

## Effect of Zeolite Addition on The Tensile Strength of Polypropylene as Injection Molding Product

Teguh Dwi Widodo<sup>1,\*</sup>, Rudianto Raharjo<sup>2</sup>, Redi Bintarto<sup>3</sup>, Fikrul Akbar Alamsyah<sup>4</sup> dan Danar Sulistyo Adi<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya – Malang

<sup>5</sup>Prodi Sarjana, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya – Malang

\*Corresponding author: widodoteguhdwi@ub.ac.id

**Abstract.** The development of the manufacturing industry with the invention of the injection molding machine enables higher productivity. In the production process, using the injection molding machine manufacturer makes it easy to create materials to suit the needs of the market, such as pipes, printer, mouse. Materials used in this study is polypropylene. Variations of this composite is the percentage by weight of zeolite is 5%, 10% and 15%. The tensile test specimen according to ASTM standard D638 was made uses injection molding to measure the tensile strength of the material. Polipropilen is a thermoplastic material that can be recycled, the advantages of polypropylene also have a food-grade, however the bulk material have poor mechanical properties. Zeolites are materials having  $AlO_4$  and  $SiO_4$  framework, the material used for the catalyst, adsorbent, and as a filler. Thus polypropylene with zeolite filler will make the better mechanical properties. It is evident that the composite outcome with weight gain zeolite has a tensile strength highest of 5% by weight of the zeolite with a value of 31.338, MPa, 5% by weight of the zeolite with a value of 30.284 MPa, 0% by weight of the zeolite with a value of 29,475, 15% by weight of the zeolite with a value of 27.336 MPa. This is because in addition to the low percentage filler cause the filler tends to have the ability to disperse and more homogeneous within the matrix of polypropylene. MPa, 5% by weight of the zeolite with a value of 30.284 MPa, 0% by weight of the zeolite with a value of 29,475, 15% by weight of the zeolite with a value of 27.336 MPa. This is because in addition to the low percentage filler cause the filler tends to have the ability to disperse and more homogeneous within the matrix of polypropylene. MPa, 5% by weight of the zeolite with a value of 30.284 MPa, 0% by weight of the zeolite with a value of 29,475, 15% by weight of the zeolite with a value of 27.336 MPa. This is because in addition to the low percentage filler cause the filler tends to have the ability to disperse and more homogeneous within the matrix of polypropylene.

**Abstrak.** Perkembangan industri manufaktur dengan ditemukannya mesin injection molding memungkinkan produktivitas yang semakin tinggi. Didalam proses produksi dengan menggunakan mesin injection molding memudahkan produsen untuk membuat material yang sesuai dengan kebutuhan pasar, misalnya pipa, printer, mouse. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah polipropilen. Variasi komposit ini adalah persentase berat zeolit yaitu 5%, 10%, dan 15%. Penelitian ini menggunakan metode injection molding dengan ukuran spesimen tarik sesuai standar ASTM D638. Polipropilen merupakan material termoplastik yang bisa didaur ulang, kelebihan dari polipropilen juga mempunyai sifat food grade akan tetapi dari material tersebut mempunyai sifat mekanik yang buruk. Zeolit adalah material yang mempunyai kerangka  $AlO_4$  dan  $SiO_4$ , material tersebut biasa digunakan untuk katalis, adsorben, dan sebagai pengisi. Maka dari itu polipropilen dengan pengisi zeolit akan membuat sifat mekanik menjadi lebih baik. Hal ini terbukti bahwa hasil komposit dengan penambahan berat zeolit memiliki kekuatan tarik paling tinggi yaitu 5% berat zeolit dengan nilai 31,338, MPa, 5% berat zeolit dengan nilai 30,284 MPa, 0% berat zeolit dengan nilai 29,475, 15% berat zeolit dengan nilai 27,336 MPa. Hal ini dikarenakan dalam penambahan filler untuk persentase rendah menyebabkan filler tersebut cenderung memiliki kemampuan disperse dan lebih homogen didalam matrik polipropilen.

**Kata kunci:** Polipropilen, Zeolit, Komposit, Kekuatan Tarik

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Menciptakan suatu alternatif baru yang digunakan bagi masyarakat luas bukan perkara mudah. Sekarang ini perusahaan polimer

mempunyai berbagai masalah dan tantangan dalam meningkatkan kualitas produk polimer. [9]

Polipropilena adalah polimer termoplastik yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi.

Polipropilen adalah salah satu polimer komersial terpenting karena sifatnya yang baik seperti suhu leleh tinggi, ketahanan kimia tinggi dan kepadatan rendah.[1] Polipropilena merupakan polimer termoplastik berikatan jenuh yang diolah dengan suhu tinggi dengan monomer propilena sebagai gugus fungsi utamanya.

Polimer termoplastik ini sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari setelah Polietilen dan Poli Vinil Clorida, polimer digunakan dalam pengemasan, tekstil, karpet, alat tulis, perlengkapan laboratorium, komponen otomotif, dan berbagai tipe wadah terpakai ulang, kemasan makanan. [12]

Injection Molding adalah bentuk pengolahan utama dengan bahan polimer termoplastik, lebih dari 30% dari komponen plastik diproduksi dengan Injection Molding. [2]

Sifat mekanik dari polimer ini dapat ditingkatkan sampai batas tertentu dengan mencampurkan penguat. Pemuatan termal dapat diperbaiki sampai setingkat dengan resin termoset. Sifat listriknya hampir sama dengan polietilen. [3] Namun, polimer jenis polipropilena ini mempunyai modulus elastisitas rendah, ketahanan termal dan sifat mekanik cenderung rendah, yang memerlukan penguatan agar memenuhi sifat yang dibutuhkan.[14]

Untuk mengatasi keterbatasan ini, Polipropilena biasa digunakan dalam kombinasi dengan bahan lain seperti filler. Penambahan *filler* ditujukan tidak hanya untuk mengisi matriks Polipropilena dengan partikel kecil, tapi juga memodifikasi tekstur matriks akibat interaksi antara molekul Polipropilena dengan partikel zat pengisi selama pemrosesan. [4]

Zeolit adalah Zeolit merupakan material yang memiliki banyak kegunaan. Zeolit telah banyak diaplikasikan sebagai adsorben, penukar ion, dan sebagai katalis.

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral [5]. Keberadaan rongga yang terdistribusi secara merata dalam dimensi molekuler, biasanya dalam kisaran ukuran 0,3-1 nm. Zeolit telah banyak digunakan sebagai katalisator, pengisi, adsorben, dan penukar ion karena stabilitas termal / hidrotermal yang baik, selektivitas bentuk yang baik, dan kapasitas pertukaran ion yang tinggi. [6]

Komposit adalah sistem material modern yang biasanya dikaitkan dengan industri manufaktur, dimana komponennya pertama kali diproduksi secara terpisah dan kemudian digabungkan dengan cara yang terkontrol untuk mencapai struktur, sifat, dan geometri bagian yang diinginkan.[7] Dengan penambahan zeolit sebagai pengisi mempunyai

fungsi untuk memperbaiki sifat mekanik. [8] Zeolit juga bisa digunakan sebagai antioksidan terhadap zat-zat berbahaya yang terlarut dalam air dikarenakan dilihat dari sifat zeolit yaitu adsorben. [13] Tujuan lainnya menggunakan pengisi mineral dalam komposit polimer adalah untuk memodifikasi sifat khusus seperti modulus, listrik, ketangguhan, konduktivitas termal, viskositas, [10]

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini akan mengembangkan suatu komposit yang terbentuk dari dua senyawa yaitu penambahan zeolit sebagai penguat dari polipropilen dengan metode Injection Molding diharapkan dapat menambah kekuatan dari pipa tersebut. Sifat mekanik dari material yang diamati berupa kekuatan tarik, modulus young, penambahan panjang.

### Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan tujuan mencari nilai kekuatan tarik material komposit. Zeolit diayak menggunakan mesin pengguncang rotap dengan ukuran mesh 100-200 mesh. Zeolit dimasukan kedalam dapur listrik dengan suhu 110°C selama 15 menit yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan air pada material pengisi. Granular polipropilen dalam bentuk butiran dimasukkan ke dalam mikser dan dipanaskan dengan kompor listrik, ditambahkan zeolit alam (berat divariasikan) , setelah tercampur merata kemudian material komposit masukan menuju mesin injection molding. Kemudian dibuat material dengan ukuran sesuai dengan ASTM yang digunakan. Percobaan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan data disetiap variasi komposit.

Variabel yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut.

a. Variabel bebas

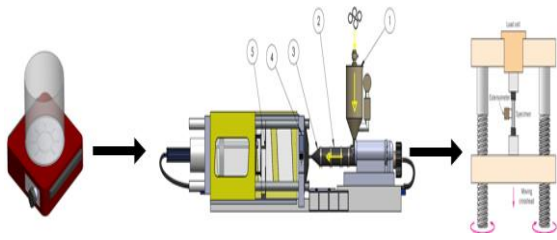
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah prosentase zeolit sebesar 0%, 10%, 15%.

b. Variabel terikat, yaitu Hasil Kekuatan Tarik Spesimen

c. Variabel terkontrol

- Zeolit dengan ukuran mesh 100-200
- Tekanan *Inject* adalah 90 Bar
- Suhu pencetakan 180 C
- Material menggunakan ASTM D638
- Zeolit diaktifasi dengan suhu 110°C selama 15 menit

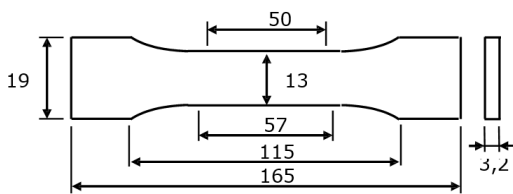
Setelah dilakukan proses pencampuran material, dimasukkan mesin injeksi molding setelah itu baru dilakukan pengukuran menggunakan menggunakan mesin uji Tarik. Skema penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1 Skema penelitian

**Uji Tarik**

Sebelum melakukan pengujian ini spesimen komposit ini di bentuk terlebih dahulu sesuai dengan standart ASTM D638-03 [15] untuk *sheet-type* seperti pada gambar 3 berikut.



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik

Setelah sesuai dengan ukuran standart itu barulah spesimen di uji tarik untuk mengetahui kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban tarik. Dalam pengujian ini kita bisa mendapat beban dan pertambahan panjang dan juga mendapat membuat diagram tegangan regangan. Kita bisa mendapatkan tegangan dari persamaan,

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- $\sigma$  = Tegangan normal akibat beban tarik statik (N/mm<sup>2</sup>)
- F = Beban tarik (N)
- A<sub>0</sub> = Luas penampang spesimen mula-mula (mm<sup>2</sup>)

Sedangkan regangan dari material yang di uji bisa kita dapat dari persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:  $\Delta L = L - L_0$

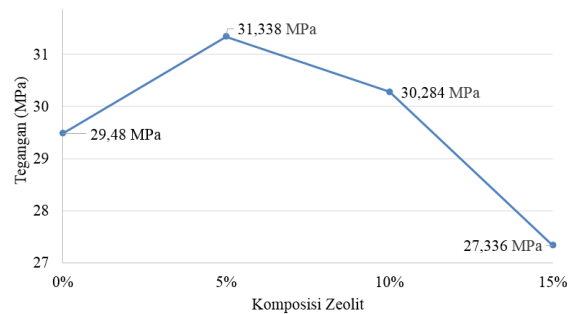
Keterangan:

- $\varepsilon$  = Regangan akibat beban tarik statik
- L = Perubahan panjang spesimen akibat beban tarik (mm) [11]
- L<sub>0</sub> = Panjang spesimen mula-mula (mm)

Setelah mendapat nilai tegangan dan regangan di buatlah sebuah diagram tegangan-regangan.

**Hasil Dan Pembahasan**

Pada gambar 3 menunjukkan perbandingan kekuatan tarik komposit polipropilen dengan zeolit alam sebagai pengisi. PP didalam penelitian ini berfungsi sebagai matrik. Dapat dilihat pada gambar 3 bahwa urutan nilai kekuatan tarik dari 0% berat zeolit yaitu 29,48 MPa, 5% berat zeolit yaitu 31,338 MPa, 10% berat zeolit yaitu 30,284 MPa, dan 15% berat zeolit yaitu 27,336 MPa. Perbedaan nilai kekuatan tarik ini disebabkan karena ikatan cenderung lebih kuat dengan penambahan zeolit sebagai pengisi.



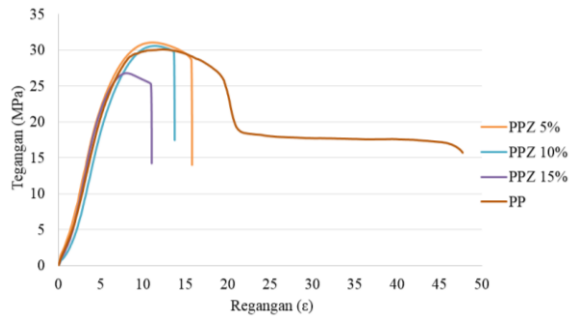
Gambar 3 Analisis Pengaruh Penambahan Zeolit Alam Sebagai Filler Dalam Komposit Polipropilen

Komposit dengan persentase berat zeolit 5% merupakan komposit dengan nilai kekuatan tarik paling tinggi. Hal ini karenakan jika dibandingkan dengan nilai pada variasi lain, pembebanan pada variasi 5% dapat menyebabkan komposit tersebut dapat membentuk dispersi yang seragam didalam matrik polipropilen. Di dalam penambahan pengisi untuk persentase rendah menyebabkan pengisi tersebut cenderung memiliki kemampuan disperse dan lebih homogen didalam matrik polipropilen. Maka dari itu membuat sifat mekanik dengan penambahan 5% berat zeolit menyebabkan sifat mekanik material menjadi lebih baik.

Pada penambahan 15% berat zeolit dengan nilai 27,336 MPa kecenderungannya menurun dikarenakan berkurangnya efektifitas *interface* matrik. Dikarenakan efektifitas *interface* rendah maka menghasilkan degradasi kekuatan tarik polimer. Hal ini juga disebabkan oleh penambahan zeolit yang membatasi mobilitas molekul polipropilen mengalir bebas melewati satu sama lain. Distribusi pengisi yang ada dalam komposit juga dapat mempengaruhi bentuk kurva, karena beban yang diambil oleh partikel akan menurun seiring dengan meningkatnya regangan.

Jika pengisian pengisi telah melampaui titik saturasi menyebabkan komposisi pengisi dalam matriks polimer akan menghasilkan kejenuhan pengisi. Oleh karena itu, jumlah zeolit yang lebih

tinggi tergabung dalam matriks polimer menyebabkan ikatan antara zeolit dengan matrik polipropilen menjadi lemah. Maka dari itu menyumbangkan sifat rapuh ke komposit polimer. Pembentukan komposit yang mempunyai ikatan yang buruk dapat bertindak sebagai konseptor tegangan, yang akibatnya mengurangi kekuatan tarik komposit polipropilen.



Gambar 4 Grafik Tegangan – Regangan Komposit

Hubungan antara tegangan dan regangan dengan bermacam – macam variasi. Gambar 4 menunjukkan bahwa hubungan tegangan dan regangan dengan variasi persentase berat zeolit yaitu 0% berat zeolit, 5% berat zeolit, 10% berat zeolit dan 20% zeolit. Pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa pada sumbu X merupakan regangan (mm) dan pada sumbu Y merupakan tegangan (MPa). Grafik hubungan antara tegangan dengan regangan pada variasi berat zeolit, apabila diurutkan nilai kekuatan tarik paling tinggi ke rendah yaitu zeolit dengan komposisi berat dari 5% zeolit, 10% zeolit, 0% zeolit, dan 15% zeolit.

Dapat dilihat berdasarkan pada Gambar 4 bahwa nilai yield pada komposisi 0% zeolit yaitu 29,053 MPa, komposisi 5% zeolit dengan nilai 29,451 MPa, komposisi 10% yaitu 28,368 MPa dan komposisi 15% zeolit yaitu 26,594 MPa. Dari persentase tersebut diketahui titik yield tertinggi material komposit tersebut adalah pada persentase 5% dengan nilai 29,451 MPa dikarenakan pengisi mampu menahan atau menerima gaya yang diberikan saat dilakukan pengujian. Pada variasi tersebut berarti mempunyai tingkat deformasi elastis yang tinggi, sebelum berpindah ke deformasi plastis.

Dari Gambar 4 juga dapat diketahui modulus elastisitas masing-masing variasi juga berbeda, dimana pada variasi 0% modulus elastisitas bernilai  $2,437 \text{ N/mm}^2$ , variasi 5% yaitu  $2,688 \text{ N/mm}^2$ , variasi 10% yaitu  $2,67 \text{ N/mm}^2$ , dan dengan variasi 15% berat zeolit mempunyai nilai  $3,328 \text{ N/mm}^2$ . Dikarenakan matriks polipropilen mengalami dispersibilitas yang buruk. Akibatnya, menyebabkan matrik dan pengisi tidak berikatan dengan baik. Fase *interface* yang lemah antara pengisi dan matriks polimer menyebabkan penurunan nilai kekuatan

tarik. Selain itu, penggabungan pengisi menghambat proses kristalisasi polimer murni sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang lebih rendah.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mendapatkan hasil bahwa pembuatan komposit polipropilen dengan pengisi berupa zeolit alam menyebabkan perubahan sifat mekanik dari komposit itu sendiri. Hasil maksimal pada komposisi 5% berat zeolit yaitu 31,338 MPa dikarenakan pengisi terdispersi dengan baik didalam matrik polipropilen. Penambahan zeolit dengan komposisi 10% menghasilkan nilai yaitu 30,284 MPa, dan komposisi 15% yaitu 27,336 MPa. Berkurangnya nilai tegangan tarik disebabkan filler telah mencapai titik saturasi dari pengisi dalam matrik akan menyebabkan kejenuhan pengisi yang mengakibatkan terdapat konseptor tegangan sehingga saat dilakukan pengujian tarik nilainya rendah

### Daftar Pustaka

- [1] Bukit, Nurdin. (2012). Mechanical and Thermal Properties of Polypropylene Reinforced by Calcined and Uncalcined Zeolite. Makara (Teknologi). Vol 16 (2).
- [2] Singh, Gurjeet. (2016). A Brief Review on injection moulding manufacturing process. Science Direct
- [3] Surdia, Tata. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Indonesia: PT. AKA
- [4] Bukit, Nurdin. & Frida, Erna. (2013). Pengaruh Penambahan Zeolit pada Komposit Karet Alam Polipropilena terhadap Sifat Mekanik, Struktur dan Termal. Makara Seri Teknologi. 17 (3) : 113-120.
- [5] Yuanita, Dewi. (2010). Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara. jurnal Pendidikan Kimia.
- [6] Zhang. Xu, et all. (2012). Synthesis of NaX zeolite: Influence of crystallization time, temperature and batch molar ratio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  on the particulate properties of zeolite crystals. Science Direct.
- [7] Groover, Mikell. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing*. Edisi keempat. Amerika Serikat: Lehigh University.
- [8] Siregar, Tiurlina. & Ari, Bambang. (2015). Pembuatan Material Komposit Polietilen dengan Bahan Pengisi Zeolit Alam. Jurnal Matematika & Sains. Vol. 20 (1).
- [9] Gultom, Fransiskus., Wirjosentono, Basuki., Thamrin., Nainggolan, Hamonangan., & Eddiyanto. (2016). Preparation and characterization of North Sumatera natural

- zeolite polyurethane nanocomposite foams for light-weight engineering Materials. Science Direct.
- [10] Zaharri, & Othman. (2016). Optimization of Zeolite as Filler in Polypropylene Composite. School of Materials & Mineral Resources Engineering.
- [11] Avner, Sidney. (1974). Introduction to Physical Metallurgy. Edisi kedua. Amerika Serikat: Mcgraw-Hill Book Company
- [12] Dur, Sajaratud. (2017). Pengolahan Zeolit Sebagai Bahan Penguat. Jurnal Matematika Murni Dan Aplikasi. Vol
- [13] Metin., Tihminlioglu., Balko. (2004) The Effect of Interfacial Interactions on The Mechanical Properties of Polypropylene/Natural Zeolite Composites. Science Direct
- [14] Safari, Hamid., Karevan, Mehdi., Nahvi, Hassn. (2018). Mechanical characterization of Natural nano-structured zeolite/polyurethane filled 3D woven glass fiber composite sandwich panels. Science Direct.
- [15] ASTM D638-03.2003. *Standard Test Method For Plastics*. ASTM International, west conshohcken, PA.