940	83.329	99	116.210	0.729	96.563	93	3000.000	0.000	100.000
22	0.197	7.828	32.248	46	5.122	2.148	84.477	70	133.103	0.835	97.198				
23	0.228	7.826	39.772	47	5.867	2.307	70.784	71	152.483	0.712	97.910				
24	0.269	6.316	46.087	48	6.720	2.410	73.194	72	174.616	0.717	98.627				

Gambar 1 ukuran partikel zeolit Saruula

Ukuran partikel zeolit adalah 290 nanometer. Hal ini diperoleh dari 80 gram zeolit berukuran 1700 nanometer menjadi 15 gram berukuran 290 nanometer selama 34 jam proses grinding di dalam ballmill.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Adriana, Zaimahwati, Ramzi, Supardin, (2008), "Pembuatan Kayu Plastik dari Limbah Kayu Kelapa Sawit dan Polistirena Menggunakan Teknik Impregnasi Reaktif ", Prosiding Seminar nasional Sain dan Teknologi BRR NAD-Nias, Banda Aceh.
- [2] Aini, M.N., dan Indriati, L., (2007), "Proses Pemutihan Zeolit sebagai Bahan Pengisi Kertas", Buletin, Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung.
- [3] Bukit, N, (2011), "Pengolahan Zeolit Alam sebagai Bahan Pengisi Nano Komposit Polipropilena dan Karet alam SIR-20 dengan Kompatibelizer Anhidrida Maleat-*Grafted* Polipropilena", Disertasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [4] Callister, Jr. and William, D. (2007), "Material Science and Engineering and Introduction" United State of America.
- [5] Hanafi, I., Halimatuddahlia, dan Hazizan, (2005), "Properties of Polypropylene/Ethylene-Propylene Diene Terpolymer/Natural Rubber (Pp/Epdm/Nr) Ternary Blend: The Effect of Dynamic Vulcanization", Solid State Science and Technology, Vol.13, No.1 & 2.
- [6] Harahap, S, (2006), "Kajian Bahan Laporan Akhir, Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Sumatera Utara, Medan.
- [7] Hull, D, (1992), "An Introduction to Composite Material", Cambridge University Press, London.
- [8] Ismail, H, Salmah, Nasir, M, (2000), "Dynamic Vulcanization of Rubber Wood-Filled Polypropylene/Natural Rubber Blends", Polymer Testing, 819-823.
- [9] Ketan, K.M., (2002), "A Literature Survey On Nanocomposites", University of of Massachussetts Lowell: Master of Science Thesis.
- [10] Kohls, J. J., and Beaucage, (2002), "Rational Desing of Reinforced Rubber", Cur OP. Solid St Mat Sci., 6:183-194.

- [11] Leblanc, J. R, (2002), "Rubber-Filler Interaction and Rheology Properties in Filled Compound, Prog.Polym.Sci 27: 627-687.
- [12] Makadia, C.M., (2000), "Nanocomposites of Polypropylene by polimer Melt Compounding Approach", University of Massachussetts Lowell: Master of Science Thesis.
- [13] Mc.Bain, J.W, (1932), "The Sorption of Gases and Vapors by Solids", Chapter 5, Rutledge and Sons, London.
- [14] Micheler, G. H., (2008), "Electron Microscopy of Polymers", Germany: Springer Laboratory
- [15] Mozgawa, W, Krol, M, and Barczyk, K, (2011), " FT-IR Studies of Zeolites from Different Structural Groups, Faculty of Materials Science and Ceramics, AGH University of Science and Technology, Kraków, Please cite as: CHEMIK, 65, 7, 667-674
- [16] Pandey, J.K, Chu, W.S, Kim, C.S, and Ahn, S.H, (2009), "Bio-nano Reinforcement of Environmentally Degradable Polimer Matrix by CelluloseWhisker Form Grass", Composite: Part B 40, 676-680.
- [17] Pandey, C.S, and Ahn, S.H, (2010), "Preparation and Properties of Bionanoreinforced Composites from Biodegradable Polymer Matrix andCellulose Whiskers", *Journal of Applied Polymer Science*. 115 (4): 2493-2501.
- [18] Sembiring, R.S., (2014), "Penyediaan Nanokomposit Karet Alam-g-Glysidil Metacrilate/Bentonit", Tesis Magister. Program Pascasarjana USU. Medan
- [19] Stevens, M. P., (2001), "Kimia Polimer", Cetakan Pertama, Pradnya Paramita Jakarta.
- [20] Subiyanto, B, Suryanegara, L, Yano, H, (2006), "Perana Bio-nano Komposit dalam Industri di masa Depan", UPT BPP Biomaterial-LIPI, Laporan Teknik.