

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP KEKUATAN  
TARIK *POLYPROPYLENE* HASIL *INJECTION MOLDING***

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**DANAR SULISTYO ARDI**

**NIM.145060201111026**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN MESIN**

**MALANG**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP KEKUATAN  
TARIK POLYPROPYLENE HASIL INJECTION MOLDING**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**DANAR SULISTYO ARDI  
NIM. 145060201111026**

Skrripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 18 Juli 2018

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D**  
NIP. 201411 841123 1 001

**Rudianto Raharjo, ST., MT.**  
NIP. 19820225 201212 1 002

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1**



**Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.**  
NIP. 19740930 200012 1 001



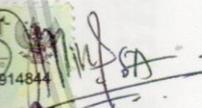
### PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak pernah terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur pelanggaran, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 18 Juli 2018

Mahasiswa,


Damar Sulisty Ardhi  
NIM. 14506201111026



**TURNITIN**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM SARJANA**



## **SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : 115/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

**DANAR SULISTYO ARDI**

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP KEKUATAN TARIK POLYPROPYLENE  
HASIL INJECTION MOLDING**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **17 JUL 2018**



Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D**  
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

**Dr. Engl Mega Nur Sasongko, ST., MT.**  
NIP. 19740930 200012 1 001

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP KEKUATAN TARIK  
*POLYPROPYLENE* HASIL *INJECTION MOLDING*

Nama Mahasiswa : Dinar Sulistyو Ardi  
NIM : 145060201111026  
Program Studi : Teknik Mesin  
Minat : Teknik Manufaktur

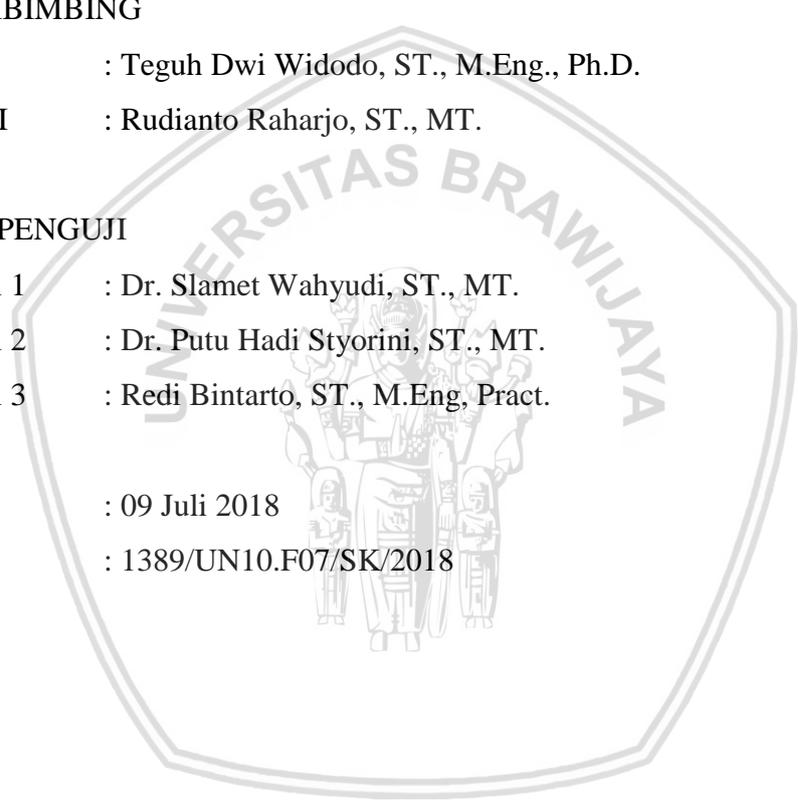
KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D.  
Pembimbing II : Rudianto Raharjo, ST., MT.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.  
Dosen Penguji 2 : Dr. Putu Hadi Styorini, ST., MT.  
Dosen Penguji 3 : Redi Bintarto, ST., M.Eng, Pract.

Tanggal Ujian : 09 Juli 2018  
SK Penguji : 1389/UN10.F07/SK/2018





*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada :  
Bapak dan Ibu tercinta*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik. Laporan skripsi ini berjudul **“Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Kekuatan Tarik *Polypropylene* Hasil *Injection Molding*”**.

Laporan ini disusun sebagai bentuk dokumentasi dan hasil akhir dari proses perkuliahan yang telah dilaksanakan. Laporan ini juga diajukan sebagai syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dalam kurikulum program studi Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Dalam melaksanakan proses penelitian dan penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa tidak akan dapat menyelesaikan semuanya dengan baik tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada banyak pihak di antaranya:

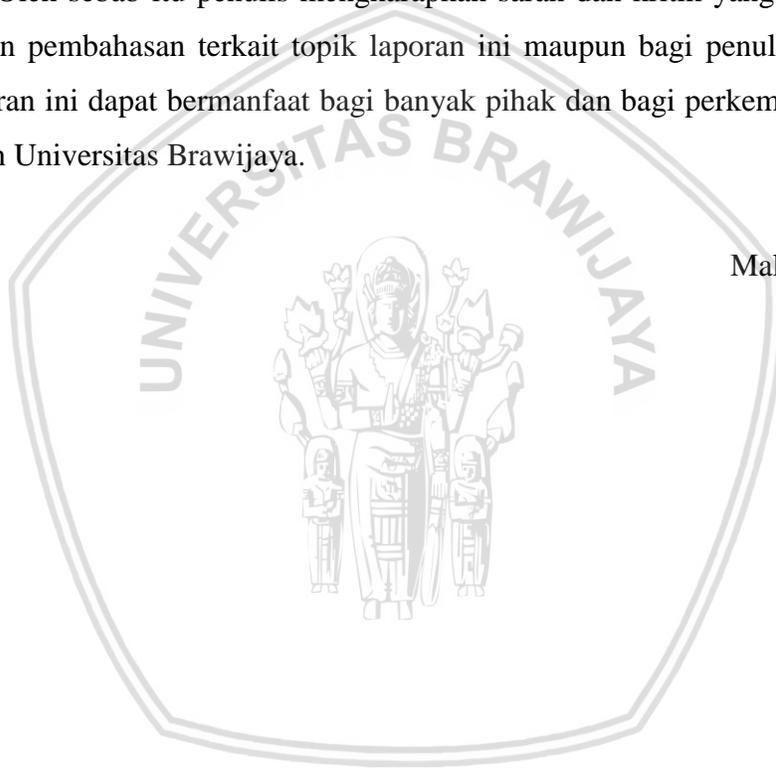
1. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah memberi bimbingan serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini
2. Bapak Rudianto Raharjo, ST., MT selaku dosen pembimbing II yang telah memberi saran dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini
3. Kepada Bapak Sunarda dan Ibu Anik Tri Mumpuni sebagai orang tua penulis, Danik Endah Sulistyono Rini sebagai Kakak Kandung penulis serta Antok Satyonagoro sebagai Kakak Ipar penulis yang telah memberikan doa, dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberi ilmu selama perkuliahan
5. Teman teman MAF14 (Teman-teman Mahasiswa Mesin Angkatan 2014), teman-teman dari jaman maba (Agil, Enrico, Tiara), Keluarga Besar Mahasiswa Mesin .
6. Keluarga Besar *Mechanical Drawing* (Fadhilla, Tary, Adinda, Mbak Tam, Mas Jihad, Mas Farhan, Mas Rosyid, Mas Yogi, Mas Fauzan, Mas Dimas, Mas Arel, Mbak Lucky, Sarah, Naufal, Ari, Lugas, Hafash, Titan, Shanda, Avissena, Deva, Delia, Iman) terimakasih atas bantuannya.

7. Sahabat dari TK (Bobby, Faishal, Wachid Bejo, Ozie, Gembul, Yogo, Maksum, Azis, Lutfi Popo, Lukman, Satria) dan *Monic Crew Family*
8. Semua Perempuan yang pernah ada di kehidupan penulis dan mencintai penulis, dan terimakasih pengalaman hidup untuk penulis.
9. Seseorang yang sudah menjadi motivator untuk membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membantu perkembangan pembahasan terkait topik laporan ini maupun bagi penulis secara pribadi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan bagi perkembangan keilmuan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Malang, 18 Juli 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2 Komposit .....	6
2.2.1 Klasifikasi Komposit.....	7
2.2.2 Pembentukan Komposit .....	10
2.2.3 Keuntungan Komposit.....	12
2.3 Bagian Komposit .....	12
2.3.1 Matrix .....	12
2.3.2 Partikel Pengisi.....	16
2.4 Teori Ikatan Matriks dan Penguat .....	19
2.4.1 Ikatan Mekanik.....	19
2.4.2 Ikatan Elektrostatik .....	20
2.4.3 Ikatan Reaksi .....	20
2.5 Metode Pembuatan Komposit .....	21
2.5.1 <i>Spray-up</i> .....	21
2.5.2 <i>Hand Lay-up</i> .....	21
2.5.3 <i>Injection Molding</i> .....	22
2.5 Pengujian Tarik .....	23
2.6 Hipotesis .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	29
3.1 Metodologi Penelitian.....	29
3.2 Tempat Pengambilan Data Pengujian .....	29
3.3 Variabel Penelitian .....	29
3.3.1 Variabel Bebas .....	29
3.3.2 Variabel Terikat.....	29
3.3.3 Variabel Terkontrol .....	29
3.4 Bahan dan Peralatan yang Digunakan .....	30
3.4.1 Alat .....	30



3.4.2 Bahan .....	35
3.5 Spesimen Uji Tarik Komposit .....	37
3.6 Skema Penelitian .....	38
3.7 Prosedur Penelitian.....	38
3.8 Diagram Alir.....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik .....	41
4.2 Analisa Pengaruh penambahan zeolit alam sebagai filler dalam komposit polipropilen.....	42
4.3 Data Hasil Pengujian Tarik (Tegangan – Regangan).....	43
4.4 Analisis Pengaruh Pertambahan Panjang Dengan Persentase Berat Zeolit....	45
4.5 Analisis Patahan Spesimen Uji Tarik .....	46
4.5 Analisa Foto SEM (Scanning Electron Microscope) .....	48
<b>BAB IV PENUTUP.....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Komposisi Kimiawi Zeolit Alam Malang .....	32
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Tarik .....	41



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Klasifikasi Berbagai Tipe Komposit .....	7
Gambar 2.2	Serat Panjang, Serat acak .....	8
Gambar 2.3	Lapisan Laminar Komposit .....	9
Gambar 2.4	Komposit Sandwich Honeycomb .....	9
Gambar 2.5	Skema Ikatan Difusi untuk Komposit Matriks Logam.....	11
Gambar 2.6	Polimerisasi Etilen .....	14
Gambar 2.7	Proses Pembentukan Polipropilena.....	15
Gambar 2.8	Perbandingan Sifat antara Polipropilen dan Polietilen .....	16
Gambar 2.9	Komposit Patikel .....	17
Gambar 2.10	Struktur Zeolit.....	18
Gambar 2.11	Ikatan Mekanik .....	20
Gambar 2.12	Ikatan Elektrostatik.....	20
Gambar 2.13	Ikatan Reaksi .....	21
Gambar 2.14	<i>Spray Lay-up</i> .....	21
Gambar 2.15	Proses <i>Hand Lay-up</i> .....	22
Gambar 2.16	<i>Injection Molding</i> .....	23
Gambar 2.17	Skema Pengujian Tarik.....	23
Gambar 2.18	Grafik Tegangan–Regangan .....	25
Gambar 2.19	Grafik Tegangan–Regangan (Polimer).....	26
Gambar 2.20	Tahapan <i>Necking</i> .....	27
Gambar 3.1	Mesin <i>Injection Molding</i> .....	30
Gambar 3.2	Cetakan .....	30
Gambar 3.3	Tumbukan .....	31
Gambar 3.4	Timbangan Elektrik .....	32
Gambar 3.5	Cawan .....	32
Gambar 3.6	Gelas Beker.....	33
Gambar 3.7	Kompor Listrik .....	33
Gambar 3.8	<i>Mesin Penggucang Rotap</i> .....	34
Gambar 3.9	Mesin Uji Tarik .....	35
Gambar 3.10	<i>Stopwatch</i> .....	35
Gambar 3.11	Polipropilena.....	36
Gambar 3.12	Zeolit.....	36
Gambar 3.13	Spesimen Uji Tarik .....	37
Gambar 3.14	Skema Penelitian .....	38
Gambar 4.1	Analisis Pengaruh Penambahan zeolit alam dalam komposit polipropilen	42
Gambar 4.2	Grafik Tegangan – Regangan Komposit .....	43
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Pertambahan Panjang Dengan Persentase Berat Zeolit .	45
Gambar 4.4	Spesimen Polipropilen Variasi 0% Zeolit .....	46
Gambar 4.5	Patahan (a) Komposisi 5% Zeolit, (b) Komposisi 10% Zeolit, (c) Komposisi 15% Zeolit .....	47
Gambar 4.6	Struktur Zeolit.....	48
Gambar 4.7	Analisa Mikrostruktur Zeolit dengan (a) Komposisi 0% Zeolit, (b) Komposisi 5% Zeolit .....	48
Gambar 4.8	Analisa Mikrostruktur Zeolit dengan (a) Komposisi Berat 10%, (b) Komposisi Berat 15% .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul
Lampiran 1	Hasil Pengujian Tarik
Lampiran 2	Sertifikat Polipropilen
Lampiran 3	Foto Patahan Spesimen



## RINGKASAN

**Danar Sulisty Ard**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2014, Pengaruh Penambahan Zeolit terhadap kekuatan Tarik Polypropylene hasil Injection Molding, Dosen Pembimbing: Teguh Dwi Widodo dan Rudianto Raharjo

Perkembangan industri manufaktur dengan ditemukannya mesin injection molding memungkinkan produktivitas yang semakin tinggi. Salah satu produk yang dihasilkan dari industri ini adalah produk pipa. Permasalahannya sekarang ini adalah kualitas pipa logam yang mudah mengalami korosi dan biaya produksi yang mahal. Sebenarnya korosi dapat dikendalikan dengan metode katodik, tetapi korosi tersebut hanya hilang sementara. Salah satu solusi yang paling efektif untuk mengatasi korosi adalah dengan menggunakan pipa non logam seperti pipa komposit. Pada penelitian ini dilakukan proses penambahan pengisi yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik komposit.

Komposit polipropilen ditambahkan pengisi zeolit alam dengan komposisi 5%, 10%, dan 15%. Zeolit alam yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pemanasan atau diaktivasi. Aktivasi sendiri berfungsi untuk menghilangkan kandungan air yang berada dalam material. Kedua material tersebut dicampurkan dan dipanaskan dengan gelas ukur. Polipropilen dan zeolit alam yang telah tercampur merata dimasukkan kedalam mesin *injection molding* untuk dicetak sesuai dengan ukuran spesimen pengujian tarik dengan standar ASTM D638.

Setelah dilakukan pengujian tarik didapat bahwa pada komposisi 5% merupakan hasil paling maksimal yaitu 31,338 MPa dikarenakan kemampuan pengisi untuk berdispersi didalam matrik pada struktur permukaan ikatan antara matrik dengan pengisi baik sehingga saat diberi beban tarik pengisi dapat menahan beban yang diberikan, kemudian spesimen dengan komposisi 10% dengan nilai 30,284 MPa, pada komposisi 0% memiliki nilai 29.48 MPa, hasil paling rendah pada komposisi 15% dengan nilai 27,336 MPa dikarenakan kemampuan pengisi telah mencapai titik saturasi, mengakibatkan pada struktur permukaan terlihat terjadi ikatan jenuh antara pengisi dengan pengisi.

**Kata Kunci:** Polipropilen, Zeolit, Komposit, Kekuatan Tarik.

## SUMMARY

**Danar Sulistyo Ardi**, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Universitas of Brawijaya, June 2014, *Effect of Addition Zeolit on Tensile Strength of Polypropylene in Injection Molding Process*, Academic Supervisor: Teguh Dwi Widodo and Rudianto Raharjo

The development of manufacturing industry with the invention of injection molding machine enables higher productivity . One of the products produced from this industry is the pipe product. The problem now is the quality of metal pipes that easily corrode and expensive production costs. Actual corrosion can be controlled by cathodic method, but the corrosion is only temporarily lost. One of the most effective solutions to overcome corrosion is to use non-metallic pipes such as composite pipes. In this research, the process of addition of fillers which aims to improve the composite mechanical properties.

Polypropylene composite is added by natural zeolite filler with composition of 5%, 10%, and 15%. Natural zeolite used in advance is heated or activated. Activation itself serves to eliminate the water content that is in the material. Both materials are mixed and heated with measuring glass. Polypropylene and mixed natural zeolite are incorporated into the machine *injection molding* for printing according to the size of the tensile test specimen with the ASTM D638 standard.

After tensile test, it was found that at the 5% composition was the maximum result of 31,338 MPa because of the filler ability to dispersed in the matrix on the bonding surface structure between the matrix with the good filler so that when given the load pull the filler can withstand the load given, then specimen with composition 10 % with a value of 30.284 MPa, at 0% composition has a value of 29.48 MPa, the lowest yield on the composition of 15% with a value of 27.336 MPa because the ability of the filler has reached the saturation point, resulting in the surface structure seen saturated bond between filler and filler.

**Keywords:** Polypropylene, Zeolite, Composite, Tensile Strength.



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 2.1 Latar Belakang

Pada saat ini industri polimer sedang berkembang untuk menghasilkan produk yang bermanfaat bagi masyarakat. Salah satu produk yang dihasilkan dari industri ini adalah produk pipa. Biasanya pipa digunakan untuk media penghantar fluida. Permasalahannya sekarang ini adalah kualitas pipa logam yang mudah mengalami korosi dan biaya produksi yang mahal. Sebenarnya korosi dapat dikendalikan dengan metode katodik, tetapi korosi tersebut hanya hilang sementara. Oleh karena itu, banyak dikembangkan material lain yang mempunyai sifat karakteristik yang hampir sama dengan karakteristik material logam yang diinginkan. Salah satu solusi yang paling efektif untuk mengatasi korosi adalah dengan menggunakan pipa non logam seperti pipa komposit

Polipropilen ( $C_3H_6$ ) 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. Polipropilen 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. *Injection molding* adalah bentuk pengolahan utama dengan bahan polimer termoplastik, lebih dari 30% dari komponen plastik diproduksi dengan *injection molding* (Singh, 2017).

Sifat mekanik dari polimer ini dapat ditingkatkan sampai batas tertentu dengan mencampurkan penguat. Pemuai termal dapat diperbaiki sampai setingkat dengan resin termoset. Sifat listriknya hampir sama dengan polietilen (Surdia, 1999). Namun, polimer jenis Polipropilen ini mempunyai modulus elastisitas rendah, ketahanan termal dan sifat mekanik cenderung rendah, yang memerlukan penguatan agar memenuhi sifat yang dibutuhkan.

Untuk mengatasi keterbatasan ini, Polipropilen biasa digunakan dalam kombinasi dengan bahan lain seperti *filler*. Penambahan *filler* ditujukan tidak hanya untuk mengisi

matriks Polipropilen dengan partikel kecil, tapi juga memodifikasi tekstur matriks akibat interaksi antara molekul Polipropilen dengan partikel zat penguat selama pemrosesan. (Bukit, 2012)

Zeolit adalah bahan alumina silikat atau silikat kristal, yang memiliki struktur mikroporous yang sangat teratur dan terbuka yang dibentuk oleh jaringan tiga dimensi  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  (tetrahedra). Keberadaan rongga yang terdistribusi secara merata dalam dimensi molekuler, biasanya dalam kisaran ukuran 0,3-1 nm. Zeolit telah banyak digunakan sebagai katalisator, adsorber, dan penukar ion karena stabilitas termal / hidrotermal yang baik, selektifitas bentuk yang baik, dan kapasitas pertukaran ion yang tinggi. (Xu Zhang, 2013)

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 (Groover, 1976). Dengan penambahan zeolit sebagai penguat bukan hanya mempunyai fungsi untuk memperbaiki sifat mekanik dari material komposit tersebut, akan tetapi juga bisa sebagai antioksidan terhadap zat-zat berbahaya yang terlarut dalam air dikarenakan dilihat dari sifat zeolit yaitu adsorber.

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, petambahan panjang.

## 2.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh penambahan zeolit terhadap kekuatan tarik *Polypropylene* hasil *Injection molding*?

## 2.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Proses pencampuran dan pencetakan matrik dengan penguat dianggap konstan.
2. Filler pada variasi setiap spesimen dianggap sama
3. Hanya membahas perubahan sifat mekanik dari komposit.

## 2.4 Tujuan

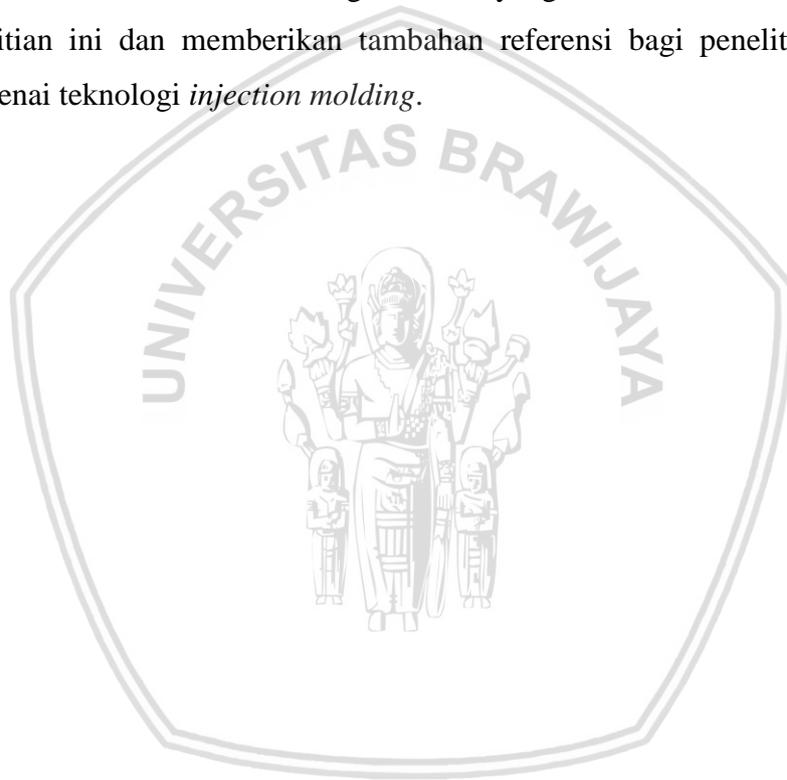
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit terhadap

kekuatan tarik *polypropylene* hasil *Injection molding*.

## 2.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Sebagai dasar penelitian lebih lanjut.
2. Meningkatkan minat mahasiswa untuk melakukan penelitian mengenai polimer dengan metode *injection molding*.
3. Memahami perubahan sifat mekanik dari material komposit.
4. Memahami fenomena pengujian tarik dengan menggunakan material komposit.
5. Dapat memberikan masukan bagi industri yang memiliki masalah sama dengan penelitian ini dan memberikan tambahan referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai teknologi *injection molding*.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Bukit dkk (2013) melakukan penelitian tentang Pengaruh Penambahan Zeolit pada Komposit Karet Alam Polipropilen terhadap Sifat Mekanik, Struktur dan Termal, dalam penelitian ini campuran antara *natural rubber*, *polypropylene*, *polypropylene grafted maleic anhydride* diisi dengan zeolit tanpa kalsinasi dan kalsinasi dengan persen berat 2%, 4%, 6% Hasil yang diperoleh untuk kekuatan tarik menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dengan penambahan zeolit pada campuran NR/PP pada komposisi 2% berat (8 MPa) dan terjadi penurunan dengan bertambahnya komposisi zeolit baik kalsinasi maupun tanpa kalsinasi. Pada 2% sampai 6% berat modulus Young terjadi peningkatan, untuk zeolit yang tidak dikalsinasi berfungsi lebih efektif dibandingkan dengan zeolit kalsinasi.

Kerevan (2018) melakukan penelitian tentang sifat karakteristik struktur nano zeolit alam/*polyurethane filler 3D* serat kaca *sandwich*. Proses pembuatan menggunakan serat *sandwich* yang telah dianyam, nanozeolit tersebut mengisi rongga. Hal ini membuktikan bahwa penambahan poliuretan yang diperkuat dengan nanozeolit dapat meningkatkan kekuatan lentur, kekuatan tarik maksimum, dan penyerapan energi yang diterima oleh komposit. Hasil dari maksimum pengujian tekan adalah 18,5 Mpa dengan kandungan nanozeolit 5%.

Tiurlina dkk (2015) Komposit polimer dari zeolit alam Sentani dan LDPE dibuat dalam plastomil dengan berbagai berat zeolit (1 - 65% berat LDPE) membentuk plastik abu-abu terang ke abu-abu gelap. Tidak ada pengaruh berat zeolit terhadap densitasnya dan tidak ada pengaruh berat LDPE terhadap densitasnya. Kondisi ini terjadi karena tidak terjadi pencampuran. Namun, terjadi perubahan kerapatan komposit. Persentase zeolit yang lebih tinggi menyebabkan kerapatan komposit yang lebih tinggi dan nilai kekuatan tarik akan meningkat. Kekuatan tarik tertinggi berada di 50% berat zeolit dengan nilai 26,369 Mpa.

Thamrin (2016) melakukan penelitian tentang Preparasi dan karakterisasi zeolit alam Sumatera Utara *polyurethane nanocomposite* foams untuk bahan rekayasa ringan. Sifat mekanik busa *polyurethane* relatif rendah bila digunakan untuk bahan rekayasa ringan seperti untuk konstruksi otomotif berenergi rendah. Busa *nanokomposit* poliuretan ringan dibuat dengan menggunakan zeolit alam Sumatera Utara sebagai pengisi. Pengisi zeolit

dibuat menggunakan teknik penggilingan bola dan distribusi ukuran partikelnya dikarakterisasi menggunakan alat pengukur ukuran partikel. Komposisi nanofiller dalam matriks poliuretan bervariasi dari 5% - 25% berat, hasil pengujian tarik menunjukkan kenaikan maksimum pada 20% zeolit dengan hasil 2,9 Mpa.

## 2.2 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang memiliki sifat berbeda-beda. Dikarenakan karakteristik pembentuk dari komposit tersebut berbeda maka dihasilkan material baru yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya (Schwartz, 1992). Ada dua hal yang perlu diperhatikan dari komposit yang diperkuat agar membentuk produk yang efektif, yaitu komponen penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan matriksnya dan harus ada ikatan permukaan yang kuat antara komponen penguat dan matriks.

Sebagai bahan komposit dan plastik yang sekarang sering dipakai dalam industri seperti serat gelas, serat karbon, asbes merupakan bahan komposit yang diperkuat dengan resin atau serat. Didalam hal ini hampir semua bahan polimer dipergunakan dari mulai resin termoset yaitu poliester, epoksi, fenol. Ada resin termoplastik yaitu poliamid, polikarbonat, polietilen, polipropilen. FRP (Fiber Reinforced Plastics) adalah plastik yang diperkuat dengan serat, didalam industri sering digunakan untuk bahan pembuatan batu gerinda.

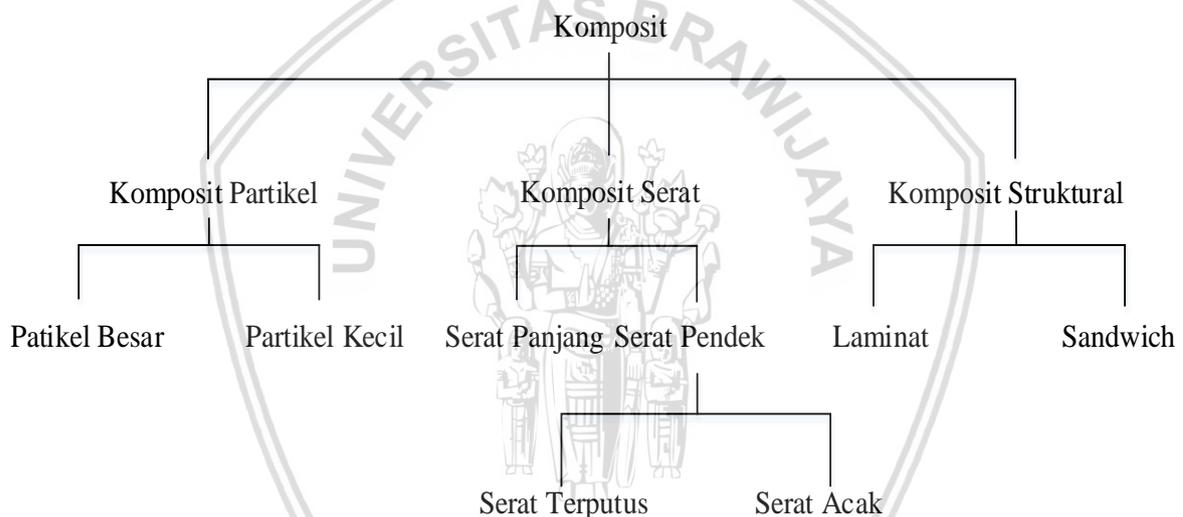
Bahan komposit mempunyai beberapa kelebihan dibanding bahan konvensional lain seperti logam. Salah satu kelebihan komposit adalah mempunyai sifat strength of wight ratio atau keunggulan dalam hal berat yang cenderung ringan dan kekuatan yang lebih tinggi. Kelebihan dari bahan komposit yaitu:

1. Bahan komposit mempunyai sifat densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan konvensional. Hal tersebut menjadi acuan dalam penggunaan komposit dikarenakan memiliki kekuatan yang tinggi dibanding bahan konvensional. Berat dari material menjadi aspek yang sangat diperhatikan dalam industri angkasa lepas, dikarenakan dapat dikaitkan dengan penghematan dalam konsumsi bahan bakar.
2. Salah satu kelemahan dari material logam yaitu pengikisan atau korosi. Material cenderung sangat mudah mengalami korosi yang menyebabkan biaya dalam pembuatan menjadi lebih tinggi. Bahan komposit dapat didesain memiliki kemampuan untuk menahan korosi.

3. Industri angkasa lepas sekarang ini telah mengembangkan material komposit dengan serat karbon dikarenakan material komposit dengan penambahan serat karbon memiliki sifat *fatigue* yang baik.
4. Dari segi *versality* (daya guna) komposit sendiri merupakan produk yang memiliki gabungan dari sifat menarik yang dapat dihasilkan dengan sedikit perubahan sesuai dengan jenis matrik yang digunakan.
5. Massa dari komposit lebih ringan.

### 2.2.1 Klasifikasi Komposit

Secara garis besar komposit digolongkan menjadi tiga, berdasarkan penguat yang digunakan (Callister, 2009)



Gambar 2.1 Klasifikasi Berbagai Tipe Komposit  
Sumber: Callister (1940)

#### 1. Komposit Serat (*Fiber Composite*)

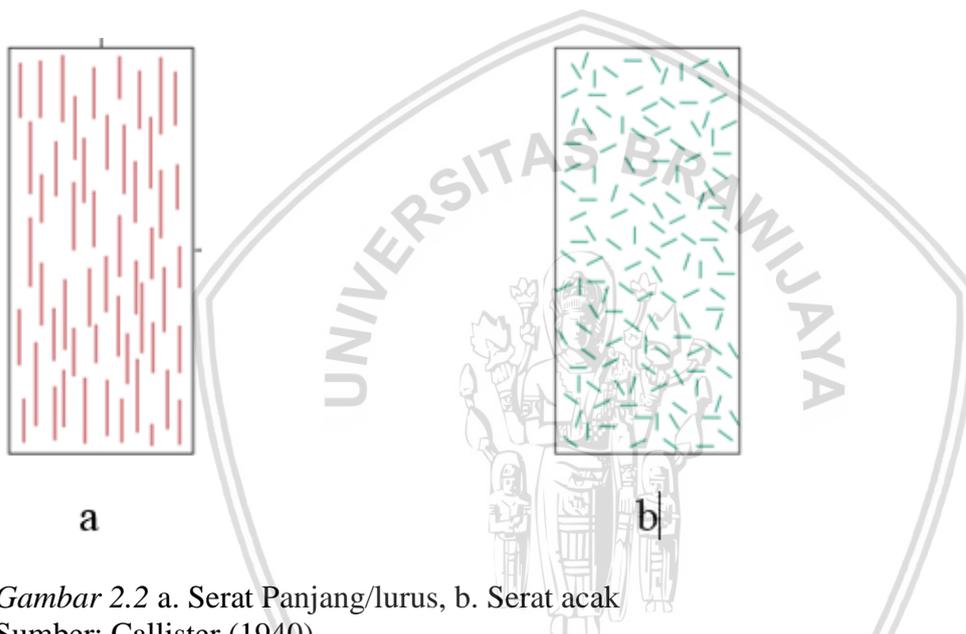
Jenis lapisan ini merupakan lapisan yang memberikan peningkatan kekuatan dari struktur komposit yang sangat signifikan. Serat dari lapisan ini terdiri dari lapisan filamen, jenis serat yang biasa digunakan adalah serat karbon dan serat gelas. Serat ini disusun dengan tiga arah orientasi yaitu satu dimensi dengan serat panjang, planar dengan serat panjang, acak dengan serat pendek. Komposit diperkuat dengan serat dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Komposit Serat Pendek

Berdasarkan arah orientasi komposit dengan menggunakan serat pendek dibedakan menjadi dua tipe yaitu serat acak dan serat satu arah. Tipe serat acak sering digunakan dalam industri dikarenakan faktor biaya dalam pembuatan lebih murah. Kekurangan dari komposit tipe ini adalah dari segi sifat mekanik yang lebih rendah dibanding dengan komposit jenis serat lurus.

b. Komposit Serat Panjang

Komposit serat panjang adalah komposit yang mempunyai keunggulan pada susunan serat yang mudah diorientasikan. Secara teoritis panjang serat dapat digunakan untuk menyalurkan pembebanan dari suatu titik pembebanan.



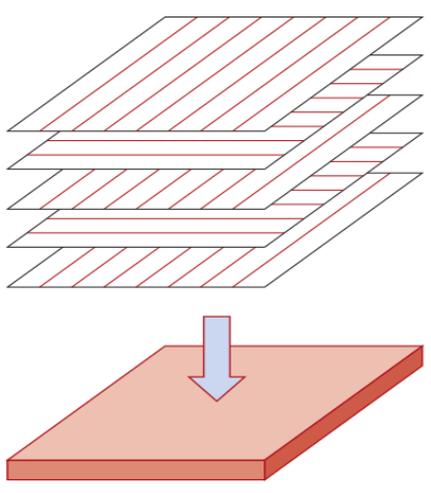
Gambar 2.2 a. Serat Panjang/lurus, b. Serat acak  
Sumber: Callister (1940)

2. Struktural Komposit

Komposit struktural terdiri dari butiran penyusun yang homogen. Sifat pembentuk komposit ini tidak hanya bergantung pada sifat penyusunnya akan tetapi juga bentuk geometri struktural elemen yang bermacam-macam. Komposit yang paling umum digunakan dalam struktural komposit yaitu

a. Komposit Laminat (*Lamina Composite*)

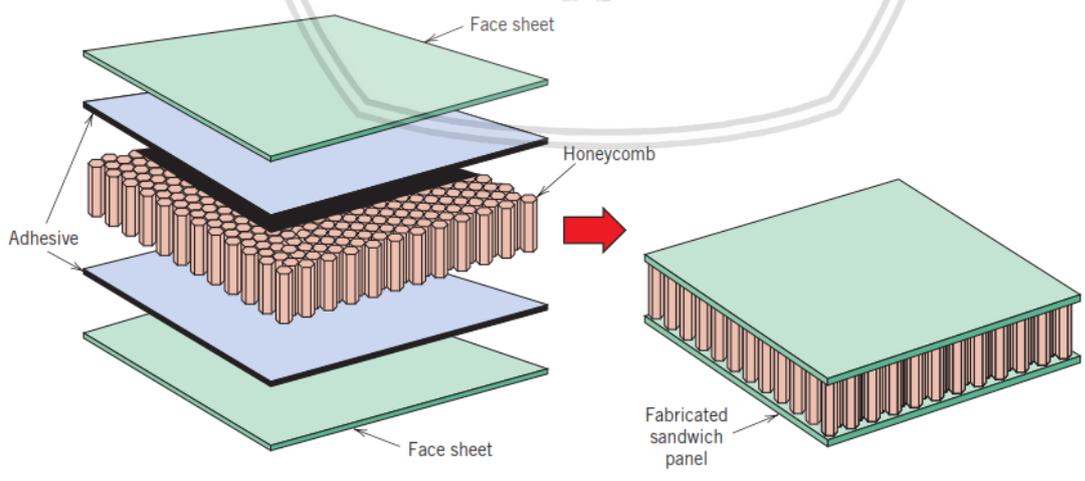
Struktur komposit laminar terdiri dari dua atau lebih lapisan yang terikat sehingga membentuk bagian integral. Komposit laminar sering menggunakan bahan yang berbeda untuk mendapatkan keuntungan dari masing-masing material penyusun, perbedaan penyusun bertujuan untuk mendapatkan sifat khusus dari penyusun tersebut.



Gambar 2.3 Lapisan Laminar Komposit  
 Sumber: Callister (1940)

b. Sandwich Panels

Komposit sandwich merupakan komposit yang dirancang untuk panel dikarenakan memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Komposit ini terdiri dari dua lembar, lembaran luar terdiri dari bahan yang relatif kaku yaitu paduan aluminium, plastik yang diperkuat dengan serat, titanium, baja. Material tersebut dipilih dikarenakan dapat menahan tegangan tarik yang dihasilkan dari pemuaian. Sedangkan material dasar dari komposit ini merupakan material yang ringan dan memiliki modulus elastisitas yang rendah, seperti busa polimer, kayu.



Gambar 2.4 Komposit Sandwich Honeycomb  
 Sumber: Callister (1940)

### 3. Komposit Partikel (*Particular Composite*)

Komposit partikel merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel sebagai penguat. Secara definisi partikel itu sendiri adalah bukan serat, karena partikel itu tidak mempunyai ukuran panjang. Sedangkan pada bahan komposit ukuran dari bahan penguat menentukan kemampuan bahan komposit menahan gaya dari luar. Dimana semakin panjang ukuran serat maka semakin kuat bahan menahan beban dari luar, begitu juga dengan sebaliknya. Bahan komposit partikel pada umumnya lemah dan *fracture toughness*-nya lebih rendah dibandingkan dengan serat.

Jenis komposit ini mempunyai keunggulan dari segi kekuatan dikarenakan partikel penguat terdistribusi merata sehingga kekuatannya lebih tinggi, ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik. Partikel penyusun mempunyai beberapa bentuk seperti bulat, kubik, tetragonal atau bisa juga berbentuk acak.

#### 2.2.2 Pembentukan Komposit

Pembentukan komposit terdapat dua bagian penting yaitu matrik dan serat.

Menurut (Kaw,2006) komposit dapat dibedakan menjadi empat jenis berdasarkan matrik penyusunnya yaitu:

##### 1. *Polymer Matrix Composite*

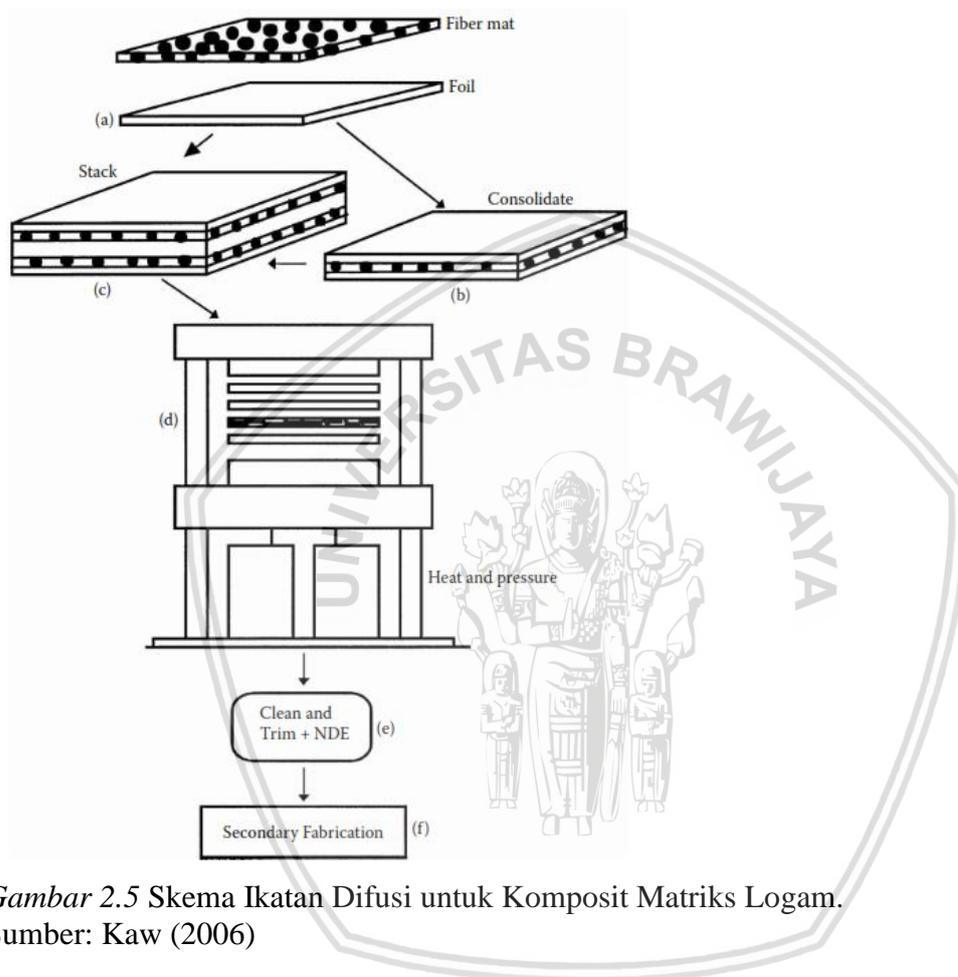
*Polymer Matrix Composite* merupakan material komposit yang matriknya terbuat dari bahan polimer seperti poliester, polietilena, polipropilen, polivinil klorida dan lain sebagainya. Komposit jenis ini merupakan komposit yang paling umum digunakan dikarenakan dalam pembuatan komposit polimer biaya lebih murah, kekuatan dari komposit yang tinggi dan prinsip manufaktur yang sederhana. Proses pembuatan komposit ini seperti *injection molding*, *spraying* dan *flament winding*.

##### 2. *Metal Matrix Composite*

*Metal Matrix Composite* adalah material komposit yang tersusun dari matrik logam seperti aluminium, baja, magnesium, titanium. Serat pengisi dari komposit tersebut biasanya berasal dari karbon, silikon karbida. Material komposit yang menggunakan MMC bisa dimodifikasi sesuai kebutuhan untuk menaikkan atau menurunkan sifat logam. Misal kekuatan, kekakuan, elastisitas logam dapat

ditingkatkan dan konduktifitas logam dapat dikurangi dengan menambahkan silikon karbida sebagai penguat dari material komposit.

Jika dibanding dengan PMC, MMC memiliki kelebihan yaitu sifat elastis yang lebih tinggi, tidak terpengaruh oleh kelembapan, konduktifitas termal, konduktifitas listrik yang lebih tinggi.



Gambar 2.5 Skema Ikatan Difusi untuk Komposit Matriks Logam.  
Sumber: Kaw (2006)

### 3. Ceramic Matrix Composite

*Ceramic Matrix Composite* merupakan material komposit yang tersusun oleh matrik keramik seperti alumina kalsium alumino silikat yang diperkuat dengan serat karbon atau silikon karbida. Keuntungan dari Ceramic Matrix Composite adalah kekerasan yang tinggi, kekuatan yang tinggi, ketahanan terhadap suhu tinggi, kepadatan rendah. Memperkuat keramik dengan serat seperti silikon karbida atau karbon dapat meningkatkan kekuatan dari material tersebut (Kaw, 2006). Komposit ini baru dikembangkan secara khusus untuk turbin pesawat terbang, generator pembangkit listrik, maka dari itu biaya pembuatan komposit jenis ini tinggi.

#### 4. *Carbon Carbon Composite*

*Carbon Carbon Composite* merupakan komposit yang tersusun dari serat karbon yang tertanam dalam matrik karbon pirolisa. Komposit jenis ini relatif baru dan cukup mahal dikarenakan teknik pemrosesan sangat kompleks sehingga tidak banyak digunakan secara ekstensif. Material komposit ini memiliki nilai koefisien ekspansi termal yang rendah, konduktivitas termal yang tinggi, ketahanan terhadap keretakan. Komposit ini sering digunakan dalam motor roket, komponen mesin turbin.

### 2.2.3 Keuntungan Komposit

1. Material komposit yang memiliki density jauh lebih rendah dibandingkan dengan bahan konvensional. Ini juga mempengaruhi dalam penggunaan komposit dikarenakan komposit mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik dibandingkan dengan bahan konvensional.
2. Material komposit mempunyai kelebihan berdaya guna yaitu produk yang mempunyai gabungan dari sifat yang baik dengan mengubah jenis matrik dan penguat yang digunakan.
3. Tahan terhadap korosi, mudah diproses.
4. Sifat *fatigue* dan keuletan dari komposit lebih baik dibanding dengan logam.
5. Komposit tidak sekadar memiliki sifat yang berbeda dari material penyusunnya, namun komposit dapat menjadi material yang jauh lebih baik dari material penyusunnya.

### 2.3 Bagian Komposit

Komposit terdiri dari dua material penyusun yaitu serat dan matriks, dimana serat berfungsi untuk memberikan kekuatan dan keaakuan dari komposit. Sedangkan matriks adalah material yang berfungsi untuk ketahanan terhadap beban.

#### 2.3.1 Matrix

Material komposit terdiri dari matrik dan filler (pengisi). Matrik dapat diartikan sebagai material pengikat antara serat tetapi tidak terjadi reaksi kimia dengan pengisi dari komposit tersebut. Bahan yang umum dipakai dalam matrik adalah polimer, metal, dan keramik. Pada saai ini polimer sering digunakan dalam bahan pembuatan komposit dikarenakan kelebihan polimer yang ringan dan tahan korosi (Schwartz, 1992). Bahan matrik yang baik untuk memenuhi persyaratan pencetakan komposit yaitu:

1. Memiliki daya rekat yang baik dengan bahan penguat.

2. Dapat diukur dalam temperatur kamar dalam waktu yang optimal.
3. Mempunyai penyusutan yang kecil, pada pengawetan.
4. Memiliki viskositas rendah, dapat sesuai dengan bahan penguat, dan *permeabel*.  
(Surdia, 1999)

Pada umumnya fungsi matrik dalam komposit menurut (Schwartz, 1992) adalah sebagai berikut:

- a. Membantu mendistribusikan atau mentransfer beban yang diterima.
- b. Menjaga serat agar tetap berada didalam strukture.
- c. Melindungi serat dari kerusakan dikarenakan keadaan lingkungan yang kurang baik.

Material yang menggunakan matrik berupa polimer dapat kategorikan dalam *Polymer Matrix Composite* (PMC). Secara umum plastik adalah bahan bukan logam yang mampu dicetak sesuai dengan keinginan. Pengikat antara partikel maupun serat digunakan matrik, matrik polimer dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Termoset

Material jenis termoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Jadi jika material telah mengalami pengerasan maka tidak dapat dilunakan kembali. Pemanasan pada suhu tinggi tidak bisa melunakan material termoset akan tetapi material tersebut kemudian membentuk arang dan terjadi penguraian karena sifatnya yang memang sedemikian rupa, biasa digunakan dalam tutup ketel, jenis melamin. Plastik jenis termoset tidak terlalu baik untuk dilakukan proses daur ulang dikarenakan sulit untuk proses penanganan material tersebut dan volume lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik yang bersifat termoplastik.

- Resin Melamin

Resin melamin merupakan resin yang tersusun dari 3 gugus amino. Bahan ini biasanya bereaksi secara termal dengan katalis. Pembuatan material ini menggunakan metode tekanan dan injeksi, temperatur pencetakan berkisar pada suhu 150°C-170°C, dengan tekanan pecetakan 150-250  $kgf/cm^2$ , waktu pencetakan 60 detik.

Material ini memiliki keunggulan dalam ketahanan air (khususnya terhadap air mendidih), ketahanan panas, ketahanan terhadap isolasi listrik. Penggunaan utamanya untuk alat makan, bagian komponen listrik.

- Resin poliuretan

Poliuretan terutama dihasilkan oleh reaksi diisosiyanat dan senyawa polihidroksi, disebut polioliol karena mempunyai lebih dari dua gugus OH. Material

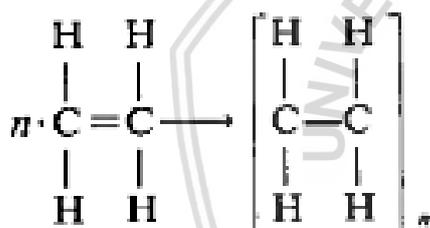
ini mempunyai ketahanan abrasif, ketahanan pelarut, yang baik maka dari itu digunakan dalam cat, serat elastis, kulit sintetik.

b. Termoplastik

Termoplastik adalah jenis material yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika dipanaskan maka material tersebut akan menjadi lunak dan saat dingin akan kembali mengeras. Material matrik ini dapat dipanaskan secara berulang-ulang, sehingga dapat dibentuk secara berulang-ulang sesuai dengan cetakan yang diinginkan. Bentuk awal dari produk ini biasanya bubuk atau pelet. Salah satu jenis termoplastik yaitu:

- Polietilen

Polietilen dibuat dengan cara polimerisasi gas etilen, yang diperoleh dengan memberi hidrogen gas petroleum padah pemecah minyak (nafta), gas alam. Polimerisasi ditunjukkan pada gambar 2.7 dibawah ini.

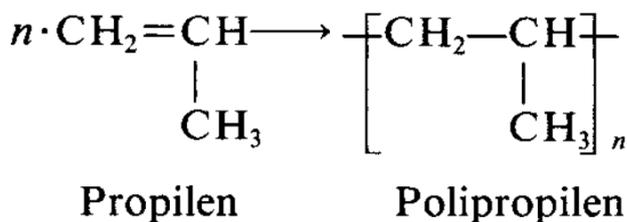


Gambar 2.6 Polimerisasi Etilen  
Sumber: Surdia (1999)

Polietilen kemudian digolongkan menjadi polietilen tekanan tinggi (HDPE), polietilen tekanan medium (MDPE), dan polietilen tekanan rendah (LDPE), tergantung tekanan saat polimerisasi berlangsung. LDPE mempunyai masa jenis 0,910-0,926, MDPE mempunyai massa jenis 0,926-0,940, HDPE mempunyai massa jenis 0,941-0,965 (Surdia, 1999). Secara kimia polietilen merupakan parafin yang mempunyai berat molekul tinggi. Material ini terbakar jika dinyalakan dan titik nyala dari material ini adalah 190°C. Polietilen adalah polimer non polar yang memiliki sifat listrik yang baik, banyak digunakan dalam bahan isolasi untuk TV. Polietilen pada temperatur rendah bersifat fleksibel tahan impak dan tahan bahan kimia, karena itu sering digunakan untuk berbagai keperluan termasuk untuk pembuatan berbagai wadah, alat dapur, botol, film pipa, isolator kabel listrik.

- Polipropilen

Polipropilen adalah material termoplastik yang tersusun dari propilen yang kemudian yang diperoleh dengan menggunakan metode tekanan rendah dengan menggunakan katalis Zieger-Natta (Surdia, 1999)



Gambar 2.7 Proses Pembentukan Polipropilen  
Sumber: Surdia (1999)

Polipropilen mempunyai sifat hampir sama dengan polietilen. Massa jenis rendah yaitu 0,90-0,92. Polipropilen merupakan kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer yang lainnya. Mudah terbakar jika dinyalakan. Jika dibandingkan dengan polietilena, polipropilen memiliki titik lunak lebih tinggi yaitu 176°C. Kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekakuannya lebih tinggi jika dibandingkan dengan ketahanan impaknya. Sifat tembus cahaya yang lebih baik daripada polietilen sehingga permukaan menjadi mengkilap. Material ini dapat diperbaiki sifat mekaniknya menggunakan tambahan berupa serat gelas. Pemuaian termal dari material ini bisa diperbaiki menjadi setingkat dengan resin termoset.

Molekul polipropilen mengandung atom karbon tertier dengan gugus metil rantai utama. Atom hidrogen terikat pada atom karbon yang sangat mudah bereaksi dengan oksigen dari ozon, karena reaksi tersebut mudah maka dari itu ketahanan oksidasi dari polipropilen cenderung rendah. Untuk mengatasi oksidasi tersebut polimer ini ditambahkan fenol alkil yang berfungsi sebagai anti oksidan yang dikombinasikan dengan senyawa belerang organik atau senyawa amin.

Degradasi adalah proses rusaknya rantai utama dan ikatan-ikatan penyusun polimer. Degradasi dapat diminimalisir dengan menggunakan bubuk karbon yang dicampurkan dengan polimer sebagai pengabsorb sinar ultra violet. Polipropilen mempunyai kemampuan ditembus cahaya yang baik maka dari itu sering digunakan dalam pembuatan film.

Polipropilen mempunyai sifat mampu cetak yang baik. Material polipropilen ini mempunyai faktor penyusutan yang kecil, pada kondisi optimal diperoleh dengan ketelitian dimensi yang baik dan tegangan sisanya kecil. Seperti pada gambar 2. dibawah ini,

Sifat-sifat	Resin	Polipropilen	Polietilen masa jenis tinggi	Polietilen masa jenis rendah
Ketelitian dimensi		○	×	×
Kekuatan		○	○	△
Ketahanan impak		○	●	●
Ketahanan melar		●	○	×
Ketahanan panas		●	○	×
Ketahanan cuaca		△	△	○
Ketahanan retak tegangan		●	×	▽
Kekerasan		○	△	×
Berat jenis		●	○	●
Sifat tembus cahaya		△	×	×
Ketahanan dingin		○	●	●
Ketahanan permeabilitas gas		○	○	△

●: Sempurna, ○: Baik sekali, △: Baik, ×: Tidak baik,

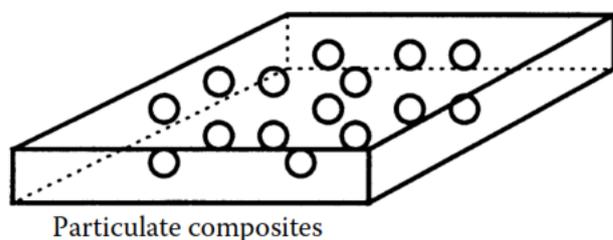
Gambar 2.8 Perbandingan Sifat antara Polipropilen dan Polietilen  
Sumber: Surdia (1999)

Polipropilen dalam kehidupan sehari-hari biasanya digunakan untuk keranjang, peralatan kamar mandi, keperluan rumah tangga, mainan, komponen listik, komponen otomotif. Penggunaan yang luas ini merupakan efek dari kemudahan dalam pencetakan material tersebut sehingga sesuai dengan keinginan.

### 2.3.2 Partikel Pengisi

Partikel pengisi merupakan material yang biasanya berasal dari bahan yang kuat, kaku, getas. Fungsi utama dari pengisi ini adalah untuk menahan gaya dari luar. Hal yang bisa membuat serat dapat menahan gaya dari luar adalah perekatan antara matriks dengan filler sehingga dapat homogen bercampur. Bahan pengisi paling sering ditambahkan ke polimer untuk meningkatkan kekuatan tarik dan tekan, ketahanan abrasi, ketangguhan, stabilitas dimensi dan termal, dan properti lainnya. Bahan yang digunakan sebagai pengisi partikel termasuk tepung kayu (bubuk serbuk halus), tepung silika dan pasir, kaca, tanah liat, bedak, batu kapur, dan bahkan beberapa polimer sintetik. Ukuran partikel berkisar dari 10 nm ke dimensi makroskopik. (Callister, 1940).

Arah orientasi dari serat menentukan kekuatan komposit dan mempengaruhi jumlah serat yang dapat disusun dalam matriks. Kerapatan dan jumlah serat dalam komposit menentukan kemampuan optimal komposit (Surdia, 1999)



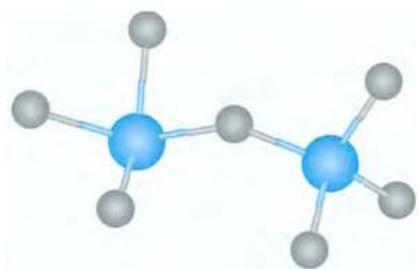
Gambar 2.9 Komposit Patikel  
Sumber: Kaw (2006)

Bahan komposit yang berfungsi sebagai pengisi dapat berupa serpihan, partikel dan serat. Penguat komposit berupa partikel memberikan efek yang baik untuk sifat mekanik dari komposit menjadi lebih kaku, tangguh dibandingkan dengan komposit tanpa menggunakan penguat berupa partikel. Tangguh adalah kemampuan material untuk menerima gaya atau beban maksimum yang menyebabkan material tersebut patah. Kekakuan adalah kemampuan material untuk menahan perubahan bentuk jika diberikan beban tertentu dalam daerah elastis.

- Zeolit

Zeolit merupakan mineral alumina silikat yang mempunyai bentuk pori terhidrat dan memiliki struktur kerangka tiga dimensi berbentuk tetrahedral yaitu  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ . Zeolit sendiri merupakan material dari batuan alam yang mempunyai kerangka penyusun Si (VI), Al (III) yang dikat dengan oksigen menghasilkan kerangka anionik. Mudah tidaknya molekul-molekul masuk ke dalam pori zeolit, itu dibatasi oleh diameter saluran zeolit. Polipropilen merupakan material yang mempunyai kerangka C-H yang panjang sehingga O pada zeolit dan H dalam polipropilen akan berikatan dikarenakan adanya gaya london dalam material tersebut. Dengan adanya interaksi tersebut di atas, maka polimer akan mengisi rongga-rongga zeolit dengan ikatan yang kuat, sehingga mengakibatkan produk komposit yang mempunyai sifat yang jauh lebih kuat dari sifat polimer itu sendiri. Proses kristalisasi dari struktur tersebut merupakan proses pengendalian pada molekul homogen dan struktur kerangka khusus sangat bergantung pada kation yang berada dimolekul saat proses kristalisasi (Rollmann, 1983). Zeolit telah banyak diaplikasikan sebagai saringan molekuler untuk memisahkan molekul dengan

berbagai bentuk dan ukuran yang bermacam-macam, sekitar 60% zeolit yang diproduksi secara sintesis digunakan untuk pencampuran dengan detergen yang berfungsi untuk pertukaran ion, katalis khusus (Moore, 2005). Bila zeolit digunakan pada proses katalitik maka akan terjadi difusi molekul kedalam ruang kosong antar kristal dan reaksi kimia juga terjadi dipermukaan saluran tersebut (Setiadi, 20017) .



Gambar 2.10 Struktur Zeolit  
Sumber: Moore (2005)

Zeolit mempunyai rumus kimia yaitu  $M^{x/n} [(AlO_2)_x (SiO_2)_y] mH_2O$ , M dalam rumus kimia tersebut adalah kation alkali atau alkali tanah, n adalah valensi kation, w adalah molekul air terkandung per satuan unit sel, X dan Y adalah angka total tetrahedral persatuan unit sel. Kation M dari valensi n berfungsi untuk menetralkan muatan negatif pada kerangka aluminasilikat (Moore, 2005). Zeolit memiliki dua jenis yaitu zeolit alamin dan zeolit sintesis.

Zeolit sintetik adalah zeolit yang dibuat secara rekayasa yang sedemikian rupa sehingga mempunyai karakter yang hampir sama bahkan lebih baik dari zeolit alam. Prinsip dasar dari zeolit adalah komponen penyusunnya berasal dari silika dan alumina, sehingga memudahkan dalam sintesis dari berbagai bahan baku yang mengandung komponen tersebut.

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batu-batuan yang mengalami bermacam-macam perubahan di alam. 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 dikarenakan pengaruh panas dan dingin sehingga terbentuk mineral-mineral zeolit. Pendapat lain menyatakan proses terjadinya zeolit berawal dari debu-debu yang berasal dari gunung berapi yang bertebangan kemudian debu tersebut mengendap didasar danau ataupun didasar lautan. Debu vulkanik tersebut kemudian mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh air danau dan

air laut sehingga menyebabkan terbentuknya sedimen yang mengandung zeolit didasar danau ataupun laut tersebut (Lestari, 2010).

Zeolit yang terdapat diantara celah batuan atau diantara lapisan batuan, zeolit jenis ini biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain seperti kalsit, kwarsa, renit, klorit, mineral sulfida. Zeolit juga berupa batuan, hanya sedikit jenis zeolit yang mempunyai bentuk batuan, diantaranya adalah klinoptilolit, analism, erionit (Lestari, 2010). Nano zeolit adalah material yang berasal dari batuan zeolit yang digiling menggunakan *ball mill* selama beberapa jam sehingga memiliki ukuran butir yang sangat kecil. Nano zeolit sering digunakan karena mineral ini stabil pada suhu tinggi, tahan terhadap pelarut organik, bahan kimia, dan memiliki kekuatan tarik dan kekerasan yang tinggi. Secara struktural, zeolit diketahui memiliki bentuk kristal yang sangat reguar dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah, sehingga sangat tahan terhadap perlakuan termal yang tinggi.

Berdasarkan sifat ini, zeolit dianggap sebagai bahan penguat yang baik untuk memperbaiki sifat mekanik dan sifat termal polimer. Untuk memanfaatkan kapasitas penguatnya, pemanfaatan zeolit sebagai pengisi untuk berbagai jenis bahan polimer telah dibahas dalam banyak penelitian. Secara khusus bahwa pemanfaatan zeolit menyebabkan peningkatan kuat tarik dan ketahanan panas komposit karet alam yang signifikan. Sebagai pengakuan atas sifat ini, diharapkan penambahan zeolit secara signifikan akan meningkatkan mekanis dan sifat termal campuran NR / PP (Bukit,2013).

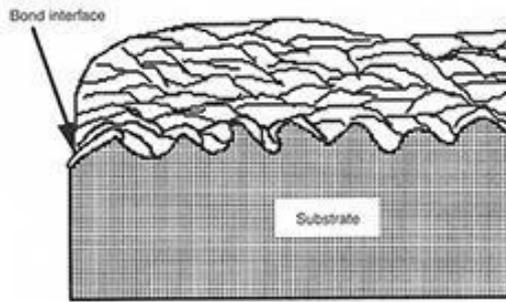
Sebagian dari potensinya sebagai zat penguat, zeolit alami dikenal sebagai bahan hidrofilik, membuatnya kurang sesuai dengan kebanyakan polimer organik yang diketahui memiliki permukaan hidrofobik. Untuk alasan ini, modifikasi zeolit untuk meningkatkan hidrofobisitas permukaannya diperlukan untuk mempromosikan kompatibilitas polimer zeolit dan organik. Metode modifikasi yang paling umum diterapkan adalah perlakuan termal pada suhu 600-1100°C.

## **2.4 Teori Ikatan Matriks dan Penguat**

Ketika matriks melapisi dan melekat pada serat penguat.terjadi ikatan antar serat dengan matriks. ada beberapa macam ikatan yang terbentuk antara lain

### **2.4.1 Ikatan mekanik (Mechanical bonding)**

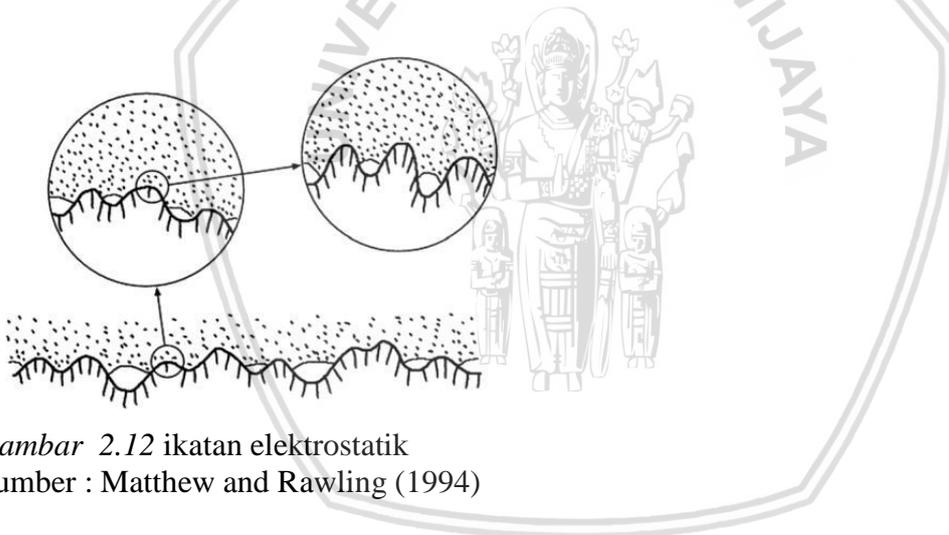
Metriks cair akan menyabar ke seluruh permukaan serat penguat dan mengisi setiap lekuk dan permukaan serat serat penguat yang kasar akan saling mengunci dan semakin kasar prtmukaan serat makan ikatan yang erjadi akan semakin kuat



Gambar 2.11 Ikatan mekanik  
Sumber : Matthew and Rawling (1994)

#### 2.4.2 Ikatan elektrostatis (*elektostatic bonding*)

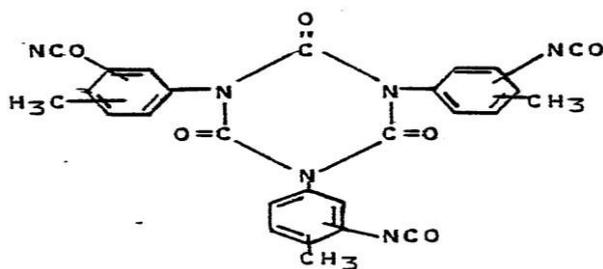
Ikatan elektrostatis seperti yang di tunjukkan terjadi antara matriks dan serat penguat ketika salah satu permukaan yang mempunyai muatan positif dan permukaan lain mempunyai muatan negat, sehingga terjadi tarik menarik antara dua permukaan tersebut.



Gambar 2.12 ikatan elektrostatis  
Sumber : Matthew and Rawling (1994)

#### 2.4.3 Ikatan reaksi (*Reaction bonding*)

Atom atau molekul dari dua komponen dalam komposit dapat bereaksi pada permukaan sehingga terjadi ikatan reaksi. Ikatan ini membentuk lapisan permukaan yang mempunyai sifat yang berbeda dari kedua komponen tersebut. Ikatan ini dapat terjadi karena adanya difusi atom-atom permukaan dari komponen komposit.

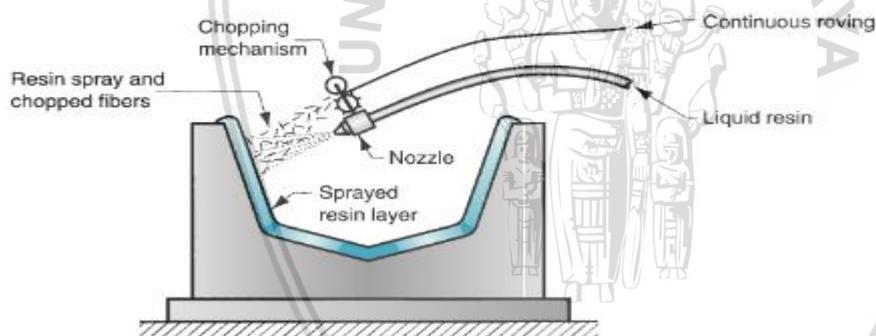


Gambar 2.13 Ikatan reaksi  
Sumber : Matthew and Rawling (1994)

## 2.5 Metode Pembuatan Komposit

### 2.5.1 Spray-up

Spray lay-up merupakan metode cetakan terbuka dalam pembuatan komposit, metode ini memiliki nilai ekonomis yang lebih baik dibanding dengan hand lay up. Proses spray lay-up dilakukan dengan cara penyemprotan serat setelah melewati tempat pemotong. Sementara resin yang telah bercampur dengan katalis kemudian disemprotkan secara bersamaan wadah tempat cetakan yang telah disiapkan terlebih dahulu. Kemudian setelah dilakukan penyemprotan, ditunggu hingga mengeras menggunakan suhu atmosfer.



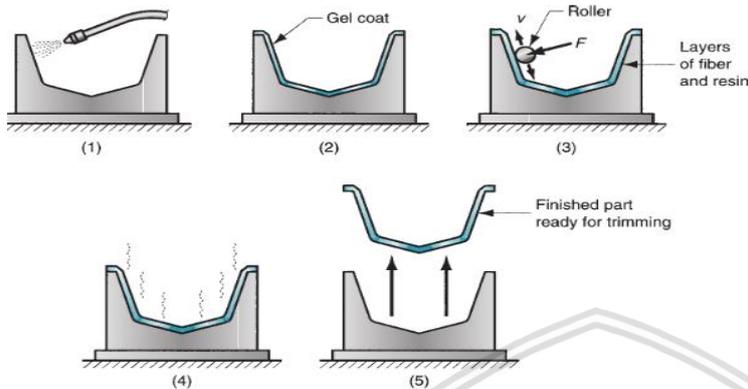
Gambar 2.14 Spray Lay-up  
Sumber: Groover (2010)

### 2.5.2 Hand Lay-up

Proses manufacturing material komposit menggunakan metode Hand Lay Up merupakan metode yang paling sederhana dibanding dengan metode-metode manufaktur material komposit yang lain. Metode ini sederhana karena menggunakan cetakan terbuka saat proses pembuatan material, lapisan resin dan penguat disusun secara berturut-turut atau bertumpuk hingga mencapai ketebalan yang diinginkan. Resin cair diaplikasikan dengan cara menuang, menyikat atau menyemprot. Kelebihan dari metode ini antara lain:

1. Dapat digunakan untuk benda berukuran besar maupun kecil
2. Daya tahan tinggi

3. Konduktifitas termalnya tinggi
4. Kekuarangan
5. Kualitas produk rendah



Gambar 2.15 Proses *Hand Lay-up*

Sumber: Groover (2010)

### 2.5.3 Injection Molding

*Injection molding* adalah metode yang paling banyak digunakan dalam pembuatan komposit dengan matriks polimer. Metode ini dilakukan dengan memberikan injection pressure terhadap material dengan tekanan tertentu pada polimer yang telah dipanaskan terlebih dahulu sampai menjadi leleh oleh energi panas untuk dimasukkan kedalam cetakan yang sudah didesain sedemikian rupa sehingga didapat bentuk material yang sesuai keinginan. Pada *injection molding* sering digunakan untuk memproduksi komponen yang kecil dan rumit, dan biaya yang digunakan untuk produksi lebih murah dibanding dengan yang lain (Boses, 1995).

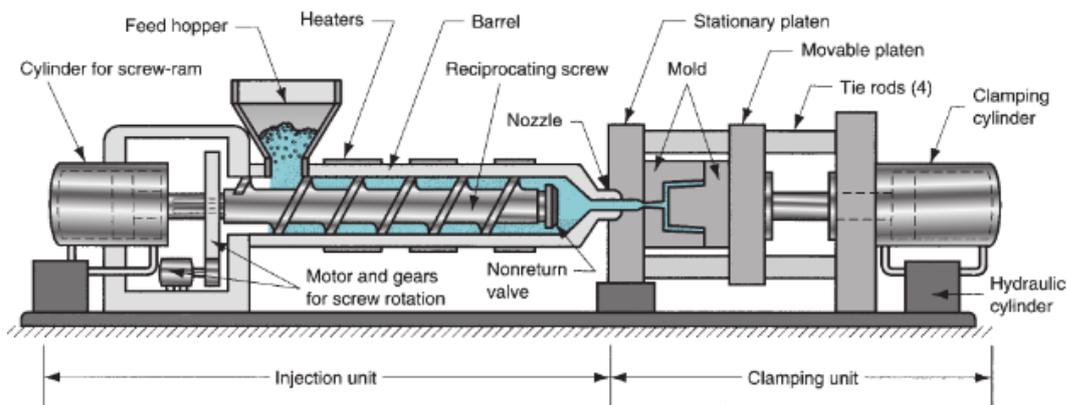
*Injection molding* mempunyai kelebihan yaitu dapat menggabungkan kelebihan teknologi, misalnya ketepatan dalam proses pencetakan plastik, kebebasan memilih material, kemampuan pembentukan bahan plastik. Contoh hasil dari injeksi molding dalam kehidupan sehari-hari adalah *dashboard*, rumah lampu mobil, mouse, printer. Keuntungan dari injection molding adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan produksi yang tinggi.
2. Plastik yang terbuang sedikit.
3. Biaya tenaga kerja yang rendah
4. Sedikit kebutuhan dalam finishing.

Kerugian dalam injection molding antara lain:

1. Inventasi peralatan yang sangat tinggi.

2. Biaya dalam menjalankan peralatan yang cukup tinggi.
3. Produk plastik harus sesuai dengan ukuran cetakan.

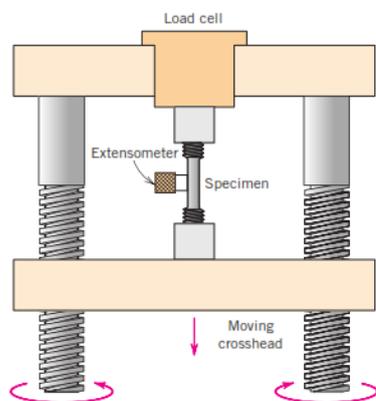


Gambar 2.16 Injection Molding

Sumber: Groover (2010)

## 2.6 Pengujian Tarik

Pengujian tarik sangat diperlukan dalam era modern seperti ini yang membutuhkan alat baru yang digunakan untuk membantu kegiatan manusia, dalam situasi seperti ini dibutuhkan material yang mempunyai karakteristik khusus. Permodelan dalam material tidak jauh dari perlakuan pengujian tarik, dikarenakan sifat mekanis dari material tersebut yang mempengaruhi hubungan antara deformasi terhadap beban atau gaya yang diberikan. Sifat mekanik yang utama adalah kekakuan, kekerasan, kekuatan, keuletan dan ketangguhan. Faktor yang harus dipertimbangkan meliputi sifat dari beban yang diterapkan dan durasinya, serta kondisi lingkungan. Hal ini dimungkinkan untuk beban menjadi tarik, tekan, atau geser, dan besarnya mungkin konstan seiring waktu, atau mungkin berfluktuasi secara terus menerus (Callister, 1940).



Gambar 2.17 Skema Pengujian Tarik

Sumber: Callister (1940)

Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Dalam pengujian tarik statik menghasilkan deformasi bahan, hasil dari pengujian tersebut kemudian menjadi dasar dari pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan, hal itu disebabkan oleh:

1. Mudah dilakukan.
2. Menghasilkan tegangan uniform pada setiap luas penampang.
3. Kebanyakan bahan mempunyai kelemahan untuk menerima tegangan tarik yang uniform pada penampang. (Surdia, 1999)

Maka dalam pengujian industri, kekuatan adalah yang paling ditentukan menggunakan penarika statik. Tegangan tarik merupakan distribusi gaya tarik persatuan luas bahan, dirumuskan:

$$\sigma_T = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1-1)$$

Keterangan :

$\sigma_T$  = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya tarik (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang awal, dirumuskan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \dots\dots\dots(1-2)$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan (%)

$l_0$  = Panjang awal (mm)

$\Delta l$  = Pertambahan panjang (mm)

Untuk hampir semua logam pada tahap uji tarik hubungan antara beban atau gaya yang diberikan pada bahan percobaan berbanding lurus terhadap perubahan panjang bahan tersebut, ini disebut daerah linier. Didaerah ini kurva pertambahan panjang terhadap beban memiliki rasio tegangan dan regangan yang konstan. Sehingga hubungan antara tegangan dan regangan di rumuskan:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots \dots \dots (1-3)$$

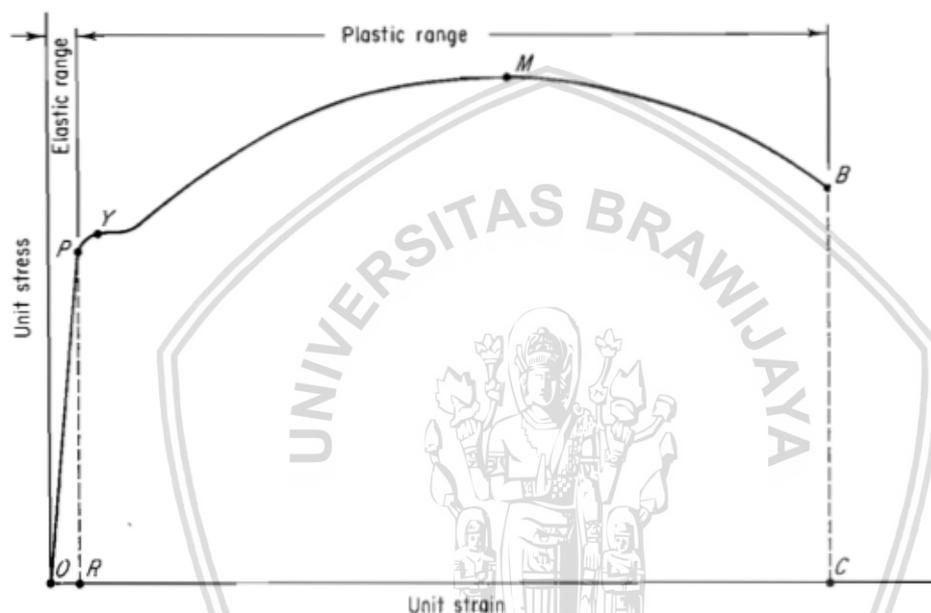
Keterangan:

$E$  = Modulus elastisitas ( $\text{N/mm}^2$ )

$\sigma$  = Tegangan ( $\text{N/mm}^2$ )

$\varepsilon$  = Regangan (%)

Hubungan antara regangan dan tegangan juga dapat diketahui dengan jelas dari grafik tegangan – regangan yang berdasarkan hasil uji tarik pada gambar 2.18 sebagai berikut:



Gambar 2.18 Grafik tegangan–regangan

Sumber: Avner, Sydney H (1974)

Dari grafik diatas dapat diketahui :

1. Daerah elastics (O-P)

Daerah terjadiya deformasi elastisitas, yang dimulai dari titik O sampai batas (P) proporsional. Kenaikan tegangan dan regangan berbanding lurus.

2. Batas proporsional (P)

Batas proporsional (P) sama dengan batas elastis, yang mana merupakan batas keseimbangan antara pertambahan tegangan dan regangan.

3. Deformasi plastis (*Plastic deformation*) (Y-B)

Yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula ketika material dikenai gaya. Pada gambar diatas, material di tarik sampai melewati titik *yield* (Y) dan mencapai daerah landing.

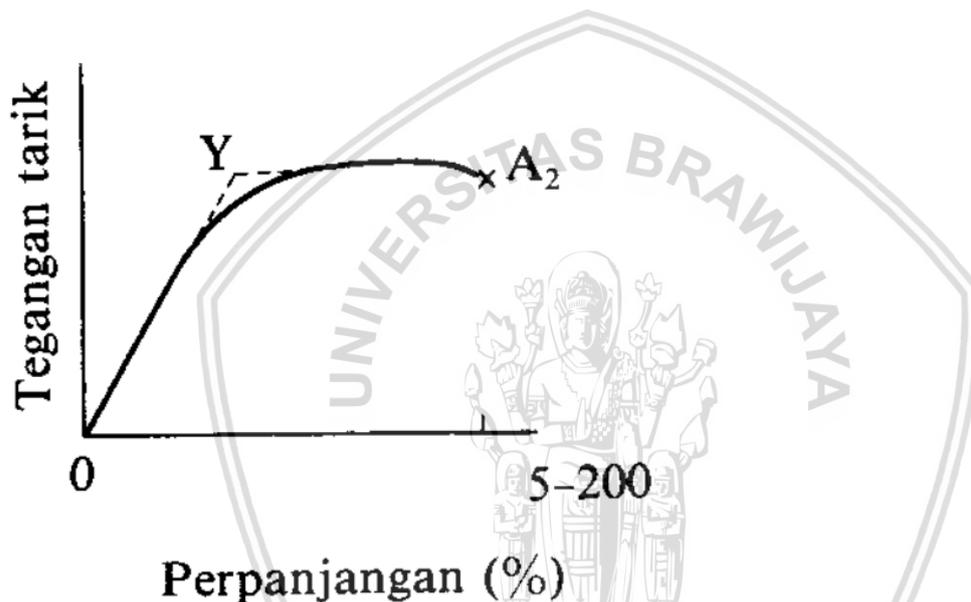
4. Tegangan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*).

Pada gambar 4.1, ditunjukkan dengan titik M, merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

5. Titik Patah (B)

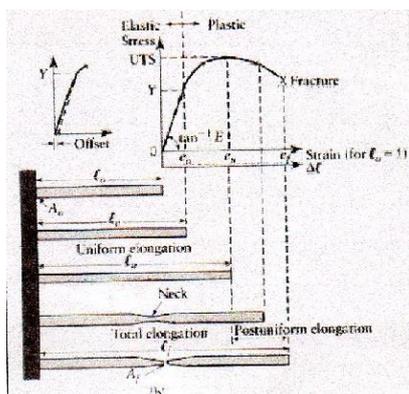
Adalah titik dimana benda sudah tidak bisa mempertahankan kesatuannya sehingga patah menjadi dua bagian. Hal ini diakibatkan sangat lemahnya gaya tarik-menarik antar atom benda, sehingga benda dapat dipisahkan.

Berbeda dengan material logam hubungan tegangan regangan polimer dapat dilihat pada gambar 2.19



Gambar 2.19 Grafik Tegangan Regangan (Polimer)  
Sumber : Surdia (2013)

Proses penambahan regangan yang berlebihan akan mengakibatkan material mengalami penyempitan penampang (*necking*). Pada regangan-tegangan sejati, nilai luas penampang yang dipakai adalah luas penampang *specimen* sebenarnya, sehingga ketika terjadi *necking*, nilai tegangan tariknya tetap atau justru naik. Sedangkan pada tegangan-regangan rekayasa nilai luas penampang yang dipakai adalah luas penampang semula benda uji, sehingga ketika terjadi *necking* pada titik beban maksimum, nilai tegangan tariknya akan turun, dapat diamati pada gambar 2.20.

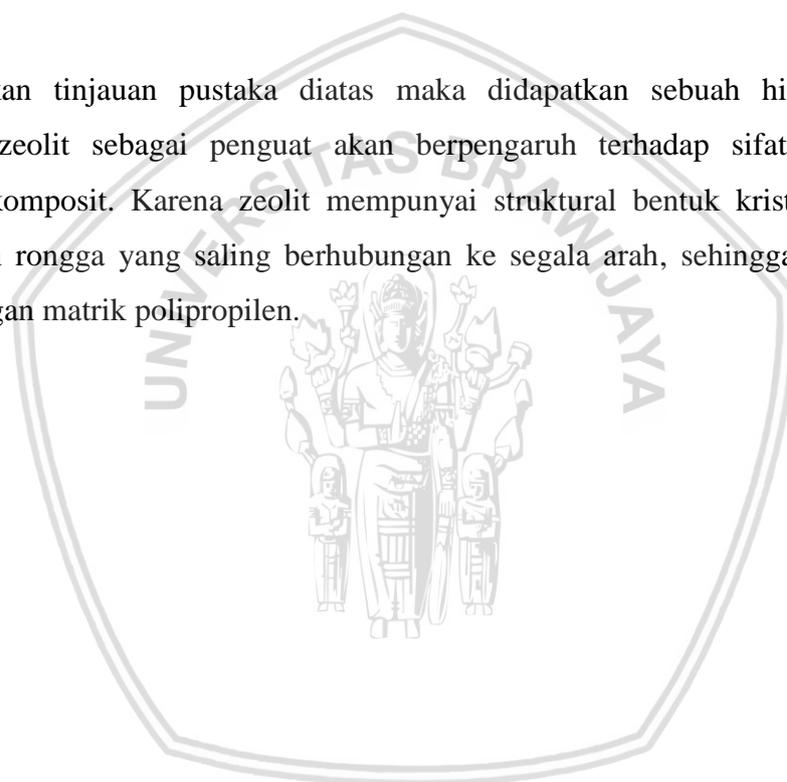


Gambar 2.20 Tahapan Necking

Sumber :*Metalurgi Mekanik Jilid I, George E. Dieter (1986)*

## 2.7 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas maka didapatkan sebuah hipotesis dengan penambahan zeolit sebagai penguat akan berpengaruh terhadap sifat mekanik dari polipropilen komposit. Karena zeolit mempunyai struktural bentuk kristal yang sangat reguar dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah, sehingga sangat mudah berikatan dengan matrik polipropilen.





## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah yaitu Quasi Experimental Research atau penelitian eksperimental semu, dengan tujuan mengetahui pengaruh penambahan zeolit terhadap kekuatan tarik *polypropylene* hasil *injection molding*. Untuk mendapatkan informasi tambahan diperoleh melalui studi literatur dari buku pustaka, jurnal penelitian untuk memperoleh informasi tambahan yang diperlukan dalam penelitian.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah:

- Proses pencampuran bahan baku dilaksanakan di Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Proses *injection molding* dilaksanakan di pabrik daerah Bandulan, Kota Malang.
- Proses pengujian kekuatan tarik yang bertempat di Laboratorium Riset Material, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Mulana Malik Ibrahim, Malang.

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum dilakukan penelitian dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah prosentase zeolit sebesar 0%, 5%, 10%, 15%.

#### 3.3.2 Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung pada variabel bebas dan nilainya diperoleh setelah pelaksanaan penelitian. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat yaitu kekuatan tarik spesimen

### 3.3.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang besarnya dikendalikan atau dibuat tetap selama penelitian, yaitu :

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

## 3.4 Peralatan dan Bahan yang Digunakan

### 3.4.1 Alat

Alat-alat Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

#### 1. Mesin *Injection Molding*

Mesin *injection molding* adalah alat yang digunakan untuk mencetak spesimen. Alat ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

- *Merk* : Nikken Injection Molding Machine
- *Voltase* : 380V
- *Daya* : 15 KW
- *Frekuensi* : 50 Hz



Gambar 3.1 Mesin *Injection Molding*

#### 2. Cetakan

Cetakan merupakan alat yang digunakan untuk membentuk polimer seperti bentuk yang diinginkan.



Gambar 3.2 Cetakan

### 3. Dapur Listrik

Digunakan untuk mengaktifasi zeolit

Spesifikasi:

Temperatur Mak: 1100°C



Gambar 3.10 Dapur listrik

### 4. Timbangan Elektrik

Alat ini digunakan untuk mengukur berat pasir cetak sebelum dan sesudah diukur kadar airnya , berikut spesifikasinya :

- Merk : Melter
- Frekuensi : 50-60 Hz
- Type : PJ 3000
- Voltase : 100-120V 80mA / 200-240V 45mA



Gambar 3.4 Timbangan Elektrik

5. Cawan

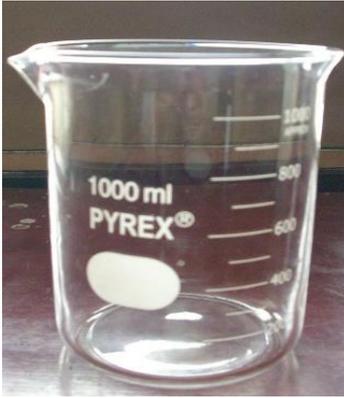
Cawan digunakan untuk tempat spesimen.



Gambar 3.5 Cawan

6. Gelas Beker

Gelas Beker digunakan sebagai wadah mencampur polipropilen dan zeolit.



Gambar 3.6 Gelas Beker

### 7. Kompor Listrik

Digunakan untuk memanaskan campuran polipropilen dan serbuk arang tempurung kelapa.

- Spesifikasi alat
- Merk : Maspion
- Daya : 300-600W
- Berat : 3 kg
- Dimensi : Panjang 24 cm, lebar 22 cm, tinggi 4 cm



Gambar 3.7 Kompor Listrik

### 8. Mesin Pengguncang Rotap

Alat ini digunakan untuk mendapatkan ukuran zeolit yang sesuai.

Spesifikasi alat:

- Jenis : Rotap
- Tipe : V51
- Mesh : Retsch

- Voltase : 220 V
- Daya : 430 watt
- Frekuensi : 50 Hz
- No. Seri : 01849038
- Buatan : Jerman



Gambar 3.8 Mesin Pengguncang Rotap

#### 9. Mesin uji tarik

Alat ini digunakan untuk pengujian kekuatan tarik.

Spesifikasi alat:

- Produksi : Doggun Liyi Test Equipment Co., Ltd
- Model : LY-1066B
- Kapasitas : 1000 Kg
- Tingkat Akurasi : 5%
- Ruang Tarik Efektif : 1200mm
- Lebar tes efektif : 320mm
- Uji kekuatan resolusi : 1/150.000
- Tes kecepatan : 50-500mm/min
- Motode operasi : kontrol komputer
- Voltase : 220V, 50Hz



Gambar 3.9 Mesin Uji Tarik

#### 10. Stopwatch

Untuk mengatur waktu pada saat proses pengaktifasian zeolit.



Gambar 3.10 Stopwatch

### 3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah polimer termoplastik dengan jenis polipropilena dan zeolit alam.

#### 1. Polipropilen

- Spesifikasi Polipropilen:
- Densitas:  $0,903 \text{ g/cm}^3$

- Melt Flow Rate : 3,8g/10 min
- Melting temperature: 163°C



Gambar 3.11 Polipropilen

## 2. Zeolit Alam



Gambar 3.12 Zeolit Alam

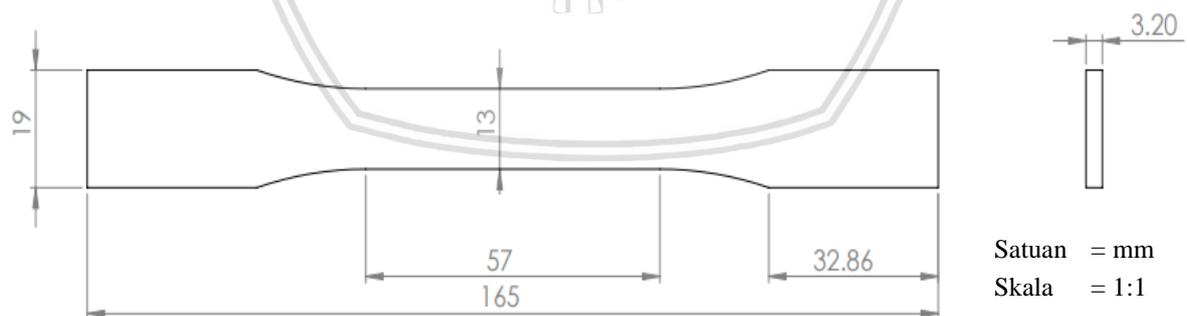
Tabel 3.1 Komposisi Kimiawi Zeolit Alam Malang

Chemical Formula	Wt%	Chemical Formula	Wt%
Mg	1,3434	MgO	1,5965
Al	7,9040	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,2816
Si	38,9490	SiO <sub>2</sub>	53,2322
S	0,2282	S	0,1267
K	2,3985	K <sub>2</sub> O	1,5275
Ca	39,9281	CaO	27,6908
Ti	0,4278	TiO <sub>2</sub>	0,3802
Mn	0,3461	MnO	0,1886
Fe	8,0806	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,8386
Sr	0,2944	SrO	0,1372

Sumber: Setiadi (2007)

### 3.5 Spesimen Uji Tarik Komposit

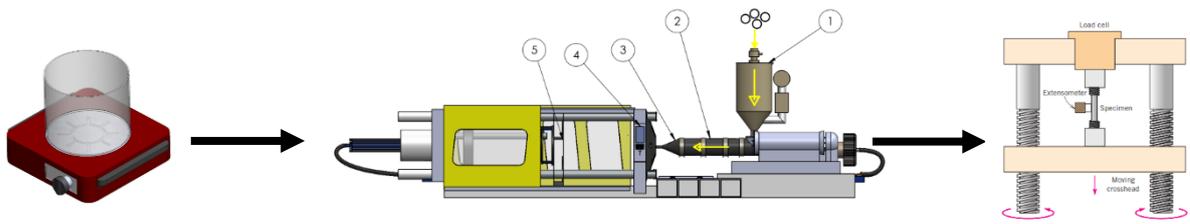
Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari bahan komposit. Spesimen uji tarik yang telah dibuat berupa pelat datar dengan mengacu standart ASTM D 638. Pengujian tarik akan dilakukan dengan mesin uji “*Doggun Liyi Test Equipment Co., Ltd*”.



Gambar 3.13 Spesimen Uji Tarik

Sumber: ASTM D638, *Standard Test Method For Plastics*.

### 3.6 Skema penelitian



Gambar 3.14 Skema Penelitian

Keterangan:

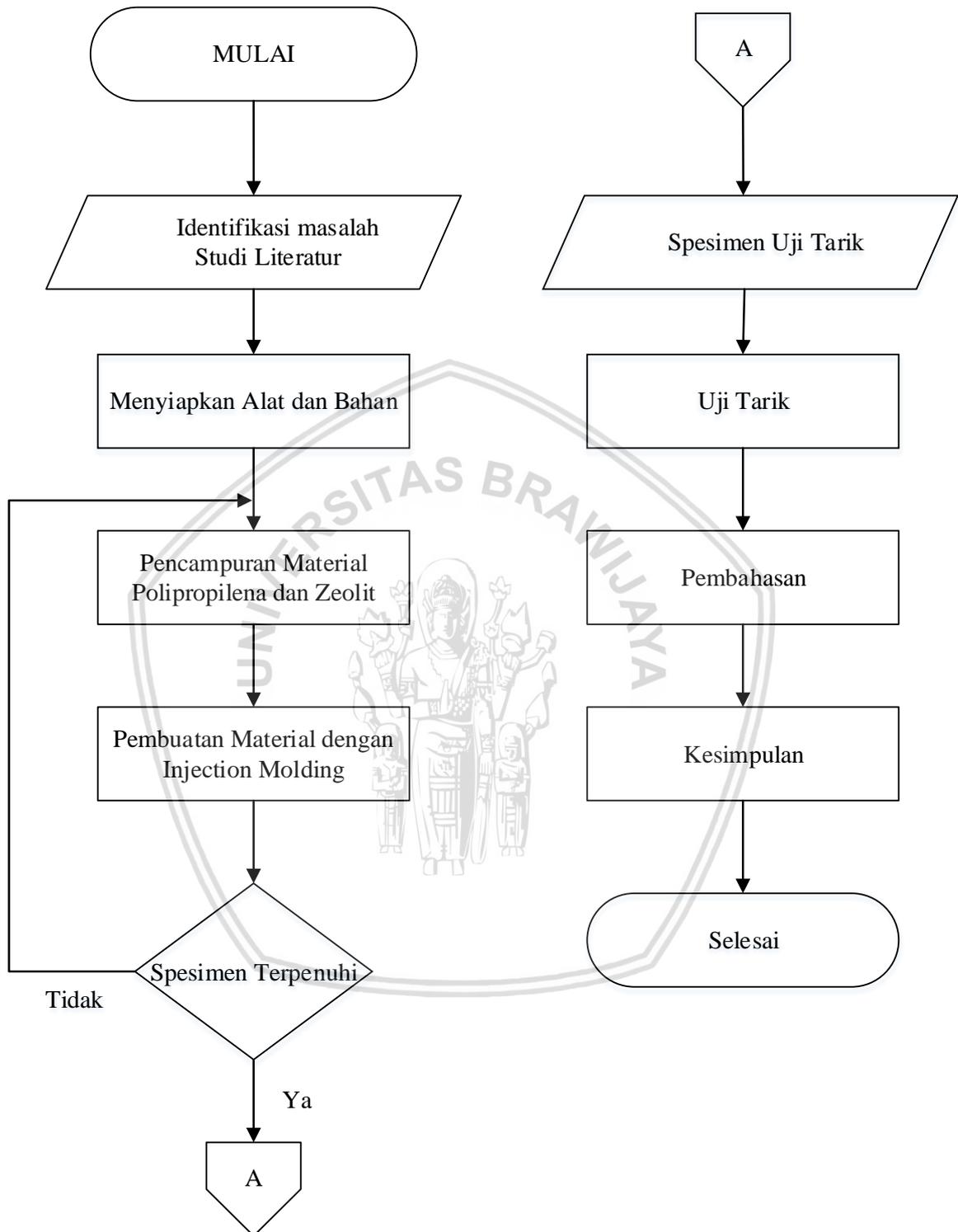
1. *Feed Hooper*
2. *Heater*
3. *Noozel*
4. *Controller*
5. *Mold*

### 3.7 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan
2. Memasukkan polipropilen sesuai dengan komposisi yang sudah ditentukan ke dalam gelas beker.
3. Memanaskan campuran tersebut dengan kompor listrik sambil diaduk menggunakan bor listrik.
4. Setelah material campuran sudah selesai dilakukan proses pencacahan hingga dimensinya kecil-kecil.
5. Memasang cetakan pada mesin *injection molding*.
6. Mengatur parameter pada mesin *injection molding* seperti temperatur pemanasan, tekanan injeksi dan *holding time*.
7. Memasukkan material kedalam *hopper* mesin *injection molding*.
8. Mencetak spesimen uji tarik.
9. Mengukur nilai kekuatan tarik dengan menggunakan mesin uji tarik.
10. Mengolah data dan melakukan analisa dari grafik.
11. Menarik kesimpulan dan memberi saran.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian





## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Pengambilan data pengujian kekuatan tarik dilaksanakan setelah melakukan proses penambahan pengisi berupa zeolit alam pada matrik polipropilen, kemudian material tersebut dibentuk dengan standar yang telah ditentukan sebelumnya. Setiap variasi dilakukan pengulangan data sebanyak tiga kali.

Tabel 4.1  
Data Hasil Pengujian Tarik

Persentase Filler	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Tarik Rata-rata (MPa)
0%	28,539	29,48
	29,838	
	30,054	
5%	31,788	31,338
	31,188	
	31,038	
10%	30,549	30,284
	30,08	
	30,224	
15%	28,985	27,336
	26,267	
	26,757	

#### Contoh perhitungan Tegangan Tarik

$$F_{\max} = 121,05 \text{ kgf}$$

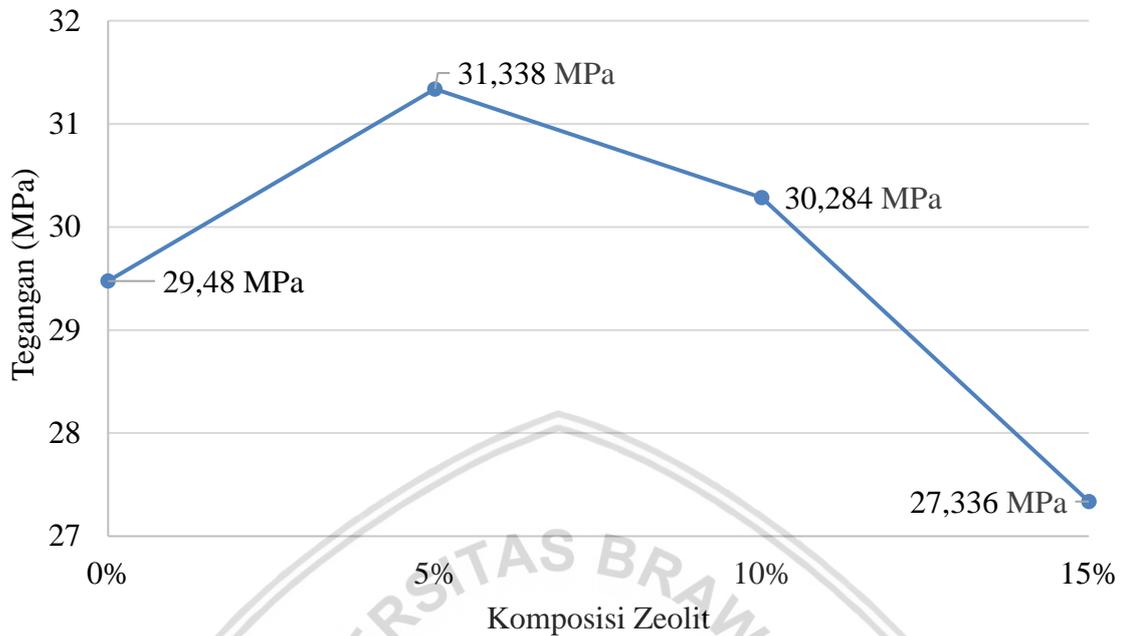
$$\text{Area} = 39,5 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = F/A$$

$$= 121,05 \times 9,80665 / 39,5$$

$$= 30,054 \text{ Mpa}$$

## 4.2 Analisis Pengaruh Penambahan Zeolit Alam Dalam Komposit Polipropilen



Gambar 4.1 Analisis Pengaruh Penambahan Zeolit Alam Sebagai Filler Dalam Komposit Polipropilen

Pada gambar 4.1 menunjukkan perbandingan kekuatan tarik komposit polipropilen dengan zeolit alam sebagai pengisi. PP didalam penelitian ini berfungsi sebagai matrik. Dapat dilihat pada gambar 4.1 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.

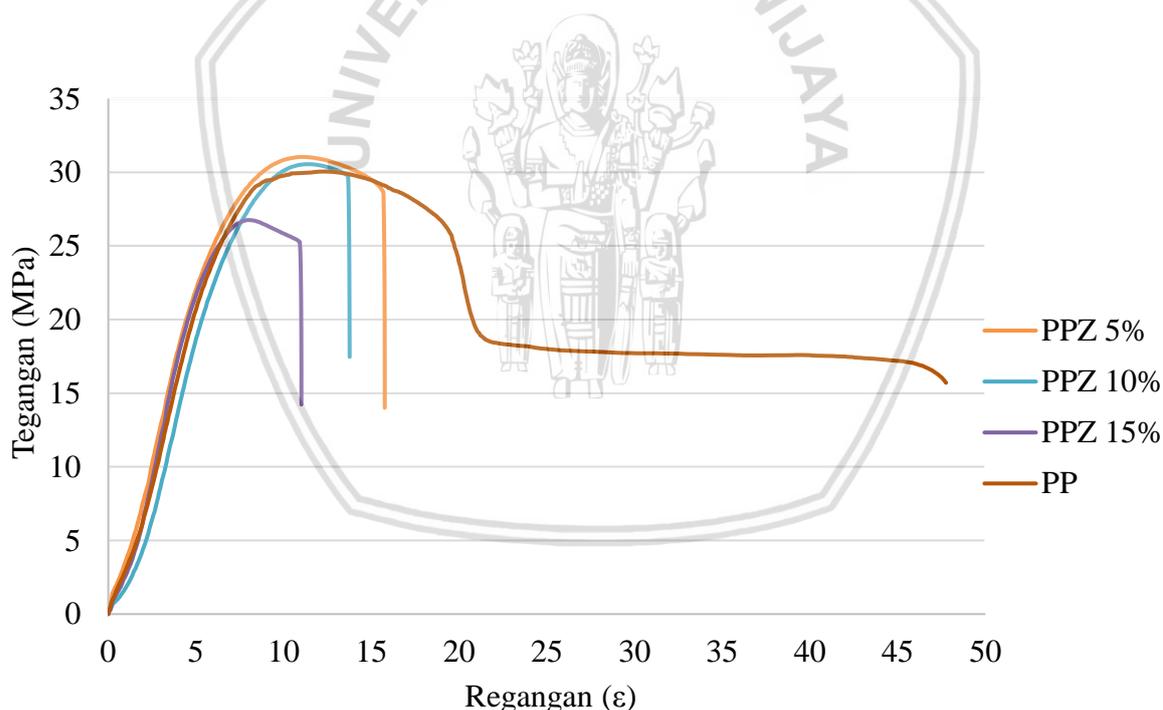
Pada grafik 4.1 komposit dengan persentase berat zeolit 5% merupakan komposit dengan nilai kekuatan tarik paling tinggi. Hal ini dikarenakan jika dibandingkan dengan nilai pada variasi lain, pembebanan pada variasi 5% dapat menyebabkan komposit tersebut dapat membentuk dispersi yang seragam didalam matrik 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 matriks polipropilen menjadi lemah. Maka dari itu menyumbang sifat rapuh ke komposit polimer. Pembentukan komposit yang mempunyai ikatan yang buruk dapat bertindak sebagai konsentrator tegangan, yang akibatnya mengurangi kekuatan tarik komposit polipropilen.

#### 4.3 Data Hasil Pengujian Tarik (Tegangan – Regangan)



Gambar 4.2 Grafik Tegangan – Regangan Komposit

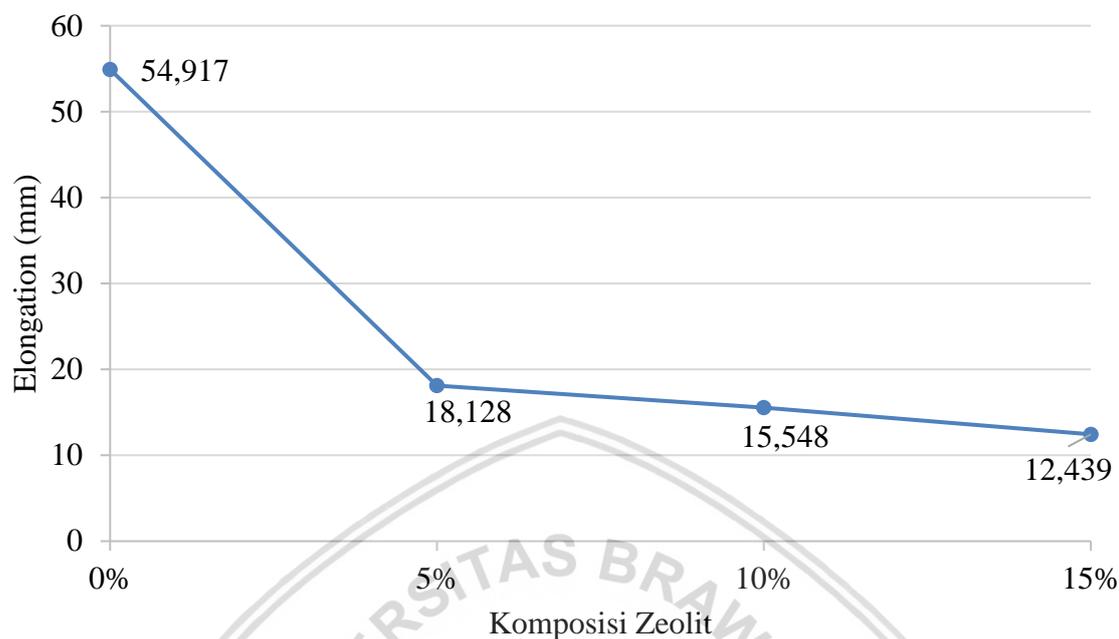
Hubungan antara tegangan dan regangan dengan bermacam – macam variasi. Gambar 4.2 menunjukkan bahwa hubungan tegangan dan regangan dengan variasi persentase berat zeolit yaitu 0% berat zeolit, 5% berat zeolit, 10% berat zeolit dan 20% zeolit. Pada grafik 4.2 dapat diketahui bahwa pada sumbu X merupakan 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 grafik 4.2 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 grafik 4.2 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.

#### 4.4 Analisis Pengaruh Pertambahan Panjang Dengan Persentase Berat Zeolit



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Pertambahan Panjang Dengan Persentase Berat Zeolit

Pada gambar 4.3 dibahas hubungan antara pertambahan panjang spesimen uji dengan persentase berat zeolit. Grafik tersebut menunjukkan kecenderungan turun dengan seiring bertambahnya persentase zeolit. Dari gambar data grafik 4.3 komposisi 0% zeolit dalam komposit polipropilen mempunyai *elongation* paling tinggi yaitu 54,917, komposisi 5% zeolit dengan nilai 18,128, komposisi 10% zeolit dengan nilai 15,548 dan komposisi 15% zeolit dengan nilai terendah yaitu 12,439.

Berdasarkan gambar grafik 4.3 dapat diketahui bahwa dengan adanya penambahan zeolit sebagai pengisi material komposit tersebut mengubah dari sifat dari polipropilen itu sendiri, dimana yang bermula bersifat ulet setelah ditambahkan zeolit menjadi rapuh. Penurunan deformabilitas dari material polipropilen dapat dihubungkan dengan ikatan matrik dengan filler karena dengan semakin banyak penambahan zeolit sebagai pengisi menyebabkan komposit tersebut mempunyai ikatan jenuh yang menyebabkan komposit mempunyai sifat rapuh.

Selain itu, konsentrasi tegangan karena zeolit dalam matriks polipropilen pada umumnya berfungsi untuk pengurangan perpanjangan, akan tetapi dengan penambahan zeolit menyebabkan komposit polimer mengalami kegagalan getas, sehingga mudah pecah pada *elongation* yang relatif rendah. Akibatnya, pada tegangan rendah yang diterapkan atau

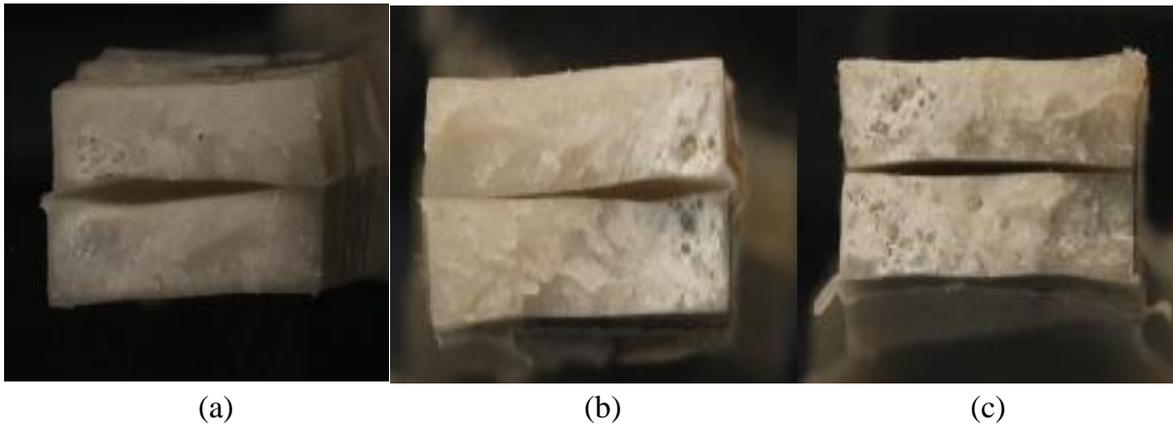
terdapat tegangan terkonsentrasi pada retakan kemudian menjalar, yang akhirnya menyebabkan kegagalan dari komposit polimer. Matriks polimer dengan jumlah titik konsentrasi tegangan yang tinggi mengalami krasing dan tidak dapat menahan pemanjangan sehingga mengurangi deformabilitas atau pemanjangannya pada nilai putus.

#### 4.5 Analisa Patahan Spesimen Uji Tarik



Gambar 4.4 Spesimen Polipropilen Variasi 0% Zeolit

Dari gambar 4.4 diatas dapat diketahui bahwa material cenderung ulet. Spesimen komposit polipropilen dengan variasi 0% zeolit mempunyai bentuk patahan yang sangat ulet. Itu terbukti dari pertambahan panjang yang dihasilkan dari pengujian tarik. Seperti pada dasar teori bahwa material polipropilen mempunyai elastisitas yang tinggi maka dari itu material yang dihasilkan ketika dilakukan pengujian tarik sangat mulur. Ditambah lagi jika dihubungkan dengan tegangan dan regangan maka nilai regangan pada material ini adalah paling besar dikarenakan tidak ada material pengisi yang difungsikan untuk membuat material tersebut getas.



Gambar 4.5 Bentuk Patahan a. Komposisi 5% Zeolit, b. Komposisi 10% Zeolit, c. Komposisi 15% Zeolit

Pada gambar 4.5 diatas komposit polipropilen dengan penambahan zeolit alam sebesar 5%, 10%, dan 15% dihasilkan material yang ulet kemudian sampai ke getas. Untuk spesimen komposit polipropilen dengan persentase 5% berat zeolit dihasilkan patahan yang getas, akan tetapi dengan penambahan pengisi komposit 5% zeolit membuat material pengisi lebih mempunyai ikatan yang baik antara pengisi dengan matrik. Sehingga jika dilihat dari kekuatan tarik material dengan variasi ini mempunyai nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan variasi yang lain.

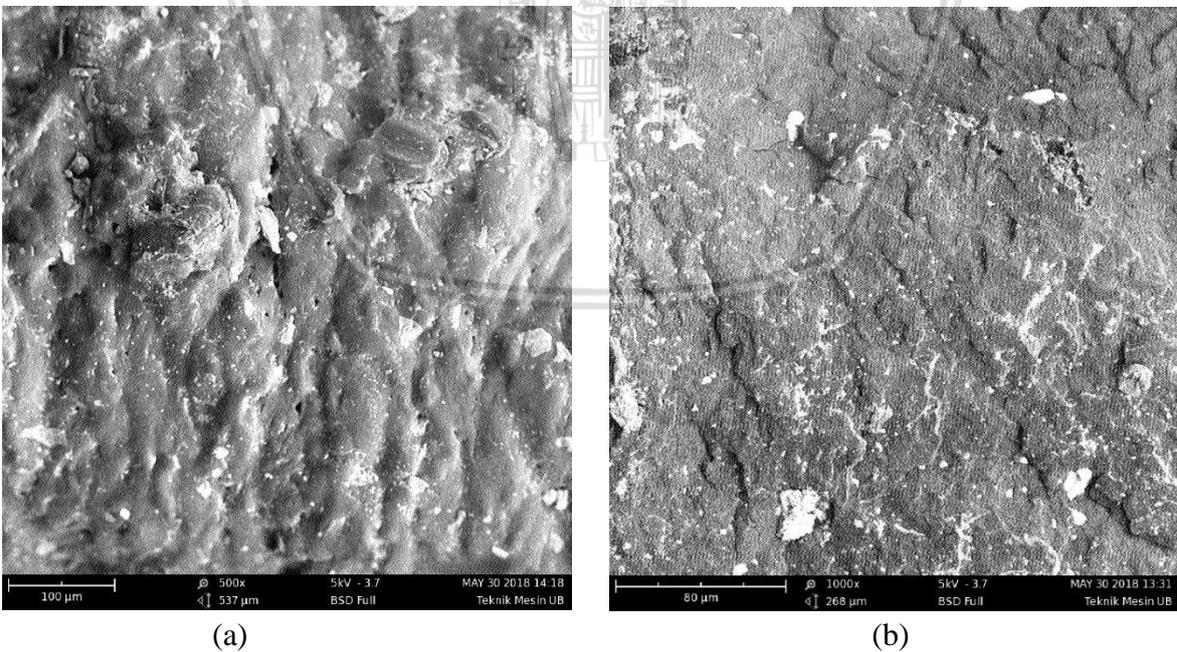
Pada komposit dengan variasi berat 10% dan 15% mempunyai bentuk patahan yang getas, dikarenakan penambahan zeolit dengan variasi tersebut menyebabkan komposit polimer mengalami kegagalan getas. Material pengisi dari komposit tersebut cenderung akan mengalami ikatan yang lemah dengan seiring bertambahnya pengisi, sehingga penambahan pengisi tersebut dapat membuat material pengisi kehilangan fungsi utama sebagai penyerap energi yang diberikan saat pengujian tarik. Maka dari itu material saat diberikan beban tarik menghasilkan retakan, konsentrasi tegangan menjadi tidak merata sehingga menyebabkan patahan getas.

#### 4.6 Analisis Foto SEM (Scanning Electron Microscope )



Gambar 4.6 Struktur Zeolit

Pada gambar 4.6 terdapat foto SEM pada struktur permukaan dari zeolit dengan perbesaran 1000X didapatkan bentuk morfologi permukaan yang kasar.



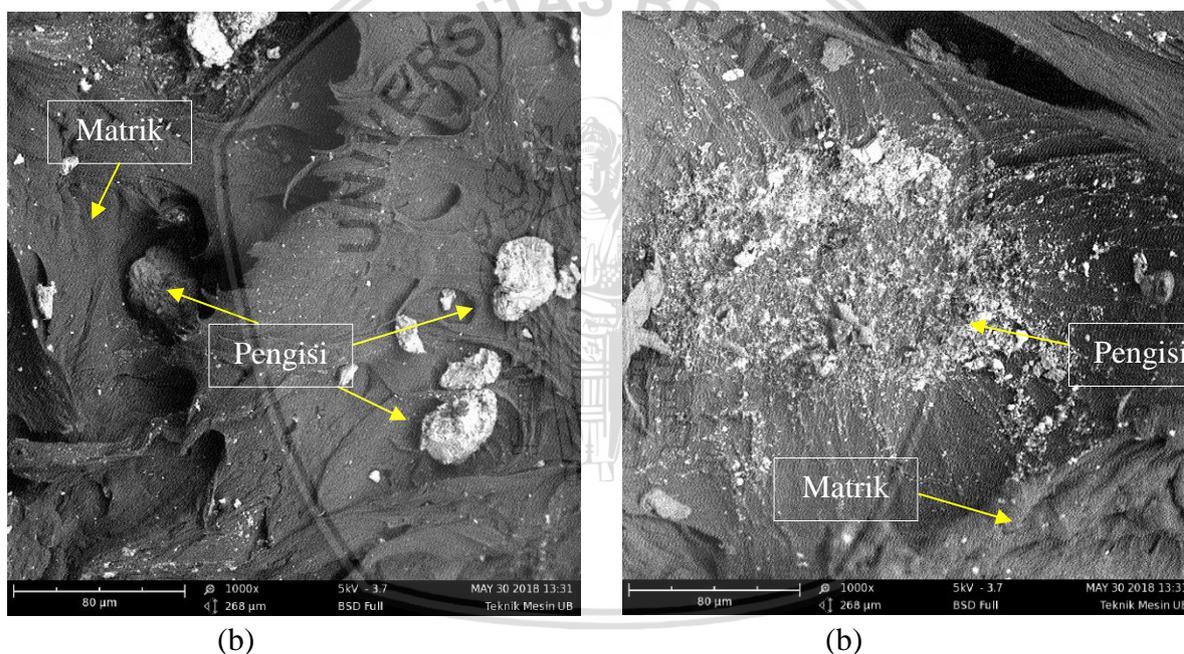
(a)

(b)

Gambar 4.7 Analisa Mikrostruktur Zeolit dengan (a) Komposisi 0% Zeolit, (b) Komposisi 5% Zeolit

Pada analisa mikrostruktur menggunakan metode SEM (Scanning Electron Microscope), dari gambar 4.7 menunjukkan permukaan patahan setelah dilakukan pengujian tarik. Bentuk morfologi pada komposisi 0% zeolit terlihat bahwa patahan yang dihasilkan adalah patahan ulet dikarenakan tidak ada pengisi yang merubah struktur dari variasi tersebut.

Komposisi komposit dengan variasi 5% dapat dilihat ikatan dari pengisi dengan matrik tinggi, sehingga saat diberikan beban tarik saat pengujian menyebabkan tegangan merata pada setiap pengisi yang menyebabkan kekuatan tarik pada spesimen dengan komposisi 5% paling tinggi dibanding dengan variasi yang lainnya. Material pengisi dengan komposisi tersebut menyebabkan ikatan antara matrik dengan pengisi lebih kuat. Dengan demikian beban yang diperlukan untuk memulai patahan menjadi lebih besar, sehingga tegangan yang diserap oleh pengisi menjadi lebih baik.



Gambar 4.8 Analisa Mikrostruktur Zeolit dengan (a) Komposisi Berat 10%, (b) Komposisi Berat 15%

Pada gambar 4.8 menunjukkan foto SEM dari komposit dengan komposisi 10% dan 15%. Pada komposit dengan komposisi 10% dan 15% terdapat penumpukan pengisi, pada penumpukan pengisi ini menjadi titik lemah dari komposit. Karena terjadi penyebaran yang tidak merata menyebabkan gaya adhesi antara dua material yang berbeda menjadi lebih lemah. Ditambah dengan penumpukan material pengisi pada tempat tertentu yang menyebabkan konsentrasi tegangan pada titik tertentu, sehingga beban yang diberikan untuk

mematahkan spesimen menjadi lebih rendah dikarenakan pemusatan tegangan yang terjadi pada material tersebut.

Berbeda dengan komposit dengan komposisi 5%, pada variasi ini tegangan yang dibutuhkan untuk memulai crack lebih besar dikarenakan interface antar matrik dengan pengisi lebih baik sehingga kekuatan tarik material komposit juga tinggi.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 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, ditambah lagi setelah uji SEM terlihat struktur permukaan pada variasi ini terlihat ikatan yang baik antara matrik dengan filler, maka saat diberikan beban tarik pengisi mampu menahan beban yang diberikan sehingga nilai kekuatan tarik paling optimum pada variasi ini. 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, terlihat bahwa struktur permukaan setelah dilakukan uji SEM terjadi penumpukan pengisi yang mengakibatkan terdapat konsentrator tegangan sehingga saat dilakukan pengujian tarik nilainya rendah.

#### 5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya diharap meneliti penyerapan pada komposit dengan matrik polipropilen dan berpengisi zeolit alam.
2. Diharapkan dapat menerapkan aplikasi dari penelitian yang telah dibuat dalam bidang industri polimer.

**DFTAR PUSTAKA**

- Andrea, Dora., Kenyo, Csaba., Renner, Karoly. & Fekete, Erika. (2017). *Interfacial Interactions and Reinforcement in Thermoplastics/Zeolite Composites*. Composites Part B. Vol 114 (386-394).
- ASTM D638-03.2003. *Standard Test Method For Plastics*. ASTM International, west conshohcken, PA.
- Avner, Sidney. (1974). *Introduction to Physical Metallurgy*. Edisi kedua. Amerika Serikat: Mcgraw-Hill Book Company
- Bukit, Nurdin. (2012). *Mechanical and Thermal Properties of Polypropylene Reinforced by Calcined and Uncalcined Zeolite*. Makara (Teknologi). Vol 16 (2).
- 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.
- Callister, William. (1940). *Materials science and engineering*. Edisi Kedelapan. Amerika Serikat: John Wiley & Sons, Inc.
- Chawla, Krishan. (2013). *Composite Materials*. Edisi Ketiga. Brimingham: University of Alabama.
- Dieter, George.1961. *Metallurgy and Metallurgical Series*. Amerika Serikat: Mcgraw-Hill Book Company
- Dur, Sajaratud. (2017). *Pengolahan Zeolit Sebagai Bahan Penguat*. Jurnal Matematika Murni Dan Aplikasi. Vol 1.
- Gibson, Ronald. (2012). *Principles of Composite Materials Mechanics*. Edisi ketiga. Amerika Serikat : Taylor & Francis Group, LLC.
- Groover, Mikell. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing*. Edisi keempat. Amerika Serikat: Lehigh University.
- 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*. Chemistry. Vol 19 (1007-1013).
- Kaw, Autar. (2006). *Mechanic of Composite Material*. Edisi kedua. Amerika Serikat: Taylor & Francis Group, LLC.

- Metin., Tihminlioglu., Balko. (2004). *The Effect of Interfacial Interactions on The Mechanical Properties of Polypropylene/Natural Zeolite Composites*. Composite. Vol 35 (23-32).
- Safari, Hamid., Karevan, Mehdi., Nahvi, Hassan. (2018). *Mechanical characterization of Natural nano-structured zeolite/polyurethane filled 3D woven glass fiber composite sandwich panels*. Polymer Testing. Vol 67 ( 284-294)
- Setiadi, & Pertiwi, Asri. (2007). *Preparasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Untuk Konversi Senyawa Abe Menjadi Hidrokarbon*. Prosiding Konggres Dan Simposium Nasional.
- Singh, Gurjeet. (2016). *A Brief Review on injection moulding manufacturing process*. Science Direct. Vol 4 (1423-1433).
- Siregar, Tiurlina. & Ari, Bambang. (2015). *Pembuatan Material Komposit Polietilen dengan Bahan Pengisi Zeolit Alam*. Jurnal Matematika & Sains. Vol. 20 (1).
- Surdia, Tata. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Indonesia: PT. AKA
- Tarmizi , Danil., Noor, Kartini., & Simamora, Haris. (2014). *Sifat-Sifat Mekanik Komposit Polipropilena Berpengisi Abu Pembakaran Biomassa Kelapa Sawit*. Jurnal Teknik Kimia. Vol 3 (1).
- Wang, Kunjun., Zhiping., Qiao, Zhihua. & Wang, Wenjie. (2010). *The Influence of Modified Zeolites as Nucleating Agents on Crystallization Behavior and Mechanical Properties of Polypropylene*. Materials and Design. Vol. 31 (3904-3809).
- Yuanita, Dewi. (2010). *Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. jurnal Pendidikan Kimia.
- Zaharri, & Othman. (2016). *Optimization of Zeolite as Filler in Polypropylene Composite*. School of Materials & Mineral Resources Engineering.
- Zhang. Xu, et all. (2012). *Synthesis of NaX zeolite: Influence of crystallization time, temperature and batch molar ratio SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on the particulate properties of zeolite crystals*. Powder Technology. Vol. 235 (322-328).