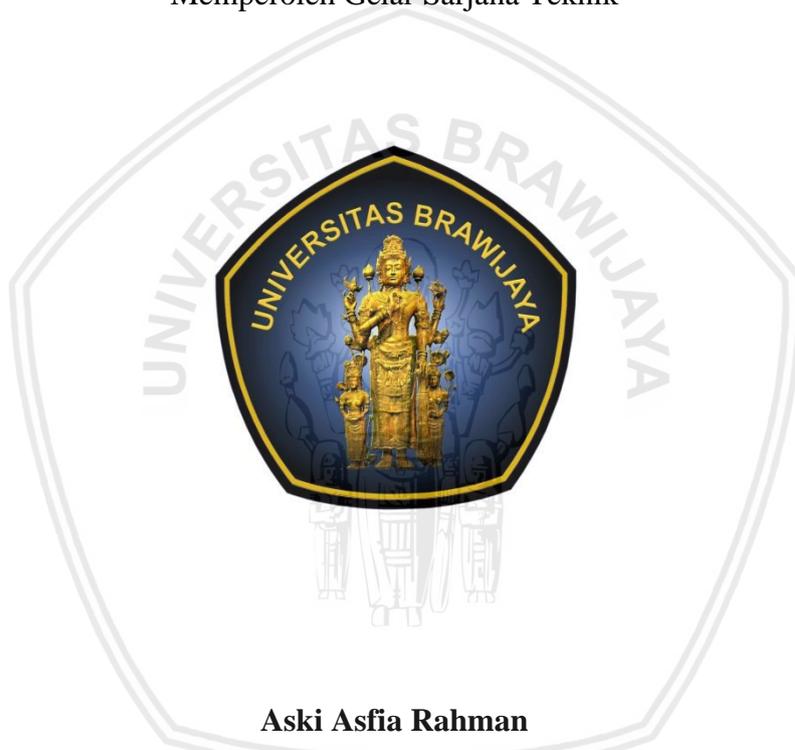


**PENGARUH FRAKSI MASSA DAN UKURAN BUTIR SERBUK ZEOLIT  
TERHADAP KEKUATAN KEJUT PADA KOMPOSIT HIBRID HDPE  
DENGAN ZEOLIT DAN SEKAM PADI**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MATERIAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**Aski Asfia Rahman**  
**NIM. 155060207111002**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**MALANG**  
**2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH FRAKSI MASSA DAN UKURAN BUTIR SERBUK  
ZEOLIT TERHADAP KEKUATAN KEJUT PADA KOMPOSIT  
HIBRID HDPE DENGAN ZEOLIT DAN SEKAM PADI**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MATERIAL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ASKI ASFIA RAHMAN**  
**NIM. 155060207111002**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada  
tanggal 18 Desember 2019

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT.**  
**NIP. 19770806 200312 2 001**

**Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc**  
**NIP. 19490911 198403 1 001**



**Mengetahui,**  
**Ketua Program Studi S1**  
**Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.**  
**NIP. 19740930 200012 1 001**

## IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

### JUDUL SKRIPSI

Pengaruh Fraksi Massa dan Ukuran Butir Serbuk Zeolit Terhadap Kekuatan Kejut pada Komposit Hibrid HDPE dengan Zeolit dan Sekam Padi

Nama Mahasiswa : Aski Asfia Rahman  
NIM : 155060207111002  
Program Studi : Teknik Mesin  
Konsentrasi : Teknik Material

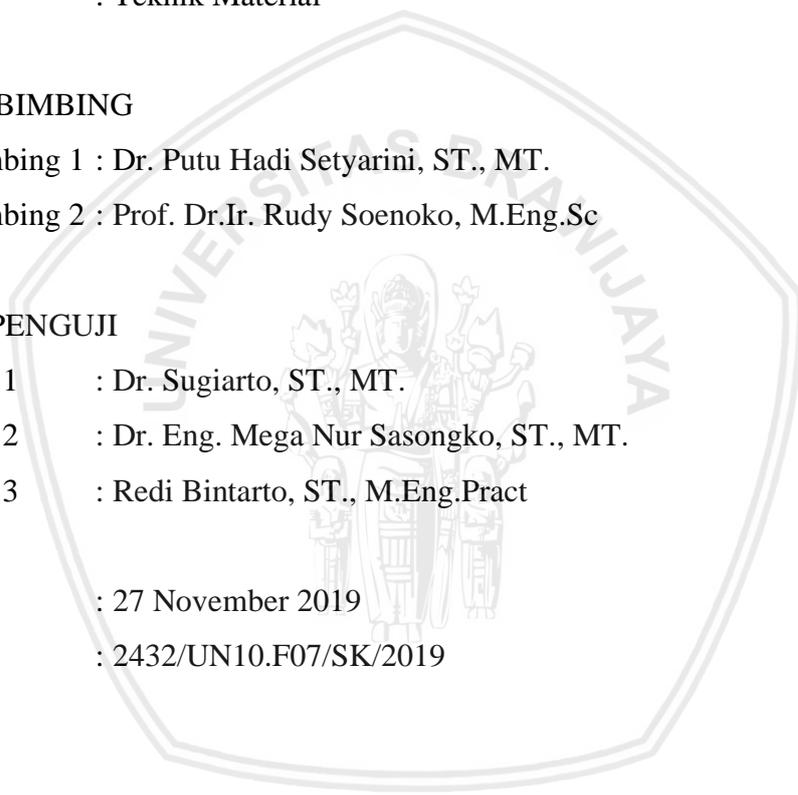
### KOMISI PEMBIMBING

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT.  
Dosen Pembimbing 2 : Prof. Dr.Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc

### TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Sugiarto, ST., MT.  
Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.  
Dosen Penguji 3 : Redi Bintarto, ST., M.Eng.Pract

Tanggal Ujian : 27 November 2019  
SK Penguji : 2432/UN10.F07/SK/2019



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak 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 jiplakan, 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 Desember 2019

Mahasiswa



Aski Asfia Rahman

NIM. 155060207111002





**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM SARJANA**



## **SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : 146/UN10.F07.12.21/PP/2019

Sertifikat ini diberikan kepada :

**ASKI ASFIA RAHMAN**

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH FRAKSI MASSA DAN UKURAN BUTIR SERBUK ZEOLIT  
TERHADAP KEKUATAN KEJUT PADA KOMPOSIT HIBRID HDPE DENGAN  
ZEOLIT DAN SEKAM PADI**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **26 DEC 2019**

Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

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

## PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Fraksi Massa dan Ukuran Butir Serbuk Zeolit Terhadap Kekuatan Kejut pada Komposit Hibrid HDPE Dengan Zeolit dan Sekam Padi”** sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang turut berpartisipasi dalam kelancaran proses penyelesaian laporan ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin serta Bapak Dr. Mega Nur Sasongko, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu kelancaran proses administrasi.
2. Ibu Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan arahan, masukan, motivasi kepada penulis untuk penyusunan dan pengerjaan skripsi.
3. Ibunda Deswita dan kakak Ade Ardiansyah yang selalu memberikan dukungan dan kasih sayangnya serta memanjatkan doa kepada penulis.
4. Teman-teman semasa perkuliahan saya, Nuraini Safitri, Rikky Handoyo, Muhammad Fauzan, Fahrizal Perdana, Zaeri Setiawan serta teman-teman Teknik Mesin 2015 yang selalu menemani dan memberi semangat selama pengerjaan skripsi ini.
5. Keluarga kecil di departemen PSDM, Firhan Rezi, Iqbal Alfawwazi, Putu Tirtha, Dhimas Kaukabi, serta seluruh anggota dan staff BEM Teknik 2018/2019 yang selalu mengingatkan penulis untuk menyelesaikan skripsi tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai setiap saran serta kritik yang membangun demi kesempurnaan dalam penulisan laporan ini.

Malang, 16 Desember 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2 Komposit .....	5
2.2.1 Komponen Penguat Komposit .....	6
2.2.2 Klasifikasi Komposit.....	6
2.2.3 Komposit Hibrid .....	7
2.2.4 Proses Pencampuran Komposit.....	8
2.3 Polimer.....	8
2.3.1 Polimer Termoplastik.....	9
2.3.2 Polimer Termoset.....	11
2.4 Proses Pembentukan Polimer .....	12
2.4.1 <i>Injection Molding</i> .....	13
2.4.2 <i>Blow Molding</i> .....	15
2.4.3 <i>Compression Molding</i> .....	15
2.4.4 <i>Extrusion Molding</i> .....	16
2.4.5 <i>Rotational Molding</i> .....	16
2.4.6 <i>Calendering</i> .....	16
2.5 Zeolit.....	17
2.6 Sekam Padi .....	18
2.7 Komposisi Campuran .....	18

2.8	Serbuk.....	19
2.9	Kekuatan Kejut.....	21
2.10	<i>Charpy Impact Test</i> .....	22
2.11	Hipotesis .....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>25</b>
3.1	Metode Penelitian .....	25
3.2	Tempat Pelaksanaan .....	25
3.3	Variabel Penelitian .....	25
3.3.1	Variabel Bebas .....	25
3.3.2	Variabel Terikat .....	26
3.3.3	Variabel Terkontrol.....	26
3.4	Alat dan Bahan .....	26
3.4.1	Alat Penelitian.....	26
3.4.2	Bahan Penelitian .....	32
3.5	Bentuk dan Dimensi Spesimen.....	33
3.6	Instalasi Alat .....	33
3.7	Proses Pelaksanaan.....	34
3.7.1	Proses Persiapan.....	34
3.7.2	Proses Pembuatan Spesimen.....	34
3.7.3	Proses Pengujian Spesimen.....	35
3.7.4	Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope) .....	35
3.8	Diagram Alir Penelitian.....	36
3.9	Rancangan Tabel dan Grafik Penelitian .....	37
3.9.1	Rancangan Tabel .....	37
3.9.2	Rancangan Grafik.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>39</b>
4.1	Hasil Pengerjaan.....	39
4.2	Data Hasil Pengujian .....	39
4.2.1	Data Hasil Pengujian Impact Material Dasar.....	39
4.2.2	Data Hasil Pengujian Impact Komposit Hibrid .....	40
4.3	Contoh Perhitungan .....	40
4.4	Grafik dan Pembahasan.....	42
4.4.1	Grafik Perbandingan Nilai Kekuatan Impact Material Dasar .....	42

4.4.2 Grafik Pengaruh Ukuran Butir dan Fraksi Volume Pada Serbuk Zeolit pada Komposit Hibrid ..... 44

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**..... 47

5.1 Kesimpulan..... 47

5.2 Saran ..... 47

**DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Konversi Mesh Menjadi Luas Lubang.....	20
Tabel 3.1	Rancangan Tabel Pengaruh Besar Butir Zeolit terhadap Kekuatan Kejut.....	37
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Impact Material Dasar.....	40
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Impact Komposit Hibrid .....	40



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi Komposit .....	7
Gambar 2.2	<i>High density polyethylene</i> .....	11
Gambar 2.3	Mesin <i>injection molding</i> .....	14
Gambar 2.4	Zeolit.....	17
Gambar 2.5	Sekam padi .....	18
Gambar 2.6	<i>Plastics Charpy Impact Test Machine</i> .....	23
Gambar 3.1	Mesin pengguncang rotap.....	26
Gambar 3.2	Timbangan digital.....	27
Gambar 3.3	Moisture Analyzer .....	28
Gambar 3.4	Botol spesimen .....	28
Gambar 3.5	Injection molding machine .....	29
Gambar 3.6	Kompresor .....	30
Gambar 3.7	Cetakan spesimen .....	30
Gambar 3.8	<i>Plastics Charpy impact testing machine</i> .....	31
Gambar 3.9	<i>High density polyethylene</i> .....	32
Gambar 3.10	Sekam padi .....	32
Gambar 3.11	Zeolit.....	33
Gambar 3.12	Spesimen uji <i>impact</i> sesuai dengan ASTM D6110 .....	33
Gambar 3.13	(a)instalasi pembuatan specimen (b)instalasi pengujian kekuatan <i>impact</i> .....	33
Gambar 3.14	Diagram alir penelitian .....	36
Gambar 3.15	Rancangan grafik pengaruh besar butir zeolit terhadap kekuatan kejut... ..	37
Gambar 4.1	Spesimen Penelitian.....	39
Gambar 4.2	Grafik perbandingan nilai kekuatan <i>impact</i> dari material dasar.....	42
Gambar 4.3	Morfologi mikrostruktur pada bagian jauh dari notch (a) HDPE murni, (b) HDPE dengan zeolit wt.5%, (c) HDPE dengan Sekam padi wt.5% .....	43
Gambar 4.4	Grafik pengaruh ukuran butir dan fraksi volume pada serbuk zeolit pada komposit hibrid .....	44
Gambar 4.5	Morfologi mikrostruktur pada material komposit hibrid (a) sample campuran sangat halus bagian acak 95:2:3, (b) sample campuran cukup kasar bagian acak 95:4:1 .....	45
Gambar 4.6	Fenomena penumpukan penguat pada material komposit hibrid sample campuran cukup kasar 95:4:1.....	45

## RINGKASAN

**Aski Asfia Rahman**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, November 2019, *Pengaruh Fraksi Massa Dan Ukuran Butir Serbuk Zeolit Terhadap Kekuatan Kejut Pada Komposit Hibrid Hdpe Dengan Zeolit Dan Sekam Padi*. Dosen Pembimbing: Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT, dan Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.

Biomaterial membutuhkan kekuatan mekanis yang tinggi. Untuk membuat biomaterial yang digunakan lebih kuat digunakan metode komposit atau penggabungan dua material atau lebih. Material yang digunakan ialah *high density polyethylene* (HDPE) kemudian zeolit dan sekam padi. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh fraksi massa campuran komposit dan pengaruh ukuran butir serbuk zeolit terhadap kekuatan kejut pada komposit hibrid hdpe dengan zeolit dan sekam padi sebagai bahan dasar biomaterial. Metode yang digunakan ialah *experimental*. Pembuatan spesimen dilakukan dengan proses *injection molding*, yang mana variabel bebasnya ialah Ukuran butir serbuk zeolit yang berukuran 80 $\mu$ m, 120 $\mu$ m, dan 160 $\mu$ m. Kemudian fraksi massa antara HDPE dengan zeolit dan sekam padi ialah 95:1:4, 95:2:3, 95:3:2, 95:4:1, 95:5:0. Kemudian variabel terkontrolnya menggunakan biji HDPE virgin, lalu sekam padi memiliki kelembaban 0,95%, dan suhu pemanasan *injection molding* 170°C. Hasil dari pengujian ini kemudian dapat dihubungkan dengan kekuatan kejut yang mana semakin kecil ukuran butir maka akan semakin besar nilai kekuatan impactnya, dan juga semakin rata perbandingan campuran komposit juga akan membuat kekuatan impactnya semakin besar.

Kata kunci: komposit, hibrid, HDPE, zeolit, sekam padi, *injection molding*, *impact*

## SUMMARY

**Aski Asfia Rahman**, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, November 2019, *Effect Of Mass Fraction And Zeolite Powder Size on Impact Strength in HDPE Hybrid Composite With Zeolite And Rice Husk*. Academic supervisor: Dr. Putu Hadi Setyarini, ST., MT, and Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.

*Biomaterials require high mechanical strength. To make the biomaterial used more robustly, a composite method or combination of two or more materials is used. The material used is high density polyethylene (HDPE) then zeolite and rice husk. The purpose of this study was to determine the effect of mass mixture composite fraction and the effect of zeolite powder grain size on the shock strength of the hdpe hybrid composite with zeolite and rice husk as a biomaterial base material. The method used is experimental. Specimen preparation is carried out by injection molding process, in which the independent variable is the grain size of zeolite powder which is 80 $\mu$ m, 120 $\mu$ m, and 160 $\mu$ m. Then the mass fraction between HDPE and zeolite and rice husk is 95: 1: 4, 95: 2: 3, 95: 3: 2, 95: 4: 1, 95: 5: 0. Then the controlled variable uses virgin HDPE seeds, then rice husks have 0.95% humidity, and injection molding heating temperature of 170°C. The results of this test can then be related to the impact strength which the smaller the grain size, the greater the impact strength value, and also the more equivalent the composite mixture ratio will also make the impact strength greater.*

*Keywords: composite, hybrid, HDPE, zeolite, rice husk, injection molding, impact*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pada zaman ini pengembangan biomaterial sedang mendapatkan perhatian yang lebih di mata masyarakat. Penggunaan biomaterial menaruh peran penting diantara kehidupan manusia. Hal ini karena penggunaan biomaterial dapat menyelamatkan hidup seorang individu dengan menggantikan bagian tubuh yang rusak dengan sebuah organ baru yang dibuat dari biomaterial ini. World Health Organization (WHO) mencatat pada tahun 2011-2012 terdapat 1,3 juta orang menderita fraktur akibat kecelakaan lalu lintas, dan menggunakan biomaterial untuk menyembuhkannya (WHO, 2012). Namun untuk mendapatkan biomaterial yang baik sangatlah sulit. Hal ini dikarenakan dibutuhkan adanya sifat-sifat penting yang menjadi syarat penggunaan biomaterial. Antara lain biokompatibel, tidak beracun dan bioaktif.

Selain itu dibutuhkan pula sifat mekanik yang bagus untuk mengurangi faktor resiko yang tidak diinginkan, seperti contohnya biomaterial tersebut bergeser pada saat didalam tubuh seseorang. Atau bahkan biomaterial tersebut patah melukai organ yang ada dalam tubuh tersebut. Agar tidak terjadi kegagalan pada saat penggunaan diperlukan adanya perhitungan mengenai seberapa besar biomaterial tersebut dapat menahan gaya kejut. Oleh karena itu kekuatan kejut dari biomaterial yang ingin dihasilkan pun perlu diperhitungkan agar dapat meminimalisir kejadian yang tidak diharapkan.

Sering ditemukan banyak kejadian trauma dan sakit kepala tak tertahankan akibat deformasi atau retaknya biomaterial yang digunakan. Hal ini karena implan biomaterial yang ada untuk rekonstruksi basis tengkorak sebagian besar menggunakan bahan alloplastic, termasuk polietilen, hidroksiapatit, titanium mesh, dan polimetil metakrilat. Yang mana masing-masing memiliki banyak kelemahan. penggunaan PMMA dapat menyebabkan kerusakan jaringan lokal sebagai akibat dari pelepasan panas selama reaksi eksotermik. Hydroxyapatit rapuh dan titanium berat, berbiaya tinggi, memiliki kelenturan yang buruk dan konduktivitas panas yang tinggi. Sedangkan HDPE memiliki kekuatan mekanis rendah dan modulus elastisitas rendah. Untuk mengatasi kelemahan dari biomaterial tersebut diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai bagaimana caranya meningkatkan sifat mekanis dari bahan dasar biomaterial diatas (Purnomo,2016).

Sangat sulit untuk mendapatkan material yang secara langsung dapat digunakan menjadi biomaterial. Disinilah komposit menjadi titik cerah untuk menyelesaikan permasalahan sifat material. Komposit adalah penggabungan dua material yang disusun oleh pengikat dan penguat sehingga membentuk sifat mekanik material yang dapat disesuaikan tanpa menghilangkan sifat-sifat material awalnya, perkembangan ini sangatlah mendorong perkembangan material, oleh karena itu pengembangan material ini terus dilaksanakan karena dengan metode ini kelebihan di tiap material penguat diharapkan dapat menutupi kelemahan dari material pengikatnya.

Dari ilmu komposit tersebut munculah pengembangan ilmu baru yang biasa dikenal dengan istilah komposit hibrid, yaitu ilmu yang mempelajari tentang penggabungan antara sebuah pengikat dengan berbagai macam penguat sehingga menghasilkan sifat material yang memiliki keuntungan dari berbagai macam campuran yang dimiliki. Dengan adanya ilmu ini muncul banyak kemungkinan dan ekspektasi yang diharapkan dapat menjawab permasalahan dan kebutuhan yang nantinya dapat berguna bagi masyarakat.

Material yang biasanya digunakan sebagai pengikat ialah material dari kelas polimer. Dan dalam hal ini material yang paling mudah umum untuk digunakan ialah plastik. Plastik ialah material yang sangat terkenal di pasaran, namun plastik sering dianggap material yang buruk dikarenakan sifat mekaniknya yang lemah. Jika dibandingkan dengan kelas material yang lain, polimer memiliki nilai kekuatan yang sangat rendah. Plastik memiliki kekerasan yang kecil. Namun disisi lain, plastik sendiri ialah material yang sangat ulet. Dan plastik merupakan material yang mudah untuk diolah dan juga material yang mudah untuk berikatan dengan material lainnya.

Material yang sangat cocok untuk dijadikan *filler* ialah zeolit. Walaupun mudah ditemukan, zeolit memiliki banyak manfaat ketika ia digunakan sebagai penguat pada material komposit. Zeolit adalah bahan berbasis keramik yang terdiri dari elemen silika dan alumina yang dikenal sebagai kekuatan mekanik yang tinggi dan bahan anti aus. Zeolit dapat menambahkan kekuatan pada suatu material sehingga material tersebut akan bertambah kuat. Hal ini semakin menambah nilai guna zeolit sebagai filler untuk pembuatan biomaterial. Dari berbagai penelitian sebelumnya didapatkan bahwa penambahan zeolit sebanyak 5% dapat meningkatkan kekuatan kejut sebesar 6%. Hal ini disebabkan oleh kekuatan intermolekuler yang terdapat di zeolit yang sangat kuat sehingga dapat menahan gaya yang lebih besar (Purnomo, 2016).

Kemudian penambahan sekam padi sebagai filler pada polimer matriks komposit akan memperkuat kekuatan impak. Hal ini dikarenakan sekam padi merupakan suatu material

organik yang terdiri dari banyak lignoselulosa. Bahan lignoselulosa sendiri membuat material memiliki kekuatan kejut yang tinggi. Sehingga material akan lebih tahan akan deformasi yang ada. Dapat diketahui bahwa penambahan sekam padi sebagai filler juga dapat meningkatkan nilai kekuatan kejut sebesar 8%. Sehingga hal ini sangat mendukung sekam padi untuk digunakan sebagai filler pada komposit ini (Fathanah, 2011).

Namun tidak dapat dipungkiri bahwa terkadang komposit memiliki perbedaan dari nilai kekuatan mekanik yang dihasilkan. Hal ini terjadi secara mikroskopis dimana bagian kecil dari pengikat tidak sepenuhnya mengikat penguat yang dicampurkan. Kejadian seperti ini biasa dinamakan *void* dalam campuran komposit. *Void* ini sendiri biasanya terjadi akibat adanya hambatan dari susunan penguat yang berdempetan sehingga pengikat tidak dapat mempenetrasi masuk dan menyebabkan kekosongan antar penguat yang berdempetan tersebut. Oleh karena itu ukuran butir juga memiliki sedikit faktor dalam menentukan nilai kekuatan mekanik dari campuran komposit.

Dari berbagai macam-macam kebutuhan yang telah dijelaskan diatas, muncul sebuah dasar pemikiran untuk melaksanakan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran butir serbuk zeolit terhadap kekuatan kejut pada komposit hibrid hdpe dengan zeolit dan sekam padi. Sehingga kedepannya penggunaan komposit hibrid ini dapat membantu masyarakat dalam kegunaannya sebagai bahan dasar dari biomaterial yang memiliki kekuatan fisik dan mekanik yang lebih baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang didapatkan rumusan masalah untuk penelitian ini ialah pengaruh fraksi massa dan ukuran butir serbuk zeolit terhadap kekuatan kejut pada komposit hibrid hdpe dengan zeolit dan sekam padi sebagai bahan dasar biomaterial.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar lebih terarah, maka dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan adanya batasan-batasan masalah sebagai berikut.

1. Komposit hibrid yang digunakan ialah tipe partikulat dan serat diskontinyu acak
2. Ukuran butir yang diperhatikan hanya pada material zeolit, ukuran sekam padi yang disiapkan dianggap homogen setelah dihaluskan sedemikian rupa.
3. Proses pembuatan spesimen dilakukan pada suhu dan kelembaban dianggap konstan dan tidak berdampak pada spesimen

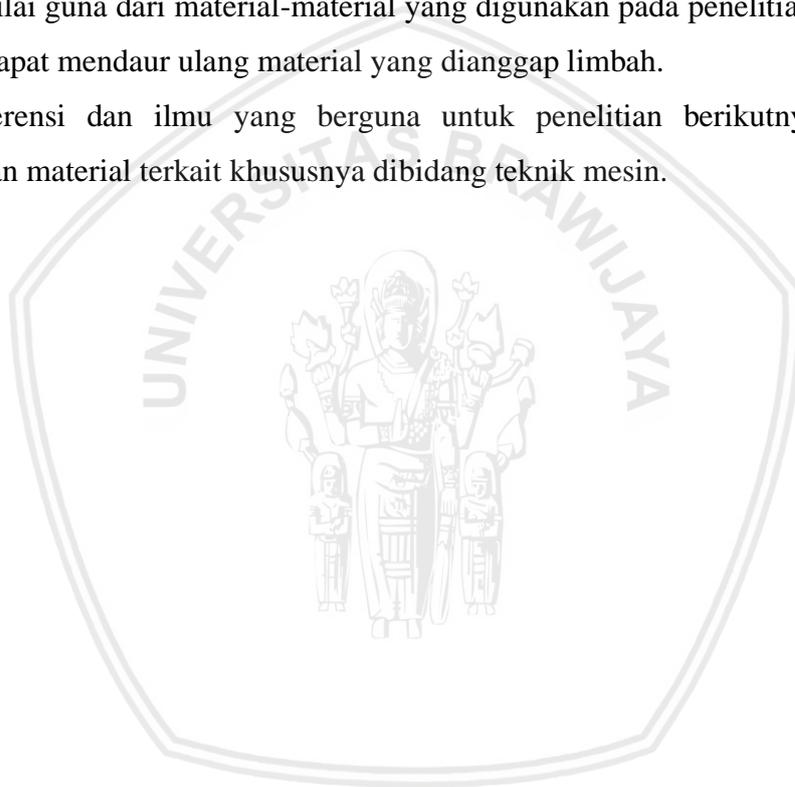
#### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa dan ukuran butir serbuk zeolit terhadap kekuatan kejut pada komposit hibrid hdpe dengan zeolit dan sekam padi sebagai bahan dasar biomaterial.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan manfaat berupa:

1. Memberikan suatu gambaran mengenai perubahan sifat atau karakteristik material terhadap penambahan serbuk zeolit dan sekam padi.
2. Menaikkan nilai guna dari material-material yang digunakan pada penelitian, sehingga masyarakat dapat mendaur ulang material yang dianggap limbah.
3. Menjadi referensi dan ilmu yang berguna untuk penelitian berikutnya maupun pengaplikasian material terkait khususnya dibidang teknik mesin.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Siregar (2014) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa penambahan zeolit sebagai *filler* akan meningkatkan sifat mekanik dari komposit tersebut. Pada penelitian ini pun ditunjukkan bahwa penambahan zeolit sebagai *filler* dapat membuat material tidak mudah terdegrasi. Hal ini diakibatkan makin banyak ikatan atom yang terjadi pada komposit sehingga material lebih sulit untuk terdegradasi.

Fathanah (2011) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa terjadi peningkatan nilai keuletan pada komposit yang dihasilkan dengan penambahan *filler* dari sekam padi yang digunakan. Sehingga menjadikan sekam padi cocok untuk menjadi campuran bagi komposit yang ingin digunakan.

Purnomo (2016) dalam penelitiannya menjelaskan penambahan zeolit pada material HDPE meningkatkan nilai ketangguhan, namun setelah kandungan zeolit melebihi 5% nilai ketangguhan tersebut cenderung menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak partikel yang tidak berikatan yang diakibatkan oleh terputusnya ikatan pengikat karena terhalang oleh penguat.

Mufidun (2016) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa terjadi peningkatan nilai kekuatan tarik dan lentur dari papan komposit berdasarkan semakin kecil ukuran serbuk. Hal ini dikarenakan filler tersebut dapat mengurangi rongga kosong yang terdapat pada papan komposit pada ukuran mikro.

### 2.2 Komposit

Komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* ini berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi definisi komposit dalam lingkup ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat dengan kualitas unggul dan rentang hidup yang panjang.

Sifat komposit bahan sangat dipengaruhi oleh sifat dan distribusi unsur penyusunnya, serta interaksi antara keduanya. Parameter yang lain yaitu bentuk, ukuran orientasi dan

distribusi dari penguat dan sifat – sifat matriksnya (Kartini, 2002). Kekuatan yang lebih tinggi, bobot yang lebih rendah dan lebih sedikit perawatan telah menyebabkan banyak aplikasi teknik,

Secara umum, tiga jenis bahan komposit dikembangkan dan digunakan secara luas dalam berbagai jenis aplikasi teknik: komposit polimer-matriks (PMC), komposit logam-matriks (MMC), dan komposit matriks-keramik (CMC). Pada penelitian ini kita akan lebih terfokus kepada polimer matriks komposit (PMC).

### 2.2.1 Komponen Penguat Komposit

Komposit terdiri dari dua penyusun, yaitu pengikat (*Matrix*) dan penguat (*Filler*).

#### 1. *Matrix*

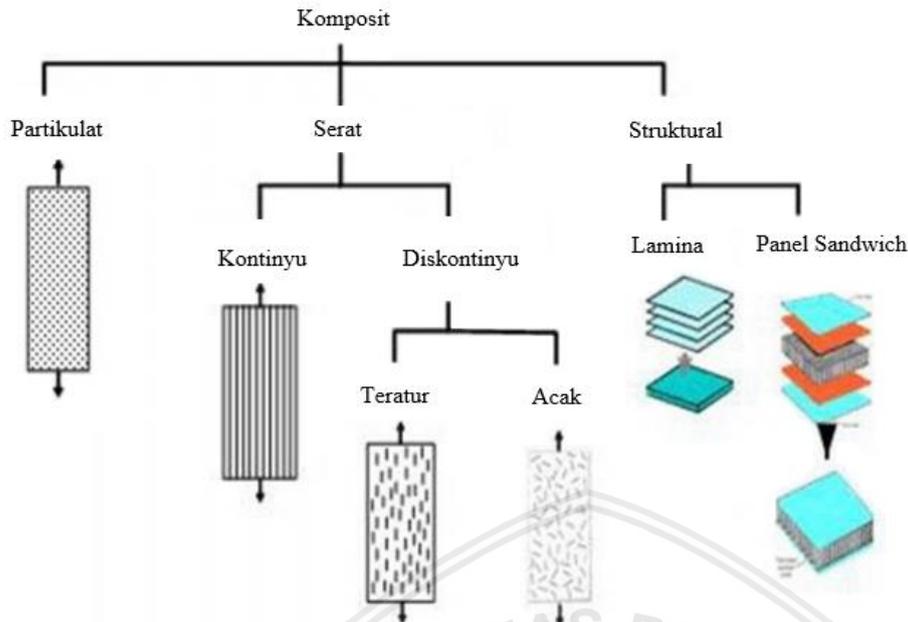
*Matrix* adalah komponen penyusun dengan fraksi volume terbesar. Matrik berfungsi melindungi serat dari pengaruh lingkungan (Temperatur, kelembaman, reaksi kimia) dan kerusakan akibat benturan (*impact*), pendukung dan menginfiltrasi, transfer beban antar sekat, dan perekat yang serat yang stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur.

#### 2. *Filler*

*Filler* adalah komponen yang dilingkupi oleh matriks, berfungsi sebagai penahan beban utama. *Filler* ini dapat berupa partikel atau serat. Suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang, yang berfungsi memperkuat matrik disebut serat. Serat dapat diperoleh secara alami maupun sintesis. Serat alami yang diperoleh dari tumbuhan-tumbuhan, hewan dan proses geologis. Sedangkan serat sintesis adalah serat buatan manusia yang berasal dari bahan petrokimia seperti polimida, poliester, fenol-formaldehid, alkohol (PVOH), polvinil klorida (PVC) dan poliolefin.

### 2.2.2 Klasifikasi Komposit

Klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguatnya dibagi menjadi 3 yaitu *particulate composite*, *fiber composite*, dan *structural composite*. *Particulate composite* (komposit partikulat) merupakan komposit yang menggunakan partikel serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya, terdiri dari partikel besar dan penguat dispersi atau *fiber composite* (komposit serat) adalah komposit yang terdiri dari kontinu dan diskoninyu (terikat dan acak). Sedangkan *structural composite* adalah komposit yang terdiri dari lamina dan panel sandwich sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi komposit  
Sumber: Callister (2007:579)

### 2.2.3 Komposit Hibrid

Komposit hibrid ialah komposit yang terdiri dari gabungan 2 atau lebih penguat dan pengikat yang membentuk satu kesatuan struktur dalam skala makroskopik. Komposit hibrid dapat berupa gabungan dari berbagai jenis bahan penguat yang digabung dalam satu matriks seperti penggabungan dua serbuk yang berbeda materialnya, bahkan juga dapat dikombinasikan seperti serbuk dengan serat yang digabung dalam satu matriks. Sehingga memungkinkan juga terjadinya interaksi maupun proses penguatan yang lebih kompleks, baik terhadap matriks itu sendiri maupun kepada penguat lain dalam satu matriks tersebut. Pada komposit hibrid, perubahan signifikan akan sangat terlihat ketika material komposit tersebut dilakukan pembebanan. Kerusakan pada komposit hibrid ini biasanya terjadi secara bertahap (*noncatastrophic*).

Efek hibrid menentukan apakah campuran serbuk penguat yang dipilih sesuai dengan jenis matriks yang dipergunakan dalam pembuatan komposit hibrid. Efek hibrid positif berarti penggabungan kedua jenis serbuk pada masing-masing fraksi massa memberikan pengaruh pada sifat mekanik dan campuran serbuk yang dipilih sesuai dengan jenis matriks yang dipilih tidak memberikan pengaruh pada sifat mekanik. Terdapat kecenderungan hanya satu jenis serbuk saja yang dominan memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik.

### 2.2.4 Proses Pencampuran Komposit

Proses pencampuran komposit yang biasa digunakan ada 4, yakni:

1. Pencampuran Fasa Padat

Proses ini ialah proses pencampuran dimana matriks dan penguat masih dalam keadaan padat kemudian ditekan dalam keadaan panas.

2. Pencampuran Fasa Cair

Proses ini ialah proses pencampuran dimana penguat masih dalam keadaan padat, namun matriksnya sudah berada dalam keadaan cair, yang kemudian kedua material dicampur dan diaduk sampai merata.

3. *Deposition*

Proses ini ialah proses pencampuran dimana penguat disemprotkan kebagian matriks yang sudah berbentuk cair.

4. Proses *In-Situ*

Proses ini ialah proses pencampuran dimana matriks dan penguat masih dalam keadaan padat kemudian dicampurkan dengan menggunakan kumparan induksi yang bergerak pada tempat tertentu.

### 2.3 Polimer

Polimer adalah rantai panjang atom monomer yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau “monomer”. Pakar ilmu material, Van vlack (1889) berpendapat polimer dihasilkan melalui penggabungan banyak unit tunggal (monomer) menjadi satu rantai molekuler (Djaprie, 2004:32).

Plastik merupakan polimer bercabang atau linier yang dapat dilelehkan diatas panas penggunaannya. Plastik dapat dicetak (dan dicetak ulang) sesuai dengan bentuk yang diinginkan dan yang dibutuhkan dengan menggunakan proses *injection molding*. Plastik merupakan material non metalik sintetik yang dapat dibentuk dengan menggunakan casting, *moulding*, atau *extruding* dan mungkin juga bisa dikeraskan untuk mempertahankan bentuk yang diinginkan. Yang termasuk dalam kategori plastik adalah karet sintetik, keramik, dan gelas. Plastik diperoleh melalui proses sintesis dari berbagai bahan mentah yaitu minyak bumi, gas bumi, dan batu bara. Plastik juga dapat dinamakan bahan organik terdiri dari persenyawaan karbon, kecuali plastik silikon yang mengandung silisium sebagai pengganti karbon (silisium secara kimiawi mirip dengan karbon). Plastik juga disebut bahan berstruktur mikromolekuler karena bahan tersebut terdiri dari molekul-molekul yang besar (makro).

Plastik pada umumnya mempunyai kelebihan-kelebihan sebagai berikut ringan, harga murah, tahan terhadap bahan kimiadan kelembaman, tahan terhadap gesekan, tahan karat, keras dan kuat, dapat berfungsi sebagai insulator baik kimia maupun listrik, mudah dibentuk dan di *machining*.

Macam-macam polimer secara garis besar plastik dapat dikategorikan menjadi 2, yaitu polimer termoplastik dan polimer thermoset. Polimer termoplastik adalah polimer yang tidak mengalami perubahan kimia pada proses pembentukan dan dapat melunak dengan pemanasan yang kemudian menjadi polimer lagi. Polimer thermoset adalah polimer dimana dapat berubah menjadi produk yang tidak dapat mencair dengan temperatur ataupun kimia. Polimer tipe ini sekali dibentuk dibawah tekanan pada temperature 250°F - 500°F akan tetap tidak dapat menjadi lunak atau mencair, dan menjadi terbakar pada temperatur tinggi (Surono, 2016).

### 2.3.1 Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik mempunyai susunan molekul benang acak dan tanpa ikatan. Molekul-molekul makro bersatu karena adanya gaya yang berasal dari gesekan dan belitan antar molekul. Polimer semacam ini sangat mudah mengalami deformasi (perubahan bentuk) apabila terkena gaya yang relatif kecil karena posisi-posisi molekul mudah bergeser. Susunan molekul yang semula seperti benang ruwet apabila terkena gaya akan berubah secara teratur (searah dengan gaya). Pada temperatur ruang, gaya lekat antar molekul ini relatif besar, artinya plastik (termoplastik) keras. Dengan naiknya temperatur maka berkuranglah gaya lekat antar molekul, belitan molekul mengendorkan dari plastis menjadi elastis. Apabila dipanaskan lebih lanjut maka molekul-molekul makro akan mudah bergerak, artinya plastiknya menjadi lunak dan akhirnya mencair. Pada proses pendinginan polimer yang mula-mula dalam keadaan cair melalui tahap lunak dan elastik menjadi material keras. Perubahan keadaan ini dapat diulangi tanpa batas. Berdasarkan sifat mampu diubah melalui pemanasan tersebut, jenis plastik ini dinamakan dengan termoplastik. Ketahanan polimer terhadap perubahan suhu bila meleleh pada suhu tertentu melekat mengikuti perubahan suhu, bersifat *reversible* (dapat kembali ke bentuk semula atau mengeras bila didinginkan). Beberapa macam polimer termoplastik adalah:

1. Polikarbonat

Mempunyai kekuatan impact yang tinggi, kekakuan yang tinggi, kondisi dimensi yang stabil dan tahan terhadap retakan, serta kemampuan yang rendah dalam menyerap air.

## 2. Polistirena

Merupakan material yang transparan. Resin ini banyak digunakan dalam bidang kelistrikan, kurang sensitif terhadap air, tahan terhadap distorsi, dan mempunyai kekuatan *impact* yang terbatas.

## 3. *Polyvinyl* dan *Vinyl Copolymers*

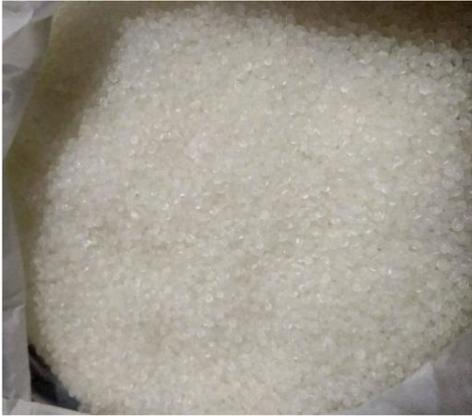
*Polyvinyl* mempunyai kegunaan yang sangat banyak dalam kehidupan sehari-hari, karena dia memiliki keuntungan yang sangat banyak. Secara garis besar material ini tidak sensitive terhadap air dan temperatur yang rendah, tahan terhadap pengikisan, dan mempunyai warna yang tidak terbatas, selain itu juga tidak mengandung bahan kimia.

## 4. Polietilen

Polietilen adalah bahan termoplastik yang transparan, berwarna putih yang mempunyai titik leleh bervariasi antara 110-137°C. Secara umum polietilen dapat dibedakan menjadi 3 yaitu: *low density*, *intermediate*, dan *high density*. Polietilen terdiri dari berbagai jenis berdasarkan kepadatan dan percabangan molekul. Sifat mekanis dari polietilen bergantung pada tipe percabangan, struktur kristal, dan berat molekulnya. Hampir setiap polietilen bersifat resisten terhadap zat kimia. Pada suhu kamar, polietilen tidak larut dalam pelarut organik dan anorganik.

*High Density Polyethylene* (HDPE) dalam Gambar 2.2 merupakan salah satu jenis plastik *polyethylene*. HDPE dicirikan dengan densitas yang melebihi atau sama dengan 0.941 g/cm<sup>3</sup>. HDPE memiliki derajat rendah dalam percabangannya dan memiliki kekuatan antar molekul yang sangat tinggi dan kekuatan tensil.

*High Density Polyethylene* (HDPE) merupakan salah satu jenis polimer dengan kerapatan tinggi bersifat fleksibel, tahan benturan, tahan suhu rendah, bahkan tahan suhu air beku yang potensial sebagai kandidat matriks pada pembuatan komposit pengganti tulang. Selain itu, HDPE tahan terhadap bahan kimia dan harganya yang ekonomis (Sulistioso, 2015). HDPE bisa diproduksi dengan katalis kromium/silika, katalis Ziegler-Natta, atau katalis *metallocene*. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi.



Gambar 2.2 High density polyethylene

#### 5. Polipropilena

Polipropilena adalah sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil, alat tulis, berbagai tipe wadah terpakaikan ulang serta bagian plastik, perlengkapan labolatorium dan komponen otomotif.

#### 6. ABS

Penamaan ABS didasari pada 3 monomer untuk memproduksi 1 polimer, yaitu *acrylonitrile*, *butadiene*, dan *styrene*. Sifat-sifatnya adalah tahan terhadap kimia, mempunyai umur yang lama, ketangguhan dan kekuatan terhadap *impact* yang tinggi.

### 2.3.2 Polimer Termoset

Thermoset atau termodursisabel, jenis polimer ini tidak dapat mengikuti perubahan suhu (tidak *reversible*). Sehingga bila pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan dengan suhu tinggi tidak akan melunakkan jenis plastik ini melainkan akan membentuk arang dan terurai. Karena sifat termoset yang demikian maka bahan ini banyak digunakan sebagai tutup ketel. Berikut ialah macam-macam plastik termoset, yaitu:

#### 1. *Phenol Formaldehyde*

*Phenol formaldehyde* stabil hingga suhu 150°C dan merupakan isolator yang baik terhadap listrik dan produk yang baik digunakan untuk komponen elektrik, komponen plastik dalam kendaraan dan telepon.

## 2. Poliester

Poliesters adalah jenis plastik thermoset yang sangat keras dan kuat, dengan berat molekul yang besar. Kegunaan utama adalah untuk komponen plastik dalam kendaraan dan kipas.

## 3. Epoxies

*Epoxies* digunakan sebagai pelekat karena sifatnya yang mudah melekat pada kebanyakan bahan.

## 4. Silikon

Silikon dapat digunakan setelah diperkuat dengan serabut kaca dan suhu tinggi. Silicones dapat digunakan pada suhu 200°C bahkan dapat digunakan hingga hingga 800°C.

Banyak kesamaan antara proses pembentukan logam dengan proses pembentukan polimer. Fabrikasi material polimer umumnya dilakukan pada suhu tinggi dan dengan aplikasi tekanan. Tekanan harus diberikan ketika produk didinginkan agar bentuknya dapat dipertahankan. Untuk fabrikasi dengan bahan termoplastik salah satu faktor ekonomis adalah kemampuannya untuk didaur ulang. Fabrikasi dengan bahan thermoset biasanya dapat dikeluarkan dari cetakan saat masih panas karena dimensinya sudah stabil. Polimer thermoset tidak dapat didaur ulang, tidak dapat mencair, selain lebih tahan terhadap kimiawi dan terhadap suhu yang tinggi.

## 2.4 Proses Pembentukan Polimer

Berdasarkan Material yang digunakannya proses pembentukan polimer dapat dibedakan atas beberapa jenis, hal ini sesuai dengan karakteristik pembentukan yang dilakukan oleh metode tersebut (Hartomo, 1993), contohnya ada 6 metode, yaitu:

1. *Injection Molding*
2. *Blowing molding.*
3. *Compression molding.*
4. *Extrusion molding.*
5. *Rotational molding.*
6. *Calendering*

### 2.4.1 Injection Molding

*Injection molding* pada polimer identik pengecoran bertekanan pada logam dan merupakan salah satu teknik pembentukan polimer yang banyak digunakan. Untuk termoplastik waktu satu siklus proses *injection molding* singkat (sekitar 1 sampai 2 menit) karena produk langsung membeku setelah diinjeksikan ke dalam cetakan. Sementara, untuk thermoset waktu yang dibutuhkan agak lama karena pemanasan terjadi selama material berada dalam tekanan cetakan yang bersuhu tinggi.

Untuk memperoleh benda cetak dengan kualitas hasil yang optimal, perlu mengatur beberapa parameter yang mempengaruhi jalannya proses produksi tersebut. Parameter-parameter suatu proses tentu saja ada yang berperan sedikit dan adapula yang mempunyai peran yang signifikan dalam mempengaruhi hasil produksi yang diinginkan. Biasanya orang perlu melakukan beberapa kali percobaan hingga ditemukan parameter-parameter apa saja yang cukup berpengaruh terhadap produk akhir benda cetak. (Firdaus, 2002)

Adapun parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metoda *injection molding* adalah: (Rosato, 2000)

- Temperatur leleh (melt temperature)  
Adalah batas temperatur dimana bahan plastik mulai meleleh jika diberikan energi panas.
- Batas tekanan (pressure limit)  
Adalah batas tekanan udara yang perlu diberikan untuk menggerakkan piston guna menekan bahan plastik yang telah dilelehkan. Terlalu rendah tekanan, maka bahan plastik kemungkinan tidak akan terinjeksi ke dalam cetakan. Akan tetapi jika tekanan udara terlalu tinggi dapat mengakibatkan tersemburnya bahan plastik dari dalam cetakan dan hal ini akan berakibat proses produksi menjadi tidak efisien.
- Waktu penahanan (holding time)  
Adalah waktu yang diukur dari saat temperatur leleh yang di-set telah tercapai hingga keseluruhan bahan plastik yang ada dalam tabung pemanas benar-benar telah meleleh semuanya. Hal ini dikarenakan sifat rambatan panas yang memerlukan waktu untuk merambat ke seluruh bagian yang ingin dipanaskan. Dikhawatirkan jika waktu tahan ini terlalu cepat maka sebagian bahan plastik dalam tabung pemanas belum meleleh semuanya, sehingga akan mempersulit jalannya aliran bahan plastik dari dalam nozzle.

- Waktu penekanan (holding pressure)

Adalah durasi atau lamanya waktu yang diperlukan untuk memberikan tekanan pada piston yang mendorong plastik yang telah meleleh. Pengaturan waktu penekanan bertujuan untuk meyakinkan bahwa bahan plastik telah benar-benar mengisi ke seluruh rongga cetak. Oleh karenanya waktu penekanan ini sangat tergantung dengan besar kecilnya dimensi cetakan (mold). Makin besar ukuran cetakan makin lama waktu penekan yang diperlukan.

- Temperatur cetakan (mould temperature)

Yaitu temperatur pemanasan awal cetakan sebelum dituangi bahan plastik yang meleleh.

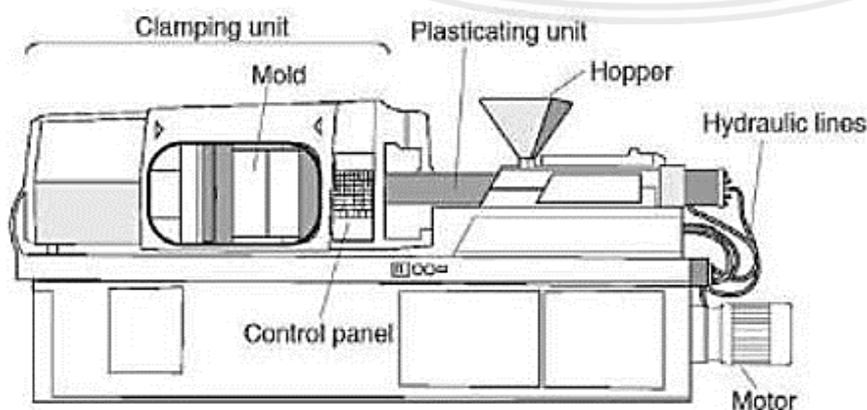
- Kecepatan injeksi (injection rate)

Yaitu kecepatan lajunya bahan plastik yang telah meleleh keluar dari nozzle untuk mengisi rongga cetak. Untuk mesin-mesin injeksi tertentu kecepatan ini dapat terukur, tetapi untuk mesin-mesin injeksi sederhana kadang-kadang tidak dilengkapi dengan pengukur kecepatan ini.

- Ketebalan dinding cetakan (wall thickness )

Menyangkut desain secara keseluruhan dari cetakan (moulding). Semakin tebal dinding cetakan, semakin besar kemungkinan untuk terjadinya cacat shrinkage.

Produk-produk yang dihasilkan melalui proses mesin *injection molding* pada Gambar 2.3 meliputi produk yang berukuran besar hingga berukuran cukup kecil demikian juga produk yang sederhana hingga sangat rumit. Contoh produk yang dihasilkan melalui proses *injection molding* diantaranya peralatan rumah tangga, bungkus makanan dan minuman, *body* kendaraan, dan helm.



Gambar 2.3 Mesin *injection molding*  
Sumber: Sendi (2012)

### **2.4.2 Blow Molding**

Blow molding merupakan suatu metode mencetak benda kerja berongga dengan cara meniupkan atau menghembuskan udara kedalam material/bahan yang menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan mold yang tidak menggunakan inti (core) sebagai pembentuk rongga tersebut. Digunakan untuk membuat barang termoplastik lengkung – cembung, misalnya botol. Dikenal 2 macam blow molding, yaitu : ekstrusi dan injeksi (Hartomo, 1993).

Blow molding ekstrusi terdiri dari pelelehan resin, membentuk hollow tube, kemudian ditiup. Ketiga tahap itu berjalan serentak. Segera dilontarkan bila sudah dingin, seraya dibuang potongan sisa di mulut botol. Biasanya cetakan bergerak relative terhadap diena. Ada juga yang cetakannya tetap, hollow tube dipotong dan dipindah ke cetakan oleh robot (Hartomo, 1993, hal 13).

Blow molding injeksi dipakai untuk membuat wadah kecil di bawah 3 liter. Tahap cetak injeksinya dapat pada mesin terpisah atau pada satu mesin terpadu (Hartomo, 1993).

### **2.4.3 Compression Molding**

Compression molding (thermoforming) merupakan metode mold plastic dimana material plastik (compound plastic) diletakan ke dalam mold yang dipanaskan kemudian setelah material tersebut menjadi lunak dan bersifat plastis, maka bagian atas dari die atau mold akan bergerak turun menekan material menjadi bentuk yang diinginkan. Apabila panas dan tekanan yang ada diteruskan, maka akan menghasilkan reaksi kimia yang dapat mengeraskan material thermoplastik tersebut (Hartomo, 1993)

Ada dua cara pokok thermoforming, yaitu forming vakum dan forming tekanan. Forming vakum adalah metode yang menjadikan bahan termoplastik berupa lembaran lalu dipanaskan lalu dibentuk dengan mengurangi tekanan udara, di anratanya dengan cetakan. Pemanas didekatkan hingga plastic melunak, lalu pemanas dijauhkan, dilakukan vakum. Salah satu daya tarik vakum adalah tidak diperlukannya tekanan tinggi sehingga cetakan tidak usah kuat. Aluminium bisa digunakan pada proses ini karena mudah dibentuk dan daya hantar panas baik.

Forming tekanan serupa dengan yang vakum, hanya saja bukan vakum di bawah lembaran, melainkan tekanan di atas lembaran yang digunakan.

#### 2.4.4 *Extrusion Molding*

Extrusion molding suatu proses pembentukan plastic secara continue yang menggunakan mesin ekstruder dan material yang akan dibentuk akan berupa bentukan profil tertentu yang panjang, seperti pipa, batang, lembaran, film, filament, pelapis kabel listrik, dll. Plastic berbentuk butiran atau bubuk dimasukkan lewat corong, didorong ke screw baja. Dialirkan ke sepanjang barrel dan dipanaskan. Kedalaman lekukan screw semakin berkurang untuk memadatkan bahannya. Pada ujung ekstruder, lelehan melalui die, menghasilkan ekstrudat dengan bentuk sesuai yang dikehendaki. Screw yang sesuai untuk mengekstrusi kebanyakan termoplastik digerakkan oleh motor listrik lewat roda gigi. (Hartomo, 1993)

Kebanyakan die didesain berdasarkan pengalaman agar memberikan bentuk sesuai, kemudian diikuti dengan unit – unit sizing yang menyempurnakan bentuk ekstrudat sekuler dari die. Bila bentuk telah tepat, harus segera didinginkan. Misalnya dilewatkan pada bak air dingin. Begitu bahan plastic muncul dari die, bahan panas, lunak dan mudah dibentuk. Jadi begitu ekstrusi terbentuk, harus segera diambil dan dijaga bentuk dan ukurannya. Pendinginan dengan udara atau air dapat membantu. (Hartomo, 1993)

#### 2.4.5 *Rotational Molding*

Mencakup pemanasan dan pemutaran bahan thermoplastic dalam cetakan tertutup sekitar dua sumbu yang saling tegak. Putaran itu membagikan muatan bahan plastiknya ke dinding dalam cetakan, yang masing – masing kemudian mengalami pendinginan. Produknya komponen lengkung/lekuk. (Hartomo, 1993)

Ada tiga tahap utama dalam metode *rotational molding*, yaitu

1. Pemuatan sejumlah bahan ke cetakan dan mengklem ke kerangka spider
2. Pemanasan cetakan dan isinya dalam oven secara seragam, serentak cetaknya diputar sesuai konfigurasi cetakan, dengan kecepatan yang ditentukan sehingga pelapisannya merata.
3. Pendinginan cetakan dalam ruang yang dialiri udara, uap air, semprotan air, dengan tetap diputar agar pendinginan merata.

#### 2.4.6 *Calendering*

Calendering adalah cara membuat film atau lembaran plastic dengan menekannya lewat celah/sela atau nip antara dua silinder yang berputar lawan arah. Di bidang polimer diterapkan pertama kali untuk mencampurkan aditif pada karet. PVC merupakan plastic

yang paling sering dicalender, biasa disebut plastic vinil. Film vinil sering dilaminasikan pada tenunan untuk tenda, sepatu, pelapis lantai, dll. (Hartomo, 1993)

## 2.5 Zeolit

Zeolit tersusun dari  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ , Cesium (Cs). Zeolit yang terdapat pada Gambar 2.4 mempunyai jaringan lorong dan rongga atau pori yang akan menyerap material lain kedalam permukaan dan masuk kedalam lorong di dalam struktur zeolit. Zeolit juga memiliki ketahanan mekanik yang baik dan tidak mudah terurai sehingga sangat cocok untuk dijadikan penguat untuk komposit. Adapun zeolit banyak terdapat sebagai mineral yang terdapat di alam, sehingga bahan ini mudah untuk diperoleh (Nampira, 2008).

Penambahan zeolit memiliki potensi sebagai agen nukleasi dalam menambahkan nukleasi dalam polimer. Secara khusus, penambahan zeolit dalam komposit polimer ditemukan sebagai metode yang mampu dalam meningkatkan sifat mekanik dan kristalinitas perilaku polimer. diketahui bahwa sifat mekanik film poliuretan dapat ditingkatkan dengan menambahkan partikel beta zeolit. Komposit epoksi yang diisi zeolit menghasilkan perbaikan yang signifikan pada sifat mekanik. (Chang, 2013).

Zeolit adalah bahan berbasis keramik yang terdiri dari elemen silika dan alumina yang dikenal sebagai kekuatan mekanik yang tinggi dan bahan anti aus. Oleh karena itu, ia memiliki potensi sebagai penguat untuk peningkatan ketahanan aus. Selain itu, sifat zeolit yang tidak beracun adalah salah satu keuntungan untuk menjadi kandidat potensial dalam aplikasi medis yang tidak memiliki efek samping berbahaya pada kesehatan manusia (Chang, 2013).



Gambar 2.4 Zeolit

## 2.6 Sekam Padi

Sekam padi dalam Gambar 2.5 adalah limbah dari penggilingan padi yang jumlahnya sangat banyak dan nilai ekonomisnya sangat murah. Agar bahan limbah sekam padi ini dapat dipakai sebagai material teknik maka limbah sekam padi perlu dikembangkan sebagai bahan komposit yang penggunaannya sesuai sifat fisis dan mekanisnya. Sekam padi merupakan suatu material organik yang terdiri dari banyak lignoselulosa. Bahan lignoselulosa sendiri membuat material memiliki kekuatan yang kuat dan kaku. Sehingga material akan lebih tahan akan deformasi yang ada (Kartini, 2002).

Penambahan sekam padi sebagai filler pada polimer matriks komposit akan memperkuat kekuatan impact serta kekuatan tariknya. Hal ini dikarenakan ketangguhan yang dimiliki sekam padi yang dapat menyerap energi dari luar. Penambahan sekam padi sebagai filler akan membentuk ikatan antarmuka bagi matriks dan sekam padi tersebut, yang maka ikatan antar muka tersebut memiliki kekuatan adhesi yang sangat tinggi. Perlu diketahui adhesi antara serat penguat dan matriks memainkan peran penting dalam sifat mekanik akhir material. Yang mana semakin kuat ikatan antar matriks dan filler maka akan semakin kuat pula sifat mekanik yang terbentuk. (Hassan, 2015).



Gambar 2.5 Sekam padi

## 2.7 Komposisi Campuran

Komposisi campuran ialah informasi mengenai kandungan yang terdapat dalam sebuah material. Dalam hal ini biasanya campuran divariasikan berdasarkan satuan yang dapat dibandingkan antara satu dengan yang lainnya. Misal dari satuan massa, volume, berat dan mol nya. Kemudian perbandingan tersebut di persentasekan dari total campurannya sehingga dengan demikian dapat disebut sebagai fraksi campuran.

### 1. Fraksi Massa

Fraksi massa ialah rasio dari suatu substansi dengan massa tertentu terhadap massa campuran total. Fraksi massa adalah salah satu cara yang digunakan untuk menjabarkan komposisi sebuah campuran dalam satuan massa.

Fraksi massa adalah salah satu variabel yang mudah untuk divariasikan. Hal ini dikarenakan pada fraksi massa data yang dibutuhkan hanyalah nilai massa. Yang mana nilai massa dapat diperoleh dari alat timbangan.

### 2. Fraksi Volume

Fraksi volume ialah volume suatu konstituen tertentu dibagi dengan volume konstituen total campuran. Fraksi volume bersesuaian dengan konsentrasi volume dalam larutan ideal di mana volume konstituennya adalah aditif (volume larutan sama dengan jumlah volume bahannya).

Fraksi volume (persentase menurut volume, vol%) adalah salah satu cara untuk mengekspresikan komposisi campuran dengan kuantitas tak berdimensi. Untuk memvariasikan fraksi volume diperlukan tabung ukur untuk mengukur volume total dari dari campuran. Namun hal ini sangat sulit dan hanya dapat presisi untuk campuran *liquid* (cair).

### 3. Fraksi Mol

Fraksi mol didefinisikan sebagai jumlah konstituen mol tertentu dibagi dengan jumlah mol total pada campuran. Konsep ini merupakan salah satu cara menunjukkan komposisi campuran dengan satuan tak berdimensi.

Fraksi mol banyak digunakan dalam diagram fasa. Propertinya antara lain:

- tidak tergantung temperatur (berbeda dengan konsentrasi molar) dan tidak membutuhkan data densitas fasa.
- Pada campuran gas ideal, fraksi mol dapat dinyatakan sebagai rasio tekanan parsial terhadap total tekanan pada campuran

## 2.8 Serbuk

Serbuk ialah sekumpulan partikel-partikel yang berukuran sangat kecil yang bersifat kering (*quasi liquid*). Sesuai dengan british standard 2955, 1958 serbuk adalah partikel-partikel kering dengan dimensi maksimum lebih kecil dari 1000  $\mu\text{m}$ , atau suatu partikel yang dapat berbentuk sangat kasar dengan ukuran 10000 nm, atau sangat halus dengan ukuran 1  $\mu\text{m}$ , atau juga lebih kecil. Serbuk atau partikel yang kecil mempunyai perilaku sebagai *quasi*

*liquid* yang taat pada hukum dan aturan fluida. Serbuk logam dapat mengisi rongga atau celah kosoong dalam cetakan seperti halnya logam cair (Suprpto, 2015:21).

### 1. Ukuran Serbuk

Menurut Suprpto (2015), ukuran partikel serbuk mempunyai standar yang dihubungkan dengan partikel serbuk yang mampu melewati lubang-lubang ayakan yang telah distandarisasi dengan ukuran yang berbeda-beda, yakni:

- a. Serbuk kasar (mesh  $20 \leq x \leq$  mesh 40)
- b. Serbuk cukup besar (mesh  $40 \leq x \leq$  mesh 80)
- c. Serbuk halus (mesh  $80 \leq x \leq$  mesh 120)
- d. Serbuk sangat halus ( $x \geq$  mesh 120)

### 2. Mesh

Mesh adalah ukuran dari jumlah lubang suatu jaring atau kasa pada luasan 1 inch persegi jaring/kasa yang bisa dilalui oleh material padat. Mesh sendiri digunakan untuk memisahkan partikel sesuai dengan dimensinya. Sehingga darisana kita dapat mendapatkan berbagai macam serbuk. Semakin besar angka ukuran mesh screen, semakin halus material yang akan terloloskan. Tabel 2.1 ialah konversi mesh menjadi besar ukuran partikel yang akan didapat:

Tabel 2.1  
Konversi Mesh Menjadi Luas Lubang

Mesh	Inchi	Milimeter	Micrometer
5	0.1570	4.000	4000
10	0.0787	2.000	2000
20	0.0331	0.841	841
25	0.0280	0.707	707
40	0.0165	0.420	420
50	0.0117	0.297	297
60	0.0098	0.250	250
70	0.0083	0.210	210
80	0.0070	0.177	177
100	0.0059	0.149	149
120	0.0049	0.125	125
140	0.0041	0.105	105
170	0.0035	0.088	88
200	0.0029	0.074	74

## 2.9 Kekuatan Kejut

Penggunaan bahan polimer sebagai bahan teknik misalnya dalam industri suku cadang mesin, konstruksi bangunan dan transportasi, tergantung sifat mekanisnya, yaitu gabungan antara kekuatan yang tinggi dan elastisitas yang baik. Sifat mekanis yang khas ini disebabkan oleh adanya dua macam ikatan dalam bahan polimer, yaitu ikatan kimia yang kuat antara atom dan interaksi antara rantai polimer (Wirjosentono, 1995)

Kekuatan kejut adalah sifat seberapa besar dapat menahan beban kejut yang diberikan. Semakin besar energi yang diserap oleh material semakin besar pula kekuatan kejut suatu benda. Kekuatan kejut juga bisa dihubungkan dengan wilayah diagram tegangan-regangan. Kekuatan kejut terkait dengan area di bawah kurva tegangan-regangan. Agar tangguh, material harus kuat dan ulet. Misalnya, bahan rapuh (seperti keramik) yang kuat tetapi dengan keuletan terbatas tidak sulit; sebaliknya, bahan yang sangat ulet dengan kekuatan rendah juga tidak sulit. Agar tangguh, bahan harus tahan terhadap tekanan tinggi dan tekanan tinggi. Secara umum, kekuatan menunjukkan seberapa besar kekuatan yang dapat didukung material, sementara ketangguhan menunjukkan seberapa banyak energi yang dapat diserap suatu material sebelum pecah.

Kekuatan kejut suatu material dapat diukur dengan menggunakan spesimen kecil dari material tersebut. *Impact test* merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk menguji daya tahan suatu spesimen bila diberikan beban secara tiba-tiba melalui tumbukan yang menyebabkan patah atau retak. Dasar *impact test* adalah bagaimana penyerapan energi yang dilakukan oleh suatu material. Semakin besar energi yang dapat diserap, maka semakin besar pula nilai kekuatan kejutnya. Mesin *impact test* menggunakan pendulum untuk menabrak spesimen berlekuk dari penampang yang ditentukan dan merusaknya. Ketinggian tempat pendulum jatuh, minus tinggi tempat pendulum naik setelah mendeformasi spesimen, dikalikan dengan berat pendulum adalah ukuran energi yang diserap oleh spesimen karena dideformasi selama tumbukan dengan pendulum. Tes kekuatan impak Charpy dan Izod adalah tes ASTM tipikal yang digunakan untuk menentukan ketangguhan.

### 2.10 Charpy Impact Test

*Charpy impact* pada Gambar 2.6 ialah alat yang digunakan untuk pengujian kejut. Pengujian dilakukan dengan memberikan pukulan (beban kejut) berupa ayunan pendulum pada spesimen bertakik sehingga akan terjadi laju regangan yang sangat besar pada spesimen hingga patah. Pengukuran energi kejut dilakukan dengan menghitung selisih energi pendulum saat mematahkan spesimen dan saat *dry run*.

Berikut ialah rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai kekuatan *impact*:

- Kerugian energi pada alat / Losses (J)  

$$E_L = W \cdot \ell [\sin(\alpha - 90^\circ) - \sin(\gamma - 90^\circ)]$$
- Energi yang ditunjukkan (J)  

$$E_0 = W \cdot \ell [\sin(\alpha - 90^\circ) - \sin(\beta - 90^\circ)]$$
- Energi Aktual pada Alat (J)  

$$E_A = E_0 - E_L$$
- *Impact Strength* / Kekuatan Impact ( $J/m^2$ )  

$$I_s = E_A / A$$

Keterangan:

W = Berat bandul (N)

$\ell$  = panjang lengan bandul (m)

$\alpha$  = sudut awal ( $^\circ$ )

$\beta$  = sudut akhir ( $^\circ$ )

$\gamma$  = sudut kerugian ( $^\circ$ )

A = luas penampang spesimen

Jenis mesin *charpy impact* memiliki berbagai macam tipe. Perbedaan mendasar dari mesin-mesin ini ada pada seberapa besar energi *impact* yang dihasilkan oleh mesin tersebut. Hal ini guna mendapatkan ketelitian yang lebih tinggi dari material yang diuji. Yang mana ketika energi *impact* yang diberikan sangat tinggi semua material akan terlihat *rigid* dan penyerapan energi tidak akan terlihat di busur ukur (Siewert, 1999).



*Gambar 2.6 Plastics Charpy Impact Test Machine*  
Sumber: Laboratorium Pengujian Bahan FT-UB (2019)

### **2.11 Hipotesis**

Dari penelitian sebelumnya dijelaskan bahwa semakin banyak penambahan zeolit pada materia akan membuat material menjadi lebih sulit untuk terdegradasi. Kemudian penelitian lain menjelaskan penambahan zeolit pada material HDPE meningkatkan nilai ketangguhan, namun setelah kandungan zeolit melebihi 5% nilai ketangguhan tersebut cenderung menurun. Lalu penelitian berikutnya menjelaskan juga mengenai peningkatan nilai kekuatan kejut pada penambahan sekam padi untuk pembuatan komposit. Dan dari penelitian lain ukuran butir mempengaruhi kekuatan fisik material karena dapat mengurangi rongga kosong pada komposit. Sehingga dari penelitian tersebut dapat ditarik dugaan bahwa perbedaan fraksi massa komposit dan perbedaan ukuran serbuk filler akan menyebabkan perubahan nilai kekuatan kejut.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk penelitian ini ialah metode eksperimental (*experimental research*) dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa dan ukuran butir serbuk zeolit terhadap kekuatan kejut pada komposit hibrid HDPE dengan zeolit dan sekam padi.

### 3.2 Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juli sampai dengan bulan September 2019. Pelaksanaannya dilakukan di:

1. Laboratorium Pengecoran Logam Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, untuk proses pengklasifikasian ukuran butir dengan rotap.
2. Laboratorium *Injection Molding* Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, untuk proses pembuatan spesimen komposit menggunakan mesin *injection molding*.
3. Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, untuk proses pengujian kekuatan kejut pada spesimen komposit dengan menggunakan mesin *Charpy Impact Testing Machine Non-Ferrous*.

### 3.3 Variabel Penelitian

Berikut ialah variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini:

#### 3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas ialah hal-hal yang akan mempengaruhi nilai yang akan dihasilkan oleh variabel terikat nantinya, dalam penelitian variabel bebas dapat divariasikan untuk mengetahui keterkaitan antara variabel bebas dan variabel terikat. Untuk variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini ialah ukuran butir serbuk zeolit yang berukuran sangat halus, halus, cukup kasar. Kemudian penggunaan fraksi massa antara HDPE: Zeolit: Sekam padi dari penguat komposit yakni 95:1:4, 95:2:3, 95:3:2, 95:4:1, 95:5:0.

### 3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel hasil yang nilainya bergantung pada nilai variabel bebasnya dan nilainya tidak dapat ditentukan peneliti. Pada penelitian ini variabel terikat yang ingin diperhatikan ialah nilai kekuatan kejut pada spesimen komposit.

### 3.3.3 Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol ialah variabel dalam penelitian yang nilainya ditentukan dan dijaga dalam kondisi konsisten selama penelitian. Dalam tujuan untuk menjaga agar penelitian tidak dipengaruhi oleh faktor lain selain dari variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terkontrolnya berupa:

1. Menggunakan biji HDPE virgin
2. Sekam Padi berbentuk fibrin dengan dimensi serat dianggap homogen satu sama lain
3. Suhu pemanasan *injection molding* 170°C

## 3.4 Alat dan Bahan

### 3.4.1 Alat Penelitian

1. Mesin Pengguncang Rotap

Mesin pengguncang rotap pada Gambar 3.1 dibawah berfungsi untuk menyaring serbuk sesuai dengan ukuran mesh yang disusun.



Gambar 3.1 Mesin pengguncang rotap

**Spesifikasi:**

Jenis	: Rotap
Buatan	: Jerman
Tipe	: V51
Artikel	: 30 40 0010
Mesh	: Retsch
No. seri	: 01849038
Voltase	: 220 V
Frekuensi	: 50 Hz
Daya	: 430 watt

**2. Timbangan Digital**

Timbangan digital pada Gambar 3.2 digunakan untuk mengukur massa HDPE yang ingin dimasukkan kedalam campuran komposit.



*Gambar 3.2* Timbangan digital

**Spesifikasi:**

Merk	: Melter
Frekuensi	: 50-60 Hz
Tipe	: PJ 3000
Voltase	: 100-120V 80 mA /200-240 V 45 mA
Berat maksimal	: 3000 gram
Dimensi	: 31 x 29 x 6 (cm)

### 3. *Moisture Analyzer*

*Moisture analyzer* pada Gambar 3.3 digunakan untuk mengukur kelembaban sekam padi yang akan dicampurkan ke dalam komposit yang ingin dibuat.



Gambar 3.3 *Moisture Analyzer*

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam FT-UB

Spesifikasi:

Merk	: Satorius
Voltase	: 100-120/220-290 VAC
Model	: MA 30
Frekuensi	: 50-60 Hz
Arus	: 3.3 A / 1.6 A

### 4. Botol Spesimen

Botol spesimen pada Gambar 3.4 digunakan untuk menyimpan zeolit dan sekam padi yang sudah dipisahkan sesuai dengan variabel yang diinginkan.



Gambar 3.4 Botol spesimen

Spesifikasi:

Merk	: Aviamed
Bahan	: Plastik PVC
Volume	: 60 mL

### 5. *Injection Molding Machine*

*Injection molding machine* pada Gambar 3.5 digunakan untuk mengubah campuran serbuk HDPE dan zeolit menjadi bentuk yang diinginkan.



Gambar 3.5 *Injection molding machine*

#### Spesifikasi:

Merk	: Teforma
Tipe	: RN-350
Voltase	: 220 V
Frekuensi	: 50 Hz
Daya	: 600 W
Tekanan	: 10 bar
Temperatur	: 20°C – 400°C

### 6. Kompresor

Kompresor pada Gambar 3.6 digunakan sebagai pemberi dorongan pada mesin *injection molding*.



Gambar 3.6 Kompresor

Spesifikasi:

Merk : Mindman  
 Type : MACP 300-8A  
 Temperatur : 5°C – 60°C  
 Tekanan : 9 bar

#### 7. Cetakan

Cetakan pada Gambar 3.7 digunakan sebagai cetakan acuan untuk spesimen yang ingin dibuat



Gambar 3.7 Cetakan spesimen

Spesifikasi:

Bahan : Aluminium  
 Dimensi : 55 mm x 10 mm x 10 mm

### 8. *Plastics Charpy Impact Testing Machine*

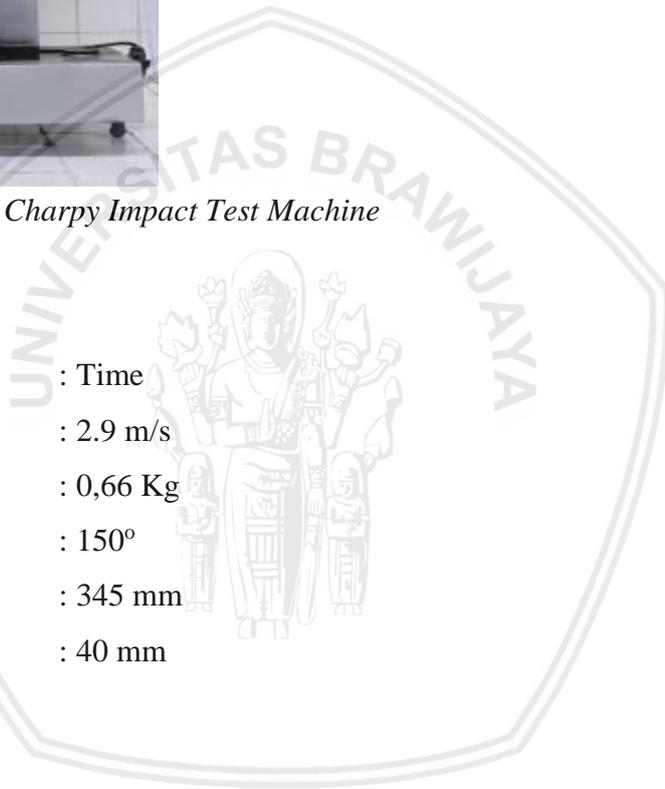
*Plastics Charpy Impact Test Machine* pada Gambar 3.8 digunakan untuk menguji kekuatan impact dari material polimer.



*Gambar 3.8 Plastics Charpy Impact Test Machine*

Spesifikasi:

Merk	: Time
Kecepatan kejut	: 2.9 m/s
Massa pendulum	: 0,66 Kg
Sudut angkat	: 150°
Jarak pendulum	: 345 mm
Jarak anvil	: 40 mm



### 3.4.2 Bahan Penelitian

#### 1. *High Density Polyethylene*

*High density polyethylene* pada Gambar 3.9 digunakan sebagai pengikat pada pembuatan komposit.



Gambar 3.9 Biji *high density polyethylene*

#### 2. Sekam Padi

Sekam padi pada Gambar 3.10 digunakan sebagai penguat yang nantinya berbentuk serat fibrin yang acak.



Gambar 3.10 Sekam Padi

#### 3. Zeolit

Zeolit pada Gambar 3.11 digunakan sebagai penguat yang nantinya berbentuk serbuk.

Zeolit yang digunakan pada penelitian ini memiliki ukuran sebagai berikut:

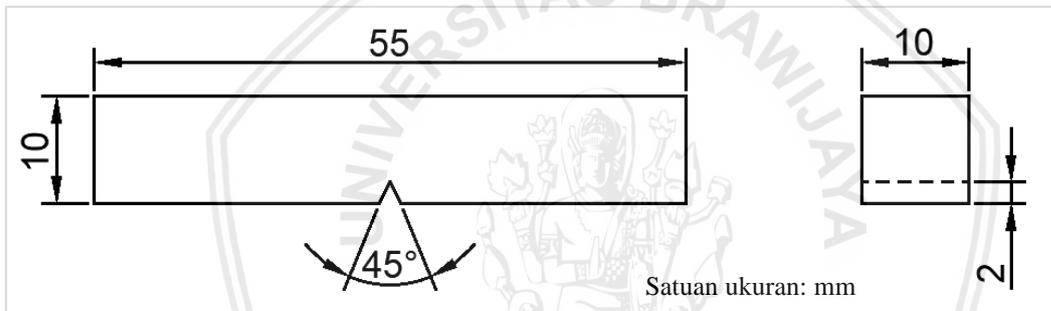
- Cukup Kasar : mesh 40 - 80
- Halus : mesh 80 - 120
- Sangat Halus : mesh 120 - 160



Gambar 3.11 Zeolit

### 3.5 Bentuk dan Dimensi Spesimen

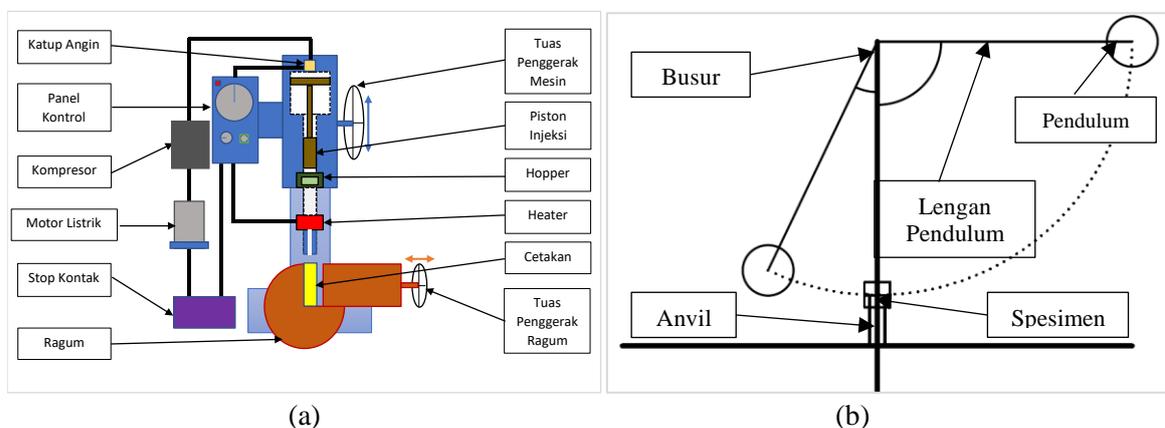
Gambar 3.12 merupakan bentuk desain dari spesimen yang ingin dibuat.



Gambar 3.12 Spesimen uji *impact* sesuai dengan ASTM D6110

### 3.6 Instalasi Alat

Gambar 3.13 merupakan rancangan instalasi alat yang ingin dikerjakan. Yang mana gambar 3.13 (a) menjelaskan pembuatan spesimen, dan 3.13 (b) menjelaskan pengujian *impact*



Gambar 3.13 (a) instalasi pembuatan spesimen (b) instalasi pengujian kekuatan *impact*

### 3.7 Proses Pelaksanaan

#### 3.7.1 Proses Persiapan

Tahap-tahap yang dilakukan pada proses ini antara lain:

1. Haluskan sekam padi hingga menjadi partikel fibrin kecil.
2. Keringkan dan ukur nilai kelembabannya.
3. Ukur sekam padi sampai jumlah yang sesuai dengan variasi dengan timbangan elektrik
4. Masukkan sekam padi yang sudah diukur ke botol spesimen dan ulang sampai 15 sampel.
5. Haluskan zeolit hingga mejadi serbuk.
6. Siapkan mesin rotap dengan ayakan berukuran mesh 80  $\mu\text{m}$ , 120  $\mu\text{m}$ , dan 160  $\mu\text{m}$ , dengan susunan mesh yang lebih kecil berada diatas dari mesh yang lebih besar.
7. Masukkan serbuk zeolit kedalam rotap.
8. Nyalakan mesin rotap selama 15 menit dengan frekuensi getar 50 hz.
9. Matikan mesin rotap, dan pisahkan serbuk zeolit sesuai dengan ukuran butir yang berada pada mesh yang ditentukan.
10. Ukur serbuk zeolit sampai jumlah yang sesuai variasi pada gelas ukur dan ambil 5 sampel dari setiap variabel.
11. Masukkan sekam padi yang sudah diukur ke botol spesimen sampai mendapat 15 sampel.
12. Siapkan timbangan digital dan kalibrasi timbangan digital dengan papan timbangan.
13. Ukur biji HDPE sampai 5 gr, kemudian masukkan kedalam botol sampel yang telah berisikan fibrin sekam padi dan serbuk zeolit, ulangi sampai semua terisi.

#### 3.7.2 Proses Pembuatan Spesimen

Tahap-tahap yang dilakukan pada proses ini antara lain:

1. Nyalakan mesin *injection molding* melalui panel kontrol.
2. Atur suhu *heater* pada panel kontrol sampai suhu 170°C.
3. Nyalakan motor listrik sehingga dapat mengisi kompresor dengan tekanan 10 bar.
4. Pasang cetakan ke dalam ragum kemudian kuatkan ragum dengan menggunakan tuas penggerak ragum.
5. Setelah cetakan terpasang siapkan material yang ingin dibuat kedalam wadah tuang.
6. Masukkan material yang telah disiapkan kedalam wadah tuang kemudian aduk supaya homogen.
7. Masukkan material yang sudah homogen ke dalam mesin melalui corong hopper.

8. Pemanasan material hingga meleleh dengan heater berlangsung selama 3 menit dengan suhu 170°C.
9. Setelah meleleh turunkan posisi mesin injection molding dengan menggunakan tuas penggerak mesin hingga pas dengan cetakan.
10. Tekan tombol injeksi pada panel kontrol. Ini akan membuka katup angin yang ada pada mesin sehingga material akan dikompresi piston kemudian akan terinjeksi ke dalam cetakan.
11. Tunggu hingga 5 menit agar material dapat mencapai fase padat.
12. Buka cetakan untuk mengambil material yang telah mengeras, kemudian bersihkan cetakan.
13. Ulangi proses dari awal hingga mencapai jumlah spesimen yang dibutuhkan.
14. Matikan mesin ketika proses pembuatan telah selesai.

### 3.7.3 Proses Pengujian Spesimen

Tahap-tahap yang dilakukan pada proses ini antara lain:

1. Naikkan pendulum mesin sampai busur mencapai titik 90°.
2. Tempatkan spesimen yang telah dibuat pada dudukan spesimen pada mesin *charpy*.
3. kemudian sejajarkan spesimen sampai dengan di posisi *center*.
4. Tekan *icon impact* pada tablet agar pendulum memberikan gaya kejut.
5. Setelah melakukan *impact* catat data pengujian kekuatan kejut.
6. Ulangi pengujian hingga data sebanyak dengan data yang diperlukan.

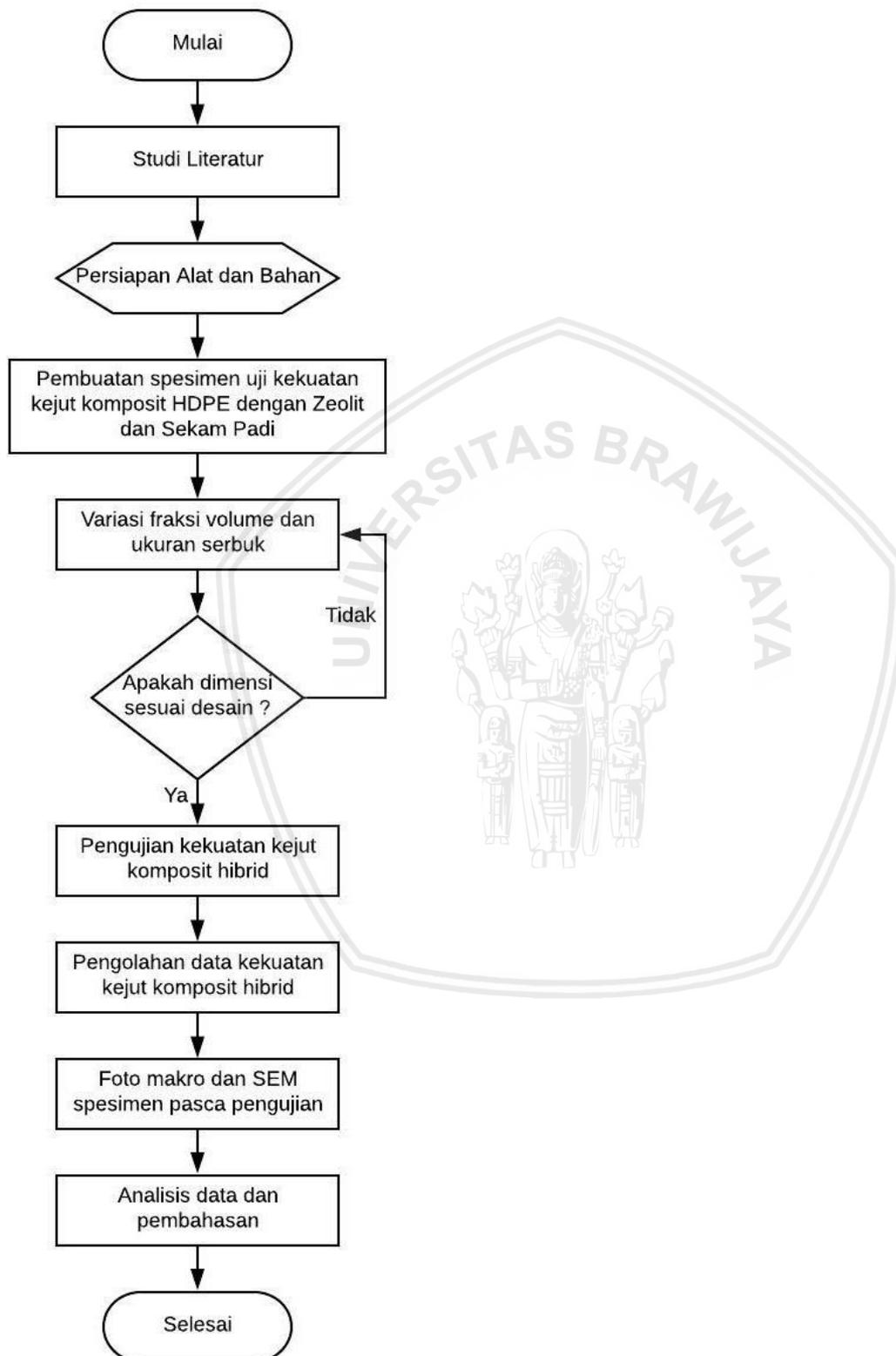
### 3.7.4 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Tahap-tahap yang dilakukan pada proses ini antara lain:

1. Ubah saklar “OFF” ke arah “ON”. Tunggu 12 jam sebelum menggunakan *microscope*.
2. Ambil spesimen yang telah di uji kejut dan spesimen yang telah dibelah menjadi 2.
3. Bersihkan dan periksa kembali bahwa permukaan spesimen bersih tanpa noda.
4. Letakkan spesimen pada holder yang sesuai. Pastikan posisi spesimen sudah benar dan permukaan tertinggi spesimen minimal berada 2 mm dibawah permukaan holder.
5. Ambil gambar dengan menggunakan *microscope* yang sudah dinyalakan. Atur fokus sesuai dengan perbesaran yang diinginkan.
6. Foto bagian yang patah dari spesimen hasil uji kejut, dan foto pula bagian dalam dari spesimen yang telah dibagi menjadi 2.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.14 merupakan alur dari skripsi penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 3.14 Diagram alir penelitian

### 3.9 Rancangan Tabel dan Grafik Penelitian

#### 3.9.1 Rancangan Tabel

Tabel 3.1 merupakan rancangan tabel yang akan dihasilkan dari penelitian ini.

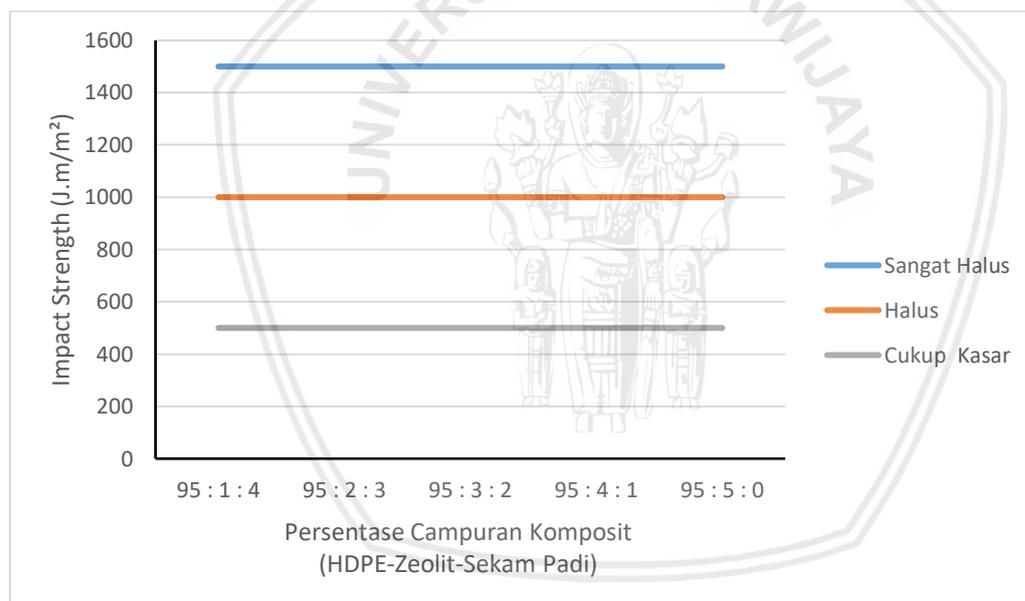
Tabel 3.1

Rancangan Tabel Pengaruh Besar Butir Zeolit terhadap Kekuatan Kejut

Persentase	Ukuran Butir		
	Sangat Halus	Halus	Cukup Kasar
95:1:4			
95:2:3			
95:3:2			
95:4:1			
95:5:0			

#### 3.9.2 Rancangan Grafik

Gambar 3.15 merupakan rancangan grafik yang akan dihasilkan dari penelitian ini.



Gambar 3.15 Rancangan grafik pengaruh besar butir zeolit terhadap kekuatan kejut

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengerjaan

Dari pengerjaan penelitian ini didapatkan hasil berupa 18 spesimen yang mana rinciannya berupa 1 spesimen HDPE tanpa campuran, 2 spesimen HDPE dengan masing masing 5% campuran zeolit dan sekam padi, dan 15 spesimen komposit hibrid HDPE dengan zeolit dan sekam padi 5%. Spesimen ini berbentuk sesuai dengan desain ASTM D6110 yang mana ukuran tersebut merupakan desain standar untuk pengujian impact dari material polimer. Yang ini dapat ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 4.1 Spesimen Penelitian

### 4.2 Data Hasil Pengujian

#### 4.2.1 Data Hasil Pengujian Impact Material Dasar

Pengujian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode impact dengan mesin *charpy impact testing machine non-ferrous* yang menggunakan standar ASTM D6110. Secara teori hasil dari komposit campuran akan memiliki kekuatan yang lebih besar dari HDPE murni. Dengan penambahan dari penguat diharapkan terjadi perubahan pada ikatan didalam mikrostruktur komposit. Dari pengujian didapat nilai yang sesuai seperti yang diperlihatkan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1  
Data Hasil Pengujian Impact Material Dasar

No.	Material	Sudut Hasil
1.	HDPE	143°
2.	HDPE - Zeolit wt.5%	140°
3.	HDPE - Sekam Padi wt.5%	135°

#### 4.2.2 Data Hasil Pengujian Impact Komposit Hibrid

Pengujian ini juga dilaksanakan dengan menggunakan metode impact dengan *mesin charpy impact testing non-ferrous* yang menggunakan standar ASTM D6110. Secara Teori akan terjadi perubahan nilai dari kekuatan impact material sesuai dengan fraksi massa yang dicampurkan dan juga ukuran butir zeolit yang dicampurkan. Dari pengujian didapat nilai yang variatif dari tiap percobaan yang dilakukan. Hal ini seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2  
Data Hasil Pengujian Impact Komposit Hibrid

Persentase Campuran (HDPE – Zeolit – Sekam padi)	Ukuran Serbuk		
	Sangat Halus	Halus	Cukup Kasar
95 : 1 : 4	138°	140°	143°
95 : 2 : 3	137°	138°	142°
95 : 3 : 2	138°	138°	141°
95 : 4 : 1	140°	141°	145°
95 : 5 : 0	139°	139°	144°

#### 4.3 Contoh Perhitungan Nilai Data Pengujian Impact

Perhitungan Data Komposit Hibrid Dengan Nilai Tertinggi

( Fraksi 95:2:3 ; Ukuran serbuk Sangat Halus)

- Kerugian energi pada alat / Losses (J)

$$\begin{aligned}
 E_L &= W \cdot \ell [\sin (\alpha - 90^\circ) - \sin (\gamma - 90^\circ)] \\
 &= 12 \text{ N} \cdot 0,23 \text{ m} [\sin (150^\circ - 90^\circ) - \sin (149^\circ - 90^\circ)] \\
 &= 12 \text{ N} \cdot 0,23 \text{ m} [\sin (60^\circ) - \sin (59^\circ)] \\
 &= 12 \text{ N} \cdot 0,23 \text{ m} [0,0088581] \\
 &= 0,02444836 \text{ J}
 \end{aligned}$$

- Energi dari sudut yang ditunjukkan (J)

$$\begin{aligned}
 E_0 &= W \cdot \ell [\sin (\alpha - 90^\circ) - \sin (\beta - 90^\circ)] \\
 &= 12 \text{ N} \cdot 0,23 \text{ m} [\sin (150^\circ - 90^\circ) - \sin (137^\circ - 90^\circ)] \\
 &= 12 \text{ N} \cdot 0,23 \text{ m} [\sin (60^\circ) - \sin (47^\circ)] \\
 &= 12 \text{ N} \cdot 0,23 \text{ m} [0,1346717] \\
 &= 0,3716939 \text{ J}
 \end{aligned}$$

- Energi Aktual pada Alat (J)

$$\begin{aligned}
 E_A &= E_0 - E_L \\
 &= 0,3716939 \text{ J} - 0,02444836 \text{ J} \\
 &= 0,34724553 \text{ J}
 \end{aligned}$$

- *Impact Strength* / Kekuatan Impact ( $\text{J}/\text{m}^2$ )

$$\begin{aligned}
 I_s &= E_A / A \\
 &= 0,34724553 \text{ J} / (0,01 \text{ m})^2 \\
 &= 0,34724553 \text{ J} / 0,0001 \text{ m}^2 \\
 &= 3472,455335 \text{ J}/\text{m}^2
 \end{aligned}$$

Keterangan:

W = Berat bandul (N)

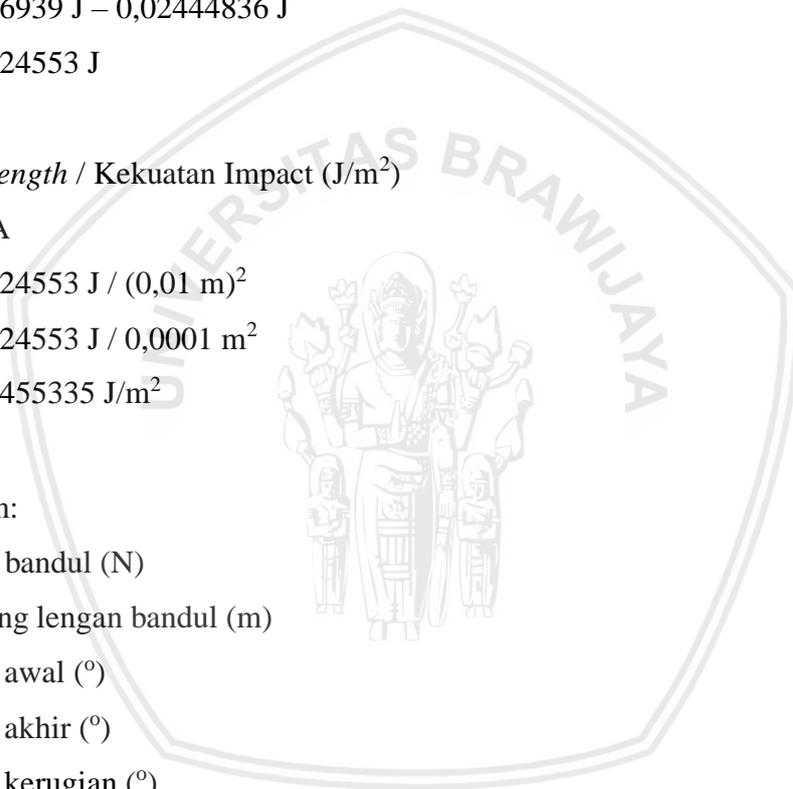
$\ell$  = panjang lengan bandul (m)

$\alpha$  = sudut awal ( $^\circ$ )

$\beta$  = sudut akhir ( $^\circ$ )

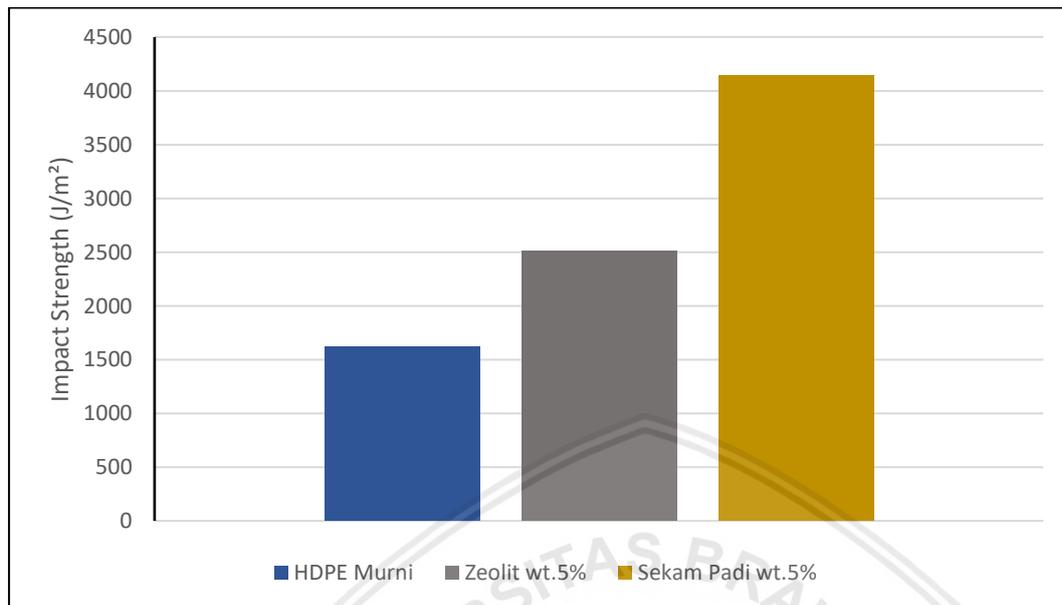
$\gamma$  = sudut kerugian ( $^\circ$ )

A = luas penampang spesimen



## 4.4 Grafik dan Pembahasan

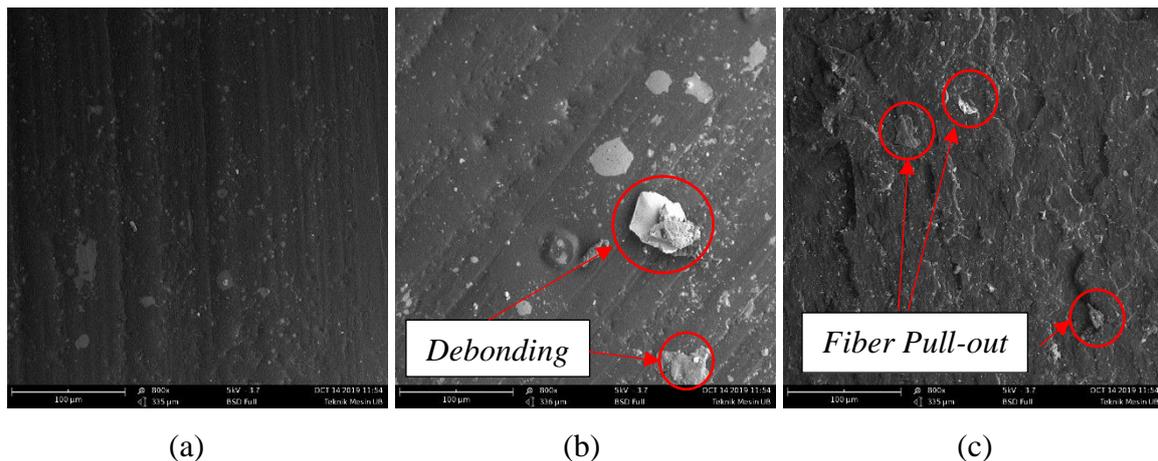
### 4.4.1 Grafik Perbandingan Nilai Kekuatan Impact Material Dasar



Gambar 4.2 Grafik perbandingan nilai kekuatan impact dari material dasar

Dari gambar diatas didapatkan hasil bahwa terjadi kenaikan kekuatan impact dari material HDPE apabila digabungkan dengan penguat yang telah disediakan. Hal ini dapat dilihat dari kenaikan pada nilai kekuatan impact HDPE Murni yang awalnya 1615,477422 J/m<sup>2</sup> naik menjadi 2514,990869 J/m<sup>2</sup> apabila ditambahkan dengan zeolit sebanyak 5% dan bahkan dapat menjadi 4141,670339 J/m<sup>2</sup> apabila ditambahkan dengan sekam padi sebanyak 5%.

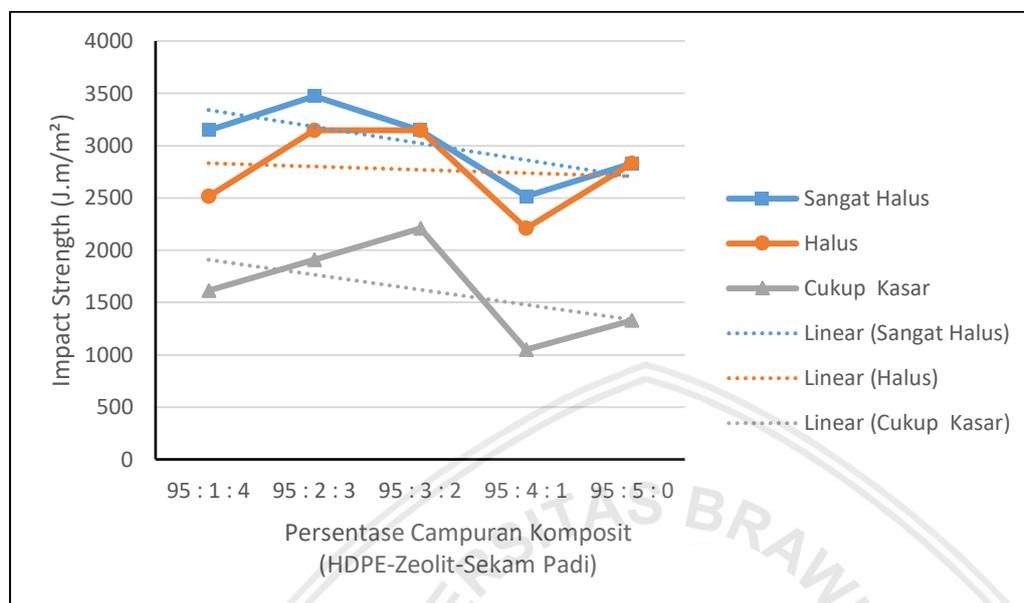
Adanya difusi pada partikel HDPE yang menyebabkan adanya penambahan kontak antarmuka antara HDPE dan Zeolit begitu pula dengan sekam padi. Seperti yang dijelaskan oleh purnomo didalam jurnalnya. Dari kontak antar muka pun berpengaruh pada morfologi pada bagian dalam komposit. Perubahan nilai terjadi pada bagian ikatan antar partikel dalam komposit. Yang mana dalam hal ini penambahan menyebabkan adanya perubahan morfologi mikrostruktur seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Morfologi mikrostruktur pada bagian jauh dari notch (a) HDPE murni, (b) HDPE dengan zeolit wt.5%, (c) HDPE dengan Sekam padi wt.5%

Jika dilihat komposit HDPE dengan zeolit mengalami perubahan morfologi, yakni terdapat fenomena *debonding*. *Debonding* merupakan mekanisme lepasnya ikatan interface antar material penyusun komposit saat terjadi pembebanan. *Debonding* membuat lapisan komposit tersebut lebih kuat dibandingkan dengan HDPE murni. Kemudian dapat dilihat pula komposit HDPE dengan sekam padi memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding dengan campuran HDPE dengan zeolit. Hal ini dikarenakan kontur lapisan yang terbentuk dari difusi sekam padi lebih bergradasi dibanding dengan campuran zeolit. Disisi lain sekam padi juga memiliki daya serap yang tinggi, sehingga ini dapat membuat HDPE dan sekam padi berikatan sangat kuat antara satu sama lain. Yang mana hal ini dapat dijelaskan dengan fenomena *fiber pull-out*. *Fiber pull-out* fenomena dimana terlepasnya serat dari matrik yang meninggalkan lubang pada matriks.

#### 4.4.2 Grafik Pengaruh Ukuran Butir dan Fraksi Volume Pada Serbuk Zeolit pada Komposit Hibrid



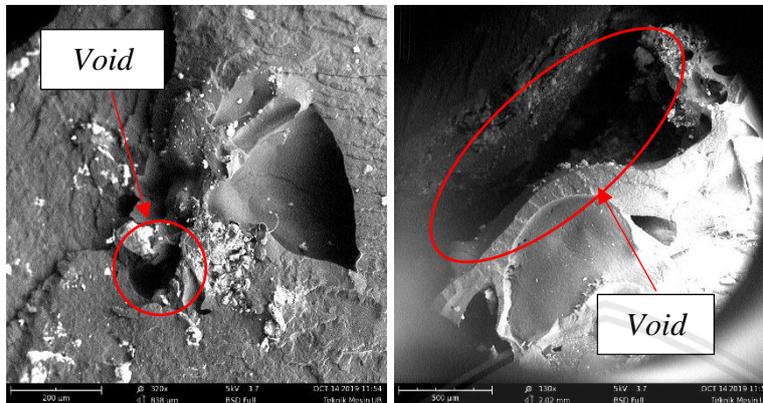
Gambar 4.4 Grafik pengaruh ukuran butir dan fraksi volume pada serbuk zeolit pada komposit hibrid

Dari Gambar 4.4 diatas didapatkan bahwa ukuran butir mempengaruhi kekuatan impact material. Hal ini dapat dilihat dengan urutan nilai ukuran butir yang sangat halus digaris tertinggi dan ukuran halus berada ditengah, kemudian ukuran cukup kasar berada di paling rendah. Hal ini dikarenakan ukuran butir mempengaruhi ikatan antar muka dari HDPE dengan zeolit. Sehingga semakin kecil ukuran butir semakin banyak bidang kontak yang terjadi antara HDPE dengan zeolit. Pada bagian ini dapat dilihat bahwa ukuran butir sangat halus memiliki nilai tertinggi dikarenakan ukuran butir yang sangat halus memiliki ukuran bidang kontak yang lebih besar dibanding dengan ukuran halus dan ukuran cukup kasar. Hal ini membuat zeolit semakin terikat oleh HDPE.

Nilai kekuatan impact pada awalnya akan naik sampai titik ke 2 atau 3 dan kemudian turun sampai titik ke 4 dan akan naik kembali pada titik ke 5. Kekuatan tertingginya berada pada spesimen ukuran butir halus pada campuran 95:2:3 yakni sebesar 3472,455335 J. Kemudian kekuatan terendahnya berada pada spesimen ukuran butir cukup kasara pada campuran 95:4:1 yakni sebesar 1049,221077 J.

Kecenderungannya ialah naik sampai titik ke 2 dan 3 kemudian turun pada titik 4 dan kembali naik pada titik ke 5. Dimana pada saat dititik 1 atau 4 terjadi lebih banyak *void*. *Void*

adalah pori atau rongga kosong yang dimiliki material akibat adanya udara yang terjebak. Void dapat membuat ada bagian yang tidak terisi sempurna sehingga menyebabkan spesimen lebih mudah untuk patah. Yang mana hal ini akan dijelaskan di gambar 6 dibawah ini.

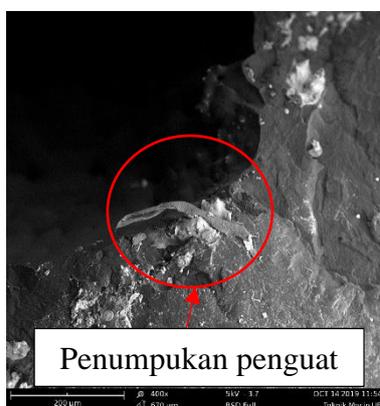


(a)

(b)

Gambar 4.5 Morfologi mikrostruktur pada material komposit hibrid (a) sample campuran sangat halus bagian acak 95:2:3, (b) sample campuran cukup kasar bagian acak 95:4:1

Kemudian terjadi kenaikan pada titik ke 5 terjadi kenaikan ulang pada nilai kekuatan impact yang mana hal ini disebabkan oleh homogenitas dari penguat yang digunakan sehingga membuat ikatan partikel komposit lebih sempurna dan tidak terjadi terjadi penumpukan antar penguat yang terjadi pada sample campuran cukup kasar 95:4:1. Karena penumpukan tersebut material jadi mudah patah dikarenakan kehilangan daya ikat. Hal ini dapat diilustrasikan pada gambar 7 berikut ini.



Gambar 4.6 Fenomena penumpukan penguat pada material komposit hibrid sample campuran cukup kasar 95:4:1



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa terjadi penambahan kekuatan impact dengan ditambahkan penguat zeolit dan sekam padi. Yang mana nilai tertinggi pada komposit hibrid HDPE dengan zeolit dan sekam padi berada pada ukuran butir sangat halus dengan persentase campuran 95:2:3 yang bernilai 3472,455335 J/m<sup>2</sup>. Kemudian didapatkan pula nilai terendah pada komposit hibrid HDPE dengan zeolit dan sekam padi berada pada ukuran butir cukup kasar dengan persentase campuran 95:4:1 yang bernilai 1049,221077 J/m<sup>2</sup>. Dengan kecenderungan nilai komposit hibrid antara HDPE dengan zeolit dan sekam padi naik sampai di titik ke 2 dan 3 kemudian menurun pada titik ke 4 dan kembali naik pada titik ke 5. Hal ini disebabkan pada titik ke 1 dan ke 4 terjadi porositas. Dan kembali naik ke titik 5 karena homogenitas yang menyebabkan ikatan yang terbentuk lebih sempurna.

#### **5.2 Saran**

1. Penelitian berikutnya perlu untuk mencari pengaruh variabel lain dari sisi serat alami yang diuji pada komposit hibrid.
2. Penelitian berikutnya perlu untuk menyurvei kelengkapan alat dan bahan terlebih dahulu agar tidak ada keterlambatan dalam pengerjaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Callister Jr, William D. 2007. *Materials Science and Engineering*. Amerika Serikat: Departement of Fiber Metallurgical Engineering.
- Fathanah, Umi. 2011. Kualitas Papan Komposit dari Sekam Padi dan Plastik HDPE Daur Ulang Menggunakan Maleic Anhydride (MAH) sebagai Compatibilizer. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol, 8 No 2. p: 53-59.
- Fathoni, Akhmad. 2017. *Pengaruh Perlakuan Panas Serat Terhadap Sifat Tarik Serat Tunggal Dan Komposit Cantula-rHDPE*. *Jurnal SIMETRIS*. Vol, 8 No 1.
- Giat, Sulistioso. 2015. *Sifat Fisis dan Mekanis Komposit High Density Polyethylene (HDPE) – Hydroxyapatite (HAp) dengan Teknik Radiasi Gamma*. Serpong: BATAN.
- Hartomo, A. J. 1993. *Dasar-Dasar Profesi Politeknik Pemrosesan Polimer Praktis*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Hassan, Azman. 2015. *Rice Husk Filled Polymer Composites*. *International Journal of Polymer Science*. Vol, 2015. Malaysia: Hindawi
- Kartini, Ratni. 2002. *Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alami*. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol, 3. p:30-38. Tangerang: Puspiptek.
- Nampira, Yusuf. 2008. *Sintesa dan Karakterisi Komposit Zeolit-Resin Polimetakrilat*. *Jurnal Zeolit Indonesia*. Vol, 8. p:102-107.
- Purnomo. 2016. *Impact Fracture Toughness Evaluation by Essential Work of Fracture Method in High Density Polyethylene Filled with Zeolite*. *FME Transactions*. Vol, 44.
- Siewert, T. A. 1999. *Performance Verification of Impact Machines for Testing Plastics*. Colorado: National Institute of Standards and Technology.
- Siregar, Tiurlina. 2014. *Penggunaan Zeolit Alam Sentani Sebagai Pengisi Bahan Komposit Polietilen*. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Vol, 10 No 1. p: 22-31
- Suprpto, Wahyono. 2015. *Teknologi Metalurgi Serbuk*. Malang: Pena mas.
- Surdia, Tata. 1980. *Teknik Pengcoran Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Surono, Untoro Budi. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya*. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*. Vol, 1 No 1. p:32-37
- Suwanda, Totok. 2010. *Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matrik Polyester*. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. Vol, 13. No 2. p:165-170.
- World Health Organization. *Global Health Observatory Data Repository*. 2011. <http://apps.who.int/gho/data/?theme=main>. Accessed 2019 Des 7.
- Vlack, Lawrence H. Van. 2004. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*, Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie, Jakarta: Erlangga.

Zhang, Qingfa. 2019. *Properties Comparison of High Density Polyethylene Composites Filled with Three Kinds of Shell Fibers*. Results in Physics. Vol, 12. p:1542-1546.

