

**PENGARUH TEMPERATUR DI DALAM *BARREL* MESIN  
*INJECTION MOLDING* TERHADAP SIFAT MEKANIK  
PRODUK BATANG PLASTIK BERBAHAN  
LIMBAH PLASTIK**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai derajat Sarjana S1  
pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh:

**Tubagus Arifin**

**3331210036**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON-BANTEN**

**2025**

## TUGAS AKHIR

### PENGARUH TEMPERATUR DI DALAM BARREL MESIN INJECTION MOLDING TERHADAP SIFAT MEKANIK PRODUK BATANG PLASTIK BERBAHAN LIMBAH PLASTIK

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

**TUBAGUS ARIFIN**

3331210036

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 26 Juni 2025

**Pembimbing Utama**



Prof. Dr. Eng Ir. Hendra, S.T., M.T.  
NIP. 197311182003121002

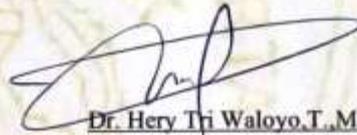
**Anggota Dewan Penguji**



Sidik Susilo, S.T., M.Sc.  
NIP. 198806052019031006



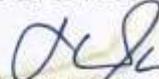
Shofiatul Ula, M.Eng.  
NIP. 198403132019032009



Dr. Hery Tri Waloyo, T., M.T.  
NIP. 198206212022031001



Prof. Dr. Eng Ir. Hendra, S.T., M.T.  
NIP. 197311182003121002



Shofiatul Ula, M.Eng.  
NIP. 198403132019032009

**Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Tanggal, 09 Juli 2025  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA



Ir. Dharma Satrio, ST., M.Eng.  
NIP. 198305102012121006



## LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Yang beranda tanagn dibawah ini:

Nama : Tubagus Arifin  
NPM : 3331210036  
Judul : Pengaruh Temperatur Di Dalam Barrel Mesin Injection Molding Terhadap  
Sifat Mekanik Produk Batang Plastik Berbahan Limbah Plastik  
Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

### MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan tidak ada duplikasi dari pihak lain,  
kecuali yang sudah disebutkan sumbernya.

Cilegon, 11 Juli 2025



Tubagus Arifin  
3331210036

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Pengaruh Temperatur Di Dalam *Barrel* Mesin *Injection Molding* Terhadap Sifat Mekanik Produk Batang Plastik Berbahan Limbah Plastik”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana S1 Pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
2. Prof. Dr. A. Ali Alhamidi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
3. Bapak Prof. Dr.Eng Ir. Hendra, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing 1, yang senantiasa memberikan ilmu dan bimbingannya selama penelitian berlangsung.
4. Ibu Shofiatul Ula, M.Eng. selaku dosen pembimbing 2, yang senantiasa memberikan ilmu dan bimbingannya selama penelitian berlangsung
5. Bapak Yusvardi Yusuf, ST., MT. selaku Koordinator Tugas Akhir periode saat ini di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
6. Seluruh staff dan jajaran dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
7. Orang tua penulis yaitu Bapak Tasrif dan almarhum Ibu Rodyah Handayani yang telah memberikan dukungan baik secara doa maupun material selama kuliah di jurusan Teknik Mesin Untirta.
8. Dahlia selaku kakak dari penulis yang senantiasa memberikan doa dan semangat selama proses perkuliahan di jurusan Teknik Mesin Untirta.
9. Terima kasih juga kepada teman teman Angkatan 2021 yang telah memberikan pandangan, arahan serta solusi dari permasalahan penulisan laporan kali ini.

Dengan demikian, penulisan tugas akhir dengan segala kekurangan dan segala keterbatasan. penelitian harap tugas akhir yang dibuat dapat bermanfaat untuk pembaca dan dapat bermanfaat untuk masa yang akan datang. Atas segala kekurangan dan keterbatasan penulis mohon untuk memberikan saran dan kritik yang membangun agar dapat mengevaluasi dan membuat penulisan yang baik lagi kedepannya.

Cilegon, 11 Juni 2025

Tubagus Arifin

## ABSTRAK

### PENGARUH TEMPERATUR DI DALAM *BARREL* MESIN *INJECTION MOLDING* TERHADAP SIFAT MEKANIK PRODUK BATANG PLASTIK BERBAHAN LIMBAH PLASTIK

Disusun Oleh :

**TUBAGUS ARIFIN**

**NIM. 3331210036**

Penggunaan plastik sebagai pengganti metal non metal dalam berbagai aplikasi rumah tangga dan otomotif semakin meningkat karena sifatnya yang ringan, elastis, tahan lama, dan biaya produksinya yang rendah. Namun, peningkatan konsumsi plastik menimbulkan masalah lingkungan serius akibat akumulasi limbah plastik yang sulit terurai. Untuk mengurangi dampak ini, pemanfaatan plastik daur ulang menjadi alternatif yang menjanjikan, meskipun menghadapi tantangan terkait penurunan sifat mekanik akibat proses daur ulang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur pada proses *injection molding* terhadap sifat mekanik batang plastik yang terbuat dari paduan LDPE, HDPE, dan PP. Metode yang digunakan meliputi pembuatan sampel dengan komposisi HDPE 50%, LDPE 20%, dan PP 30% pada dua temperatur berbeda, yaitu 190°C dan 200°C. Pengujian sifat mekanik dilakukan melalui uji tarik dan uji impak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada temperatur 200°C, paduan murni menghasilkan sifat mekanik terbaik dengan tegangan tarik maksimum sebesar 23,67 MPa, regangan 14,04%, modulus elastisitas 198,88 MPa, dan nilai impak 1,077 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa produk plastik daur ulang, Dapat berpotensi mendukung pengembangan material plastik yang lebih ramah lingkungan.

**Kata Kunci:** Plastik Daur Ulang, *Injection Molding*, LDPE, HDPE, PP, Sifat Mekanik

## ***ABSTRACT***

### ***THE INFLUENCE OF TEMPERATURE INSIDE THE INJECTION MOLDING MACHINE BARREL ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PLASTIC ROD PRODUCTS MADE FROM PLASTIC WASTE***

*Compiled By :*

**TUBAGUS ARIFIN**

**NIM. 3331210036**

*The use of plastic as a substitute for non-metallic metals in various household and automotive applications is increasing due to its lightweight, elasticity, durability, and low production cost. However, the rising consumption of plastics poses serious environmental problems due to the accumulation of non-biodegradable plastic waste. To mitigate this impact, the utilization of recycled plastics presents a promising alternative, although it faces challenges related to the degradation of mechanical properties during the recycling process. This study aims to analyze the effect of temperature variation in the injection molding process on the mechanical properties of plastic rods made from a blend of LDPE, HDPE, and PP. The method involves producing samples with a composition of 50% HDPE, 20% LDPE, and 30% PP at two different temperatures: 190°C and 200°C. Mechanical property testing was conducted through tensile and impact tests. The results show that at 200°C, the virgin plastic blend exhibited the best mechanical properties, with a maximum tensile strength of 23.67 MPa, strain of 14.04%, elastic modulus of 198.88 MPa, and impact value of 1.077 Joules/mm<sup>2</sup>. This study demonstrates that recycled plastic products have the potential to support the development of more environmentally friendly plastic materials.*

***Keywords:*** *Recycled Plastic, Injection Molding, LDPE, HDPE, PP, Mechanical Properties*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN</b>	
2.1 <i>State of Art</i> .....	4
2.2 Sampah Plastik.....	5
2.3 Jenis-Jenis Plastik dan Kode Plastik.....	7
2.4 <i>Injection Molding</i> .....	11
2.5 Bagian-Bagian <i>Injection Molding</i> .....	12
2.6 Pengujian Sifat Mekanik.....	14
2.7 Rumus Uji Tarik dan Uji Impak.....	16
<b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA</b>	
3.1 Diagram Alir Percobaa.....	18
3.2 Peralatan Penelitian.....	20
3.2.1 Alat yang Digunakan .....	20
3.2.2 Bahan yang Digunakan .....	25
3.3 Metode Penelitian.....	27
3.4 Prosedur Penelitian.....	28

3.4.1	Prosedur Proses Pencacahan Limbah Plastik dengan Jenis HDPE, LDPE, Dan PP .....	28
3.4.2	Prosedur Proses Pembuatan <i>Sampel</i> Menggunakan Mesin <i>Injection Molding</i> .....	29
3.4.3	Proses Pengujian Tarik.....	33
3.4.4	Proses Pengujian Impak .....	34
3.4.5	Proses Pengolahan Data .....	34

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Data Hasil Pengujian Uji Tarik .....	36
4.2	Data Hasil Pengujian Uji Impak .....	65
4.3	Analisis Hasil .....	72

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	77
5.2	Saran.....	77

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1</b> Sampah Plastik.....	7
<b>Gambar 2.2</b> Kode Plastik PET.....	8
<b>Gambar 2.3</b> Kode Plastik HDPE .....	8
<b>Gambar 2.4</b> Kode Plastik PVC .....	9
<b>Gambar 2.5</b> Kode Plastik LDPE.....	10
<b>Gambar 2.6</b> Kode Plastik PP .....	11
<b>Gambar 2.7</b> Kode Plastik PS .....	11
<b>Gambar 2.8</b> Kode Plastik <i>Other</i> .....	11
<b>Gambar 2.9</b> Komponen Mesin <i>Injection Molding</i> .....	13
<b>Gambar 2.10</b> Alat Uji Tarik.....	15
<b>Gambar 2.11</b> Alat Uji Impack .....	15
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	19
<b>Gambar 3.2</b> Mesin <i>Injection Molding</i> .....	20
<b>Gambar 3.3</b> Mesin Pencacah Plastik .....	21
<b>Gambar 3.4</b> Cetakan Batang Plastik.....	22
<b>Gambar 3.5</b> Cetakan Uji Impak.....	23
<b>Gambar 3.6</b> Cetakan Uji Tarik .....	23
<b>Gambar 3.7</b> Neraca Digital.....	24
<b>Gambar 3.8</b> Klem .....	24
<b>Gambar 3.9</b> Sikat Kawat.....	24
<b>Gambar 3.10</b> Jangka Sorong.....	25
<b>Gambar 3.11</b> Alat Uji Impack .....	25
<b>Gambar 3.12</b> Alat Uji Tarik.....	26
<b>Gambar 3.13</b> Limbah Plastik LDPE .....	26
<b>Gambar 3.14</b> Limbah Plastik HDPE.....	27
<b>Gambar 3.15</b> Limbah Plastik PP.....	27
<b>Gambar 3.16</b> Minyak Goreng.....	28
<b>Gambar 3.17</b> Mesin <i>Injection Molding</i> .....	30

<b>Gambar 3.18</b> Minimbang Cacahan Limbah Plastik Untuk <i>Sampel</i> Uji Tarik .....	30
<b>Gambar 3.19</b> Minimbang Cacahan Limbah Plastik Untuk <i>Sampel</i> Uji Impak ....	31
<b>Gambar 3.20</b> Minimbang Cacahan Limbah Plastik Untuk Produk Batang Plastik.....	31
<b>Gambar 3.21</b> Menyiapkan Cetakan .....	32
<b>Gambar 3.22</b> Mengoleskan Minyak Goreng Pada Cetakan .....	32
<b>Gambar 3.23</b> Mengatur Suhu Pada Mesin <i>Injection Molding</i> .....	32
<b>Gambar 3.24</b> Memasukkan Cacahan Limbah Plastik.....	33
<b>Gambar 3.25</b> Menginjeksikan Limbah Plastik .....	33
<b>Gambar 3.26</b> Mengeluarkan <i>Sampel</i> Dari Cetakan .....	33
<b>Gambar 4.1</b> Spesimen Uji Tarik ASTM D638 Tipe I .....	36
<b>Gambar 4.2</b> Spesimen Uji Impak ASTM D 256 .....	49
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Nilai Uji Impak Plastik Murni dan Daur Ulang .....	51
<b>Gambar 4.4</b> Hasil Uji Impak Plastik Paduan Murni & Paduan Daur Ulang .....	53
<b>Gambar 4.5</b> Cacat Pada Balok Plastik Daur Ulang Temperatur 190°C .....	58
<b>Gambar 4.6</b> Cacat Pada Balok Plastik Daur Ulang Temperatur 200°C .....	59
<b>Gambar 4.7</b> Cacat Pada Balok Plastik Murni Temperatur 190°C .....	60
<b>Gambar 4.8</b> Cacat Pada Balok Plastik Murni Temperatur 200°C .....	61

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 2.1</b> <i>State of Art</i> .....	4
<b>Tabel 2.2</b> <i>Basic Properties</i> of HDPE .....	8
<b>Tabel 2.3</b> <i>Basic Properties</i> of LDPE .....	9
<b>Tabel 2.4</b> <i>Basic Properties</i> of PP .....	10
<b>Tabel 4.1</b> <i>Specimen Dimensions for Thickness</i> ASTM D638 Type I.....	36
<b>Tabel 4.2</b> Perbandingan Hasil Uji Tarik LDPE Murni & Daur Ulang Temperatur 190°C .....	37
<b>Tabel 4.3</b> Perbandingan Hasil Uji Tarik LDPE Murni & Daur Ulang Temperatur 200°C .....	38
<b>Tabel 4.4</b> Perbandingan Hasil Uji Tarik HDPE Murni & Daur Ulang Temperatur 190°C .....	39
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Hasil Uji Tarik HDPE Murni & Daur Ulang Temperatur 200°C .....	40
<b>Tabel 4.6</b> Perbandingan Hasil Uji Tarik PP Murni & Daur Ulang Temperatur 190°C .....	41
<b>Tabel 4.7</b> Perbandingan Hasil Uji Tarik PP Murni & Daur Ulang Temperatur 200°C .....	43
<b>Tabel 4.8</b> Perbandingan Hasil Uji Tarik Paduan Murni Temperatur 190°C & Paduan Daur Ulang Temperatur 190°C.....	44
<b>Tabel 4.9</b> Perbandingan Hasil Uji Tarik Paduan Murni Temperatur 200°C & Paduan Daur Ulang Temperatur 200°C.....	46
<b>Tabel 4.10</b> Dimensi Spesimen Uji Impak ASTM D236.....	49
<b>Tabel 4.11</b> Hasil Uji Impak Plastik Murni & Daur Ulang .....	50
<b>Tabel 4.12</b> Hasil Uji Impak Plastik Paduan Murni & Paduan Daur Ulang.....	52
<b>Tabel 4.13</b> Patahan Spesimen Paduan Daur Ulang (HDPE+ LDPE+PP) .....	54
<b>Tabel 4.14</b> Patahan Spesimen Paduan Murni (HDPE+ LDPE+PP) .....	55

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada masa sekarang plastik banyak diminati, menggantikan peralatan–peralatan rumah tangga dan komponen dibidang otomotif, yang sebelumnya terbuat dari bahan logam berpindah ke bahan plastik, dikarenakan sifat elastisnya yang baik dan ringan, tahan lama, dan biaya produksinya yang rendah [1]. Namun, penggunaan plastik yang semakin meluas juga menimbulkan masalah lingkungan yang serius, terutama terkait dengan limbah plastik yang sulit terurai. Menurut data statistik, Indonesia menghasilkan sekitar 5,4 juta ton sampah plastik per tahun, menjadikannya salah satu negara dengan jumlah limbah plastik terbesar di dunia [2].

Plastik memiliki berbagai jenis dengan sifat mekanik yang berbeda-beda, yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk temperatur proses produksi. mesin *injeksi Molding* sering digunakan untuk memproduksi barang-barang plastik secara massal. mesin *injeksi Molding* bekerja dengan cara memanaskan bahan plastik hingga meleleh, kemudian mengalirkan ke dalam cetakan untuk membentuk produk sesuai dengan desain yang diinginkan. Namun, penggunaan plastik daur ulang dalam proses ini menghadirkan tantangan tersendiri, terutama terkait dengan sifat mekanik produk yang dihasilkan [3]. Namun, penggunaan plastik daur ulang dalam proses ini menghadirkan tantangan tersendiri, terutama terkait dengan sifat mekanik produk yang dihasilkan. Plastik daur ulang mungkin memiliki degradasi sifat mekanik akibat proses penggunaan sebelumnya dan penurunan kualitas selama daur ulang. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana faktor-faktor seperti temperatur dalam proses *injeksi Molding* dapat mempengaruhi sifat mekanik plastik daur ulang.

Melihat pentingnya pengaruh temperatur terhadap sifat mekanik produk plastik, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur pada proses *injeksi Molding* terhadap sifat mekanik produk batang

plastik yang terbuat dari paduan LDPE, HDPE, dan PP. Diharapkan hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya pengelolaan sampah plastik dan pengembangan material plastik yang lebih ramah lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini merupakan pemaparan dari rumusan masalah yang akan diteliti pada penelitian kali ini yaitu, diantaranya sebagai berikut.

1. Temperatur mana yang memberikan sifat mekanik paling bagus untuk produk batang plastik dengan paduan 3 jenis plastik yang dihasilkan dengan metode *injection Molding* ?
2. Bagaimana Menganalisa hasil pengujian sifat mekanik dari paduan plastik LDPE, HDPE, dan PP?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini merupakan perincian terkait tujuan penelitian yang didasarkan pada rumusan masalah di atas yaitu, diantaranya sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh temperatur mana yang memberikan sifat mekanik paling bagus untuk produk batang plastik dengan paduan 3 jenis plastik yang dihasilkan dengan metode *injection Molding* .
2. Menganalisa hasil pengujian sifat mekanik dari paduan plastik LDPE, HDPE, dan PP.

## 1.4 Batasan Masalah

Berikut ini merupakan penjabaran dari penjelasan terkait dengan batasan masalah yang akan menjadi acuan pada penelitian kali ini, yaitu

1. Penelitian ini hanya akan memfokuskan pada tiga jenis plastik, yaitu LDPE, HDPE, dan PP.
2. Produk plastik yang dianalisis adalah batang plastik yang diproduksi menggunakan mesin *injection Molding* .
3. Variasi temperatur selama proses pemanasan yaitu 190°C & 200°C.
4. Mesin *injection Molding* yang digunakan mesin yang ada di FT untirta.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berikut ini merupakan manfaat dari yang akan didapatkan oleh penulis yaitu sebagai berikut.

1. Mengurangi limbah plastik dilingkungan sekitar.
2. Menghemat Biaya Produksi Dengan mengetahui pengaruh suhu terhadap kekuatan plastik, perusahaan bisa lebih efisien dalam proses produksi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *State of Art*

Dalam beberapa tahun terakhir, masalah limbah plastik telah menjadi perhatian global yang mendesak. Dengan meningkatnya produksi plastik dan penggunaannya dalam berbagai sektor, limbah plastik yang dihasilkan juga meningkat secara signifikan. Adapun penelitian- penelitian tersebut ialah sebagai berikut.

**Tabel 2.1** *State of Art*

NO	Judul Dan Tahun Penelitian	Deskripsi	Hasil Penelitian
1	Pengelolaan Sampah di Indonesia (2017)	Penelitian ini mengeksplorasi regulasi sampah yang lemah di Indonesia dan pengaruhnya terhadap partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah. Ditemukan bahwa program berbasis masyarakat seperti komposting dan bank sampah diperlukan.	Volume sampah harian di kota-kota besar: Jakarta 7,000 m <sup>3</sup> , Surabaya 3,500 m <sup>3</sup> , Bandung 2,500 m <sup>3</sup> , Semarang 1,500 m <sup>3</sup> , Yogyakarta 1,000 m <sup>3</sup> . Jenis plastik yang umum ditemukan adalah PP, LDPE, HDPE, PVC, PET, dan Styrofoam.
2	Daur Ulang Plastik HDPE Menjadi Produk Baru (2021)	Fokus pada pembuatan asbak dari plastik HDPE daur ulang dengan metode eksperimen. Penelitian ini melibatkan pengumpulan, pembersihan, pemotongan,	Penggunaan warna mempengaruhi penampilan produk akhir; meskipun ada kekurangan seperti permukaan tidak rata, ada potensi besar dalam mengurangi sampah plastik.

		pemanasan, dan pencetakan plastik HDPE.	
3	Pengaruh Variasi Jenis Sampah Plastik terhadap Volume Minyak Hasil Pirolisis (2024)	Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengevaluasi volume minyak hasil pirolisis dari jenis sampah plastik HDPE, LDPE, dan PP pada temperatur 400°C.	Volume minyak: PP 921 mL (tertinggi), LDPE 449 mL, HDPE 400 mL; PP lebih mudah terdekomposisi dan memiliki volatilitas lebih tinggi.
4	Pendayagunaan Limbah Plastik Menjadi Ecopaving (2020)	Menganalisis penggunaan limbah plastik HDPE dan LDPE dalam pembuatan paving <i>block</i> melalui penelitian kepustakaan. Penelitian ini mengkaji kelebihan dan kekurangan dari penggunaan plastik dalam paving block.	Paving block dengan campuran 1 kg limbah plastik HDPE dan 2 kg pasir dapat mencapai kuat tekan hingga 17 MPa.
5	Pengaruh Temperatur Proses Injeksi Terhadap Sifat Mekanis Bahan <i>Polypropylene</i> Daur Ulang (2020)	Menggunakan metode eksperimen untuk melihat pengaruh variasi temperatur <i>injeksi</i> (190°C, 220°C, 250°C) terhadap sifat mekanik <i>polypropylene</i> daur ulang menggunakan mesin <i>injection Molding</i> .	Kekuatan tarik tertinggi pada 190°C (33,2 MPa); semakin tinggi temperatur <i>injeksi</i> menyebabkan peningkatan rongga pada spesimen yang menurunkan

6	Analisa Pengaruh Paduan Jenis Plastik PP, HPDE, DAN LDPE Daur Ulang Pada Pembuatan Produk Plastik <i>Beam</i> Dengan Mesin <i>Injection Molding</i> (2025)	Menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh paduan jenis plastik daur ulang (PP, HDPE, dan LDPE) terhadap sifat mekanik produk plastik <i>beam</i> yang dihasilkan menggunakan mesin <i>injection molding</i> . temperatur injeksi 190°C	Hasil penelitian menunjukkan bahwa paduan (PP + HDPE) memberikan nilai uji tarik terbaik dengan tegangan tarik sebesar 26,2 MPa, regangan 29,2%, dan modulus elastisitas 89,6 MPa. Untuk uji impak, paduan yang sama menghasilkan nilai rata-rata sebesar 0,168 Joule/mm <sup>2</sup> . Penelitian ini menyimpulkan bahwa paduan (PP + HDPE) dapat dijadikan referensi untuk pembuatan produk plastik <i>beam</i> yang memiliki sifat mekanik yang baik dan tahan terhadap beban serta benturan.
---	--	--	--

## 2.2 Sampah Plastik

Plastik merupakan salah satu jenis sampah dengan jumlah paling banyak di dunia. Komposisi sampah plastik di Indonesia setiap tahun mengalami pertambahan sekitar 5-6% sejak tahun 2000. Data ini semakin diperjelas dengan posisi Indonesia pada nomor dua teratas setelah China sebagai pembuang sampah plastik tertinggi sebanyak 8,96 ton per tahunnya [7]. Namun, penggunaan plastik yang semakin meluas juga menimbulkan masalah lingkungan yang serius, terutama terkait dengan limbah plastik yang sulit terurai. Menurut data statistik, Indonesia menghasilkan sekitar 5,4 juta ton sampah plastik per tahun, menjadikannya salah satu negara dengan jumlah limbah plastik terbesar di dunia [2].



**Gambar 2.1** Sampah Plastik

Plastik juga senyawa organik yang sangat mudah dibentuk, punya rantai yang panjang karena tersusun atas polimerisasi bahan organik dan memiliki berat molekul yang besar. Plastik terbuat dari karbon, hidrogen dan atom-atom lainnya yang terikat dalam rantai molekul panjang yang disebut polimer. Plastik tidak ditemukan di alam, tetapi dibuat dari produk-produk batubara, minyak bumi, katun, kayu gas, garam dan air. Plastik digunakan untuk membuat berbagai macam materi, termasuk perabot, komputer dan mainan. Plastik sangat berguna karena kuat, ringan dan tahan terhadap panas dan bahan kimia dibandingkan banyak materi lain [8].

### **2.3 Jenis-Jenis Plastik dan Kode Plastik**

Ada berbagai macam jenis plastik. Secara sederhana, jenis plastik dapat diketahui pada bagian bawah kemasan plastik terdapat kode berupa angka dari 1 sampai 7 yang menunjukkan jenis plastik yang digunakan adapun 7 jenis plastik tersebut adalah [9].

#### **a. PET (*Polyethylene Terephthlate*)**

Plastik PET (*Polyethylene Terephthlate*) ini adalah plastik yang bersifat tahan lama kuat dan mudah dibentuk pada saat kondisi panas. Plastik dengan kode panah segi tiga dan nomor 1 di tengah, plastik PET ini adalah plastik yang disarankan dengan satu kali pakai bila digunakan. Plastik ini dapat ditemukan sehari hari pada beberapa wadah makanan, minuman, dan juga botol air mineral.



**Gambar 2.2** Plastik PET

b. HDPE (*High Density Polyethylene*)

Plastik jenis ini yaitu HDPE (*High Density Polyethylene*) adalah plastik yang memiliki sedikit cabang pada rantai antara molekulnya yang menyebabkan plastik ini memiliki densitas yang rendah, dibanding dengan plastik jenis *low density*. Dengan demikian plastik *high density* adalah plastik yang mempunyai sifat bahan yang lebih kuat, keras buram dan lebih tahan terhadap suhu yang tinggi.

**Tabel 2.2** *Basic Properties of HDPE*

Sifat	Nilai
<i>Hardness (Shore D)</i>	62
<i>Modulus of elasticity</i>	1250 Mpa
<i>Density</i>	952 kg/m <sup>3</sup>
<i>Tensile Strength Ultimate</i>	30 Mpa
<i>Tensile Strength Yield</i>	21,9 Mpa
<i>Izod Impact</i>	3,7 J/cm
<i>Melting Point</i>	130°C



**Gambar 2.3** Plastik HDPE

c. PVC (*Polyvinyl Chloride*)

PVC merupakan plastik yang paling sulit didaur ulang, plastik ini merupakan plastik dengan nomor kode tiga, sifat dari pvc sendiri adalah transparan sampai dengan warna keruh, plastik ini dapat tahan terhadap minyak dan lemak serta tidak mudah sobek plastik pvc dapat ditemukan pada pipa air, pipa bangunan, dan dapat juga digunakan sebagai nampan atau wadah makanan. Plastik ini diberi nomor kode dengan angka 3.



**Gambar 2.4** Plastik PVC

d. LDPE (*Low Density Polyethylene*)

Plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) adalah plastik dengan sifat yang kuat, agak tembus cahaya, fleksibel, dan pada permukaannya mengandung lemak. Pada suhu 60°C keadaanya sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya kekebalan terhadap uap air tergolong dalam kadar baik, akan tetapi plastik LDPE ini kurang baik terhadap gas yang lain seperti contoh gas oksigen. Plastik ini diberi nomor kode dengan angka 4.

**Tabel 2.3** *Basic Properties of LDPE*

Sifat	Nilai
<i>Hardness (Shore D)</i>	54
<i>Tensile Strength Ultimate</i>	18 Mpa
<i>Tensile Strength Yield</i>	10,3 Mpa
<i>Elongation at Break</i>	400%
<i>Modulus of elasticity</i>	520 MPa
<i>Melting Point</i>	121°C



**Gambar 2.5** Plastik LDPE

e. PP (*Polypropilene Polypropene*)

PP (*Polypropilene Polypropene*) adalah plastik yang mempunyai sifat tahan panas, tahan minyak, dan tahan lemak. Plastik ini dicirikan dengan warna jernih atau transparan plastik ini juga tahan terhadap kadar asam yang sangat kuat biasanya plastik ini sering digunakan sebagai tempat makanan. Untuk kode nomor dari plastik ini ditetapkan dengan angka 5 plastik ini dapat ditemui pada wadah makanan plastik, gelas plastik, taperwere.

**Tabel 2.4** *Basic Properties of PP*

Sifat	Nilai
<i>Tensile Strength at Yield</i>	35 Mpa
<i>Tensile elongation at Yield</i>	10%
<i>Modulus of elasticity</i>	1500 MPa
<i>Density</i>	905 kg/m <sup>3</sup>
<i>Notched Izod Impact Strength</i>	25 J/m
<i>Rockwell hardness (R-scale)</i>	102
<i>Melting Point</i>	160°C



**Gambar 2.5** Plastik PP

f. PS (*polystyrene*)

Plastik PS (*Polystyrene*) pada plastik jenis ini mempunyai sifat fisik yaitu ringan dan mudah dibentuk, mudah rusak. Jenis plastik ini diberi kode angka 6 dan plastik ini dapat dikenal dengan mudah biasanya plastik ini dapat dijumpai pada kotak makan dan lain lain.



**Gambar 2.6** Plastik PS

g. *Other* (O)

Jenis plastik ini diberi kode nomor 7 dan tulisan *other*. Yang termasuk plastik *other* adalah plastik selain dari yang disebutkan di atas misalnya alat elektronik, sikat gigi dan mainan lego Pengolahan sampah dengan metode pirolisis yang memanfaatkan sampah plastik sebagai bahan dari pembuatan minyak pirolisis.



**Gambar 2.7** Plastik *Other*

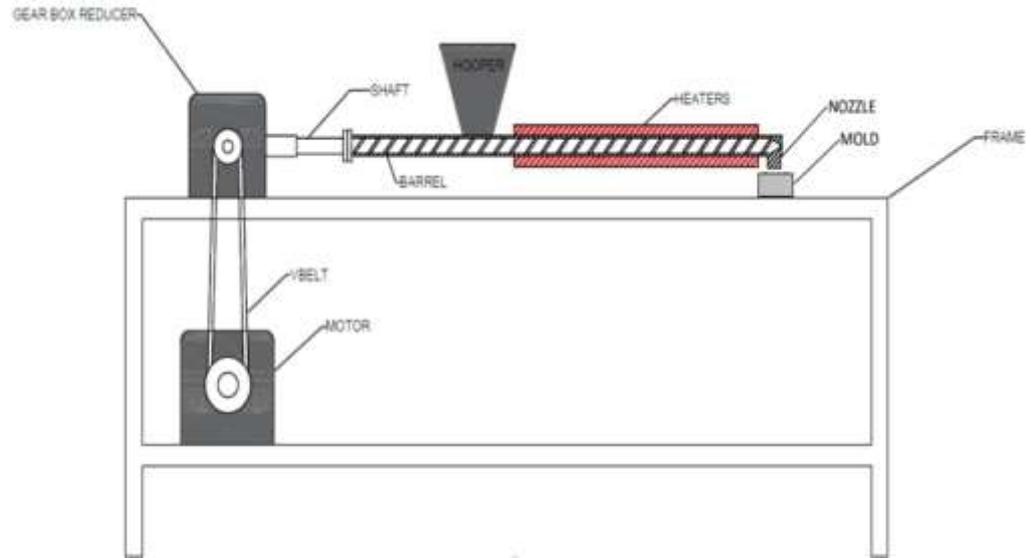
## 2.4 *Injection Molding*

*Injection Molding* adalah proses pembentukan suatu benda atau produk dari material plastik yang dipanaskan dan diinjeksikan kedalam cetakan atau *mold*. *Mold* plastik pada prinsipnya adalah suatu alat (*tool*) yang digunakan untuk membuat komponen-komponen dari material plastik dengan mesin

injeksi plastik. Faktor yang paling berpengaruh dalam proses *Injection Molding* yaitu luas penampang, ketebalan, *insert* yang panjang, tuntutan ukuran (toleransi) yang sesuai dan pemilihan material [10]. *Injection Molding* ialah salah satu teknik manufaktur yang paling umum digunakan dalam produksi massal produk plastik. Proses ini melibatkan melelehkan bahan baku plastik, seperti PP, menjadi bentuk cair dan menginjeksikannya ke dalam cetakan dengan tekanan tinggi [13]. Proses *injection Molding* menawarkan berbagai keunggulan, termasuk kecepatan produksi yang tinggi, presisi geometri produk yang tinggi, dan kemampuan untuk menghasilkan produk dalam volume besar dengan biaya yang relatif rendah [14]. prinsip kerja *Injection Molding* yaitu material plastik dimasukkan ke dalam *hopper* akan terbawa oleh *screw* yang berputar kedalam *barrel*, kemudian material plastik akan dicairkan di dalam *barrel* oleh pemanas atau *heater* dengan suhu yang sudah disesuaikan. Material plastik akan mencair dan siap diinjeksi kedalam cetakan, sebelum proses injeksi *injection* akan menutup dengan tekanan tertentu dan cairan plastik diinjeksikan kedalam cetakan atau *mold*, kemudian terjadi proses *holding* untuk menyempurnakan produk dan menahan tekanan balik, setelah itu terjadi proses *charging* dan *cooling* yang berguna untuk pengisian material dan pendinginan produk plastik yang berada pada cetakan. Produk plastik yang sudah didinginkan akan dikeluarkan oleh *ejector* setelah cetakan atau *mold* membuka [15].

## 2.5 Bagian-Bagian *Injection Molding*

Pada mesin *Injection molding* terdapat beberapa bagian utama yang berperan penting pada saat proses pembuatan produk plastik, adapun bagian-bagian dari mesin *Injection Molding* yaitu sebagai berikut [10].



**Gambar 2.3** Skema Alat *Injection Molding*

**A. Motor**

Berfungsi sebagai sumber tenaga utama yang menggerakkan seluruh sistem, terutama untuk memutar *screw* melalui sistem *belt* dan *gearbox*.

**B. Belt**

Menghubungkan motor dengan *gear box reducer*, mentransmisikan tenaga dari motor ke sistem penggerak *screw*.

**C. Gear Box Reducer**

Menurunkan kecepatan putaran dari motor sambil meningkatkan torsi. Ini penting agar *screw* dapat berputar dengan tenaga besar namun kecepatan terkontrol.

**D. Shaft**

Poros penghubung antara *gearbox* dan *screw* yang memutar *screw* untuk mendorong plastik melewati *barrel*.

**E. Hopper**

Tempat memasukkan bahan baku plastik, Bahan akan turun ke *barrel*.

**F. Barrel**

Tabung tempat *screw* berputar dan mendorong bahan plastik ke depan sambil dipanaskan oleh pemanas (*heaters*).

### G. *Heaters*

Elemen pemanas yang melingkupi barrel, berfungsi untuk melelehkan bahan plastik sebelum disuntikkan ke dalam cetakan.

### H. *Screw* (di dalam *Barrel*)

Tidak ditandai dalam gambar, tetapi berada di dalam *barrel*. Fungsinya mendorong dan mencampur bahan plastik yang meleleh ke arah *nozzle*.

### I. *Nozzle*

Ujung dari *barrel* yang mengarahkan aliran plastik cair ke dalam  *mold*. *Nozzle* menyuntikkan plastik ke cetakan dengan tekanan tinggi.

### J. *Mold* (Cetakan)

Tempat plastik cair dituangkan untuk dibentuk sesuai desain produk. Setelah dingin, plastik akan mengeras dan produk terbentuk.

### K. *Frame*

Struktur rangka utama mesin yang menopang semua komponen di atas agar tetap kokoh dan stabil.

## 2.6 Pengujian Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah karakteristik yang menggambarkan perilaku material saat menerima gaya atau deformasi. Sifat ini sangat penting dalam berbagai aplikasi industri, seperti konstruksi dan pembuatan komponen otomotif, adapun macam-macam pengujian sifat mekanik sebagai berikut.

- a. Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terusmenerus, sehingga bahan (perpanjangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan-regangan yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan. Mesin uji tarik sering

diperlukan dalam kegiatan *engineering* untuk mengetahui sifat sifat mekanik suatu material. Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian pendukung utama, diantaranya kerangka, mekanikme pencekam spesimen, sistem penarik dan mekanikme, serta sistem pengukur. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontiniu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji [11].



**Gambar 2.4** Alat Uji Tarik

- b. Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material. Pada uji impak, digunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Perbedaan dari pembebanan jenis ini dapat dilihat pada strain ratenya. Pada pembebanan cepat atau disebut dengan beban impak, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke benda uji [12]. Menurut Dieter, & Schmidt (2009) uji impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Hasil uji impak juga tidak dapat membaca secara langsung kondisi perpatahan batang uji, sebab tidak dapat mengukur komponen gaya-gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji. Hasil yang diperoleh dari pengujian impak ini, juga tidak ada persetujuan secara umum mengenai interpretasi atau pemanfaatannya. Sejumlah uji impak batang uji bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam

menentukan perpatahan rapuh pada logam. Metode yang telah menjadi standar untuk uji impak ini ada 2, yaitu uji impak metode *Charpy* dan metode *Izod*. [15].



**Gambar 2.5** Uji impak

## 2.7 Rumus Uji Tarik dan Uji Impak

### A. Tegangan Tarik

Tegangan adalah gaya yang bekerja pada suatu benda dibagi dengan luas permukaan tempat gaya itu bekerja [22].

Rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya tarik yang diberikan (N)

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

### B. Regangan

Regangan adalah seberapa banyak suatu benda berubah panjang setelah diberi gaya [22].

Rumusnya:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan Tarik (*Strain*)

$\Delta L$  = Pertambahan Panjang spesimen

$L_0$  = Panjang awal spesimen

### C. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran seberapa kaku atau lentur suatu bahan. Semakin besar nilai modulusnya, semakin kaku bahan itu [22].

Rumus:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

### D. Nilai Impak

Rumus:

$$\text{Nilai Impak} = \frac{\text{Energi diserap (Joule)}}{\text{Luas Penampang (mm}^2\text{)}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

E = energi yang diserap (Joule)

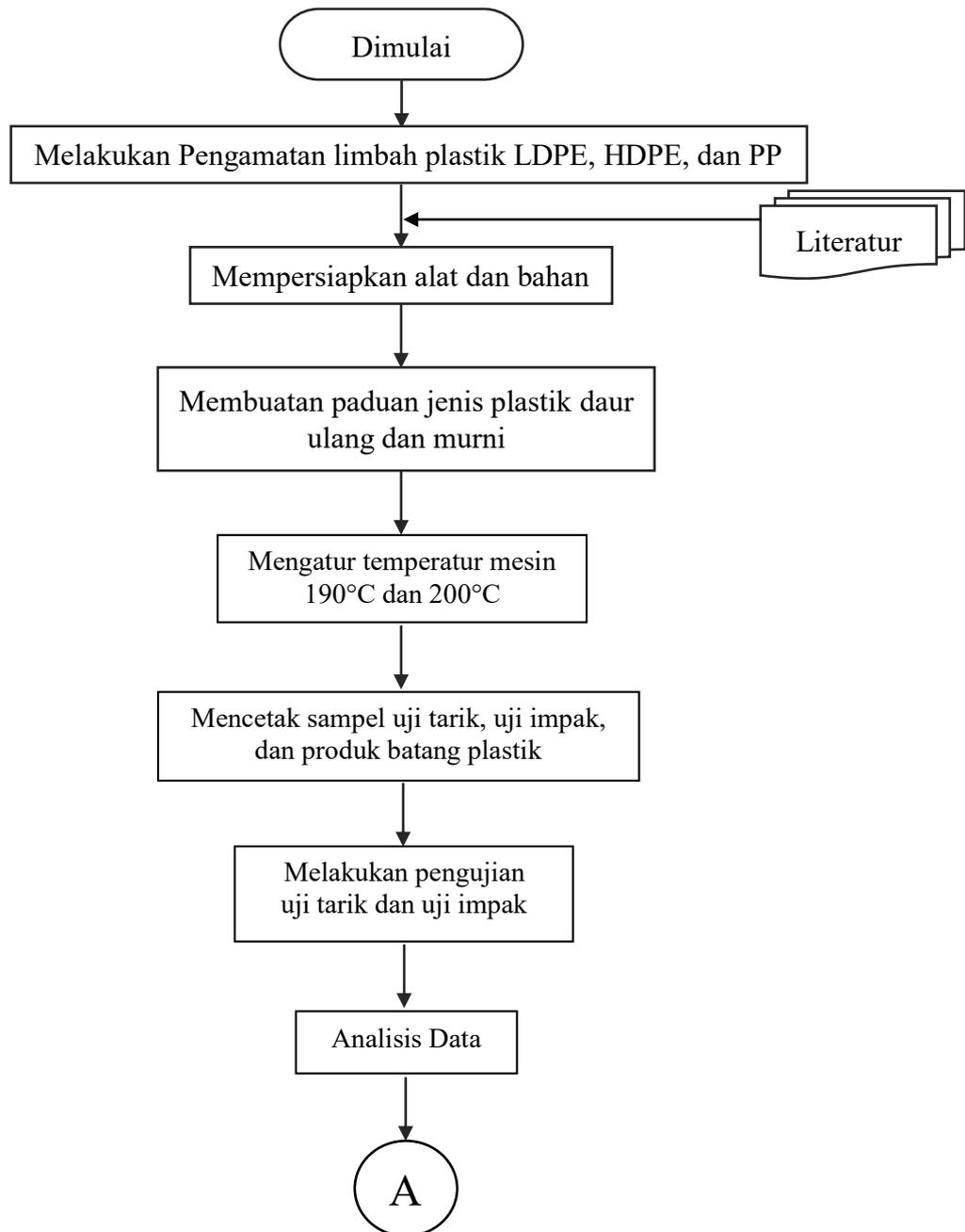
A = luas penampang di bawah takik (mm<sup>2</sup>)

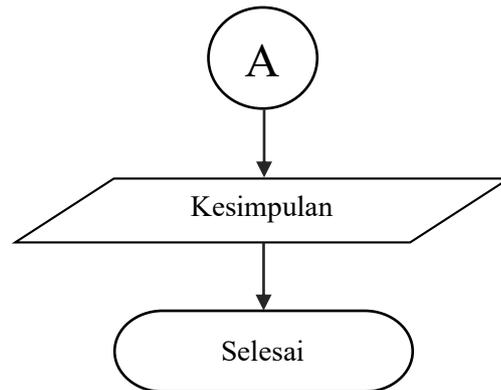
# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1 Diagram Alir Percobaan

Adapun diagram alir tahapan dari proses penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1 yaitu sebagai berikut:





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

1. Mulai

Bagian ini menandakan awal dari seluruh proses penelitian yang akan dilakukan.

2. Literatur

Tahapan ini merupakan pengumpulan informasi atau teori dari berbagai sumber referensi ilmiah yang mendukung pemahaman terhadap material LDPE, HDPE, dan PP yang digunakan dalam eksperimen.

3. Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini, alat-alat yang diperlukan seperti mesin cetak, bahan baku (LDPE, HDPE, PP), dan peralatan pengujian disiapkan untuk keperluan pembuatan paduan plastik.

4. Pembuatan Paduan Jenis Plastik dan Proses Pencetakan Sampel

Tahap pembuatan 3 paduan jenis limbah plastik melibatkan proses pencampuran LDPE 20% , HDPE 50%, dan PP 30% dengan variasi temperatur mesin *barrel* di suhu 190°C dan 200°C. Sampel kemudian dicetak untuk keperluan uji tarik, impak, dan produk batang plastik.

5. Melakukan Pengujian

Setelah sampel dicetak dengan tiga variasi suhu tersebut, data diambil dari serangkaian uji yang melibatkan sifat mekanik material.

6. Uji Impak

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur ketahanan material terhadap benturan atau pukulan. Data yang diambil akan menunjukkan seberapa kuat material tersebut menghadapi gaya yang tiba-tiba.

### 7. Uji Tarik

Uji ini dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik material, yaitu kemampuan material bertahan terhadap gaya yang menarik hingga putus.

### 8. Analisis Data

Setelah semua pengujian dilakukan, hasil data dari uji impak, kekerasan, dan tarik dianalisis. Tujuannya untuk melihat bagaimana variasi suhu mempengaruhi sifat mekanik paduan plastik.

### 9. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data, peneliti menarik kesimpulan mengenai pengaruh variasi suhu terhadap sifat material paduan LDPE, HDPE, dan PP. Kesimpulan ini merangkum hasil dari keseluruhan eksperimen.

### 10. Selesai

Ini menandai akhir dari seluruh rangkaian proses penelitian yang dilakukan, termasuk eksperimen, pengujian, analisis, dan kesimpulan.

## 3.2 Peralatan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan oleh penulis pada saat penelitian yaitu sebagai berikut

### 3.2.1 Alat yang Digunakan

Adapun alat-alat yang akan digunakan oleh penulis pada saat penelitian yaitu sebagai berikut.

#### 1. Mesin *Injection Molding*

Mesin *Injection Molding* berfungsi untuk membuat produk dari limbah plastik menjadi produk batang plastik dengan cara dilelehkan ke suatu cetakan.



**Gambar 3.2** Mesin *Injection Molding*

Berikut spesifikasi dari motor listrik dan *gearbox* yang digunakan pada alat *Injection Molding* diatas :

a. Spesifikasi Motor Listrik

<i>Merk</i>	: NLG
<i>Tipe</i>	: HOC 11 – 4 – 4 – 1 – 5
<i>Power</i>	: 1.1 Kw / 1.5 HP
<i>Voltage</i>	: 220 V / 1 Phase
<i>Ampere</i>	: 9.8 A
<i>Frequency</i>	: 50 Hz
<i>Speed</i>	: 1480 r/min

b. Spesifikasi *Gearbox*

<i>Merk</i>	: WESTAR
<i>Model</i>	: WPA
<i>Ratio</i>	: 1:20

2. Mesin Pencacah Plastik

Mesin pencacah plastik berfungsi untuk mencacah limbah plastik menjadi potongan kecil untuk memudahkan Proses pengolahan dan daur ulang, Berikut spesifikasi dari mesin pencacah plastik yang digunakan yaitu sebagai berikut:



**Gambar 3.3** Mesin Pencacah Plastik

Mesin Pencacah	: Tipe <i>Crusher</i>
Material Mesin	: Besi Baja
Ukuran Mesin	: 47 cm x 28 cm x 102, 2 cm
Lebar Box Pencacah	: 15 cm

Motor Listrik : 0.37 Kw, 220V, 9.8 A

### 3. Cetakan (Batang Plastik , Uji Tarik, dan Uji Impak)

Cetakan plastik batang plastik dan cetakan uji impak terbuat dari bahan aluminium, sedangkan untuk cetakan uji tarik terbuat dari bahan plat besi,

#### A. Cetakan Batang Plastik

Dimensi cetakan bagian dalam (area cetakan):

Panjang : 130 mm

Lebar : 50 mm

Tinggi : 10 mm

Dimensi total cetakan (area luar):

Panjang : 150 mm

Lebar : 70 mm

Tinggi : 30 mm



**Gambar 3.4** Cetakan Batang Plastik

#### B. Cetakan Uji Impak ASTM D256

Tebal Spesimen : 10,16

Panjang dari ujung spesimen ke dasar takik : 31,8

Panjang total spesimen : 63,5

Dimensi dan profil takik : 2,54

Radius dasar takik : 0,25

Lebar spesimen : 12,70



**Gambar 3.5** Cetakan Uji Impak

C. Cetakan Uji Tarik ASTM D638

Lebar bagian sempit	: 13 mm
Panjang bagian sempit	: 57 mm
Lebar keseluruhan	: 19 mm
Panjang keseluruhan	: 165 mm
Panjang <i>gage</i> (bagian yang diukur)	: 50 mm
Jarak antara <i>grip</i> (penjepit)	: 115 mm
Radius lengkungan <i>fillet</i>	: 76 mm
Ketebalan	: 3,2 mm



**Gambar 3.6** Cetakan Uji Tarik

3. *Neraca Digital*

*Neraca digital* digunakan untuk mengukur massa dari bahan limbah plastik yaitu HDPE, LDPE, dan PP



**Gambar 3.7** Nerca Digital

4. *Klem*

*Klem* berfungsi untuk menjepit dan mengamankan cetakan agar tetap tertutup rapat selama proses pencetakan.



**Gambar 3.8** Klem

5. Sikat Kawat

Sikat kawat berfungsi untuk membersihkan *screw* yang kotor akibat limbah plastik yang sudah mengeras dan masi panas.



**Gambar 3.9** Sikat kawat

6. Jangka Sorong

Jangka sorong suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur panjang, lebar, dan tinggi suatu produk plastik yang telah dibuat.



**Gambar 3.10** Jangka Sorong

### 7. Uji *Impact*

Alat uji *impact* berfungsi untuk menilai sejauh mana batang plastik dapat menyerap energi benturan tanpa mengalami kerusakan.



**Gambar 3.11** Alat Uji *Impact*

Adapun spesifikasi dari alat uji *impact* diatas yaitu sebagai berikut:

Merk	: GOTECH
Model	: GT-7045-MD
Jenis uji	: <i>Izod &amp; Charpy</i>
Kapasitas energi	: hingga 25 <i>Joule</i>
Kecepatan <i>impact</i>	: $\pm 3,46$ m/s
Display	: Skala analog
Tahun perolehan	: 2022

### 8. Uji Tarik

Alat uji tarik berfungsi untuk mengevaluasi kemampuan batang plastik dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami kegagalan.



**Gambar 3.12** Alat Uji Tarik

Adapun spesifikasi dari alat uji tarik diatas yaitu sebagai berikut:

Merk	: GOTECH
Model	: AI-3000-U
Kapasitas	: 100 N – 5 kN
Akurasi	: $\pm 0,5\%$
Kecepatan uji	: 0,001 – 999 mm/min
Display	: Digital
Berat	: $\pm 120$ kg

### 3.2.2 Bahan yang Digunakan

Adapun alat-alat yang akan digunakan oleh penulis pada saat penelitian yaitu sebagai berikut.

#### 1. Limbah Plastik LDPE

LDPE adalah jenis plastik dengan kepadatan rendah dan fleksibilitas tinggi. Bahan ini tahan terhadap lembab dan memiliki sifat kimia yang baik. LDPE sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan daya tahan terhadap bahan kimia ringan. Contohnya yaitu Botol infus.



**Gambar 3.13** Limbah Plastik LDPE

## 2. Limbah Plastik HDPE (*High-Density Polyethylene*)

HDPE memiliki kepadatan tinggi dan kekuatan yang lebih besar dibandingkan LDPE. Bahan ini tahan terhadap benturan, suhu, dan bahan kimia. HDPE ideal untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan struktural. Contohnya Botol deterjen atau pembersih.



**Gambar 3.14** Limbah Plastik HDPE

## 3. Limbah Plastik PP (*Polypropylene*)

*Polypropylene* adalah bahan plastik yang ringan dan memiliki ketahanan baik terhadap suhu dan bahan kimia. PP memiliki kekuatan tarik tinggi dan ketahanan terhadap deformasi, menjadikannya cocok untuk produk yang memerlukan ketahanan dan fleksibilitas Contohnya tutup kaleng susu.



**Gambar 3.15** Limbah Plastik PP

## 4. Minyak Goreng

Minyak goreng berfungsi sebagai pelumas untuk membantu melepaskan plastik beam dari cetakan selama proses *injection Molding* . Penggunaan minyak ini mencegah plastik menempel pada permukaan cetakan, sehingga memudahkan pengambilan produk tanpa merusak bagian luar plastik.



**Gambar 3.16** Minyak Goreng

### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian skripsi ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen, di mana penulis akan melaksanakan pembuatan batang plastik serta membuat sampel untuk pengujian (uji tarik dan uji impak) menggunakan berbagai paduan plastik daur ulang (LDPE, HDPE, Dan PP). suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $190^{\circ}\text{C}$  dan  $200^{\circ}\text{C}$  untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap sifat mekanik dari setiap sampel yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, terdapat tiga jenis variabel yang dianalisis, yaitu variabel terikat, variabel bebas, dan variabel terkontrol. Rincian mengenai variabel yang digunakan dalam proses pengujian dapat dilihat di bawah ini.

#### 1. Variabel Terikat

- a. Data yang diperoleh dari pengujian uji Tarik
- b. Data yang diperoleh dari pengujian uji *impact*

#### 2. Variabel Bebas

- a. Komposisi material yaitu LDPE 20%, HDPE 50%, dan PP 30%
- b. Jenis paduan plastik daur ulang (LDPE, HDPE, PP)

#### 3. Variabel Kontrol

- a. Suhu dipakai  $190^{\circ}\text{C}$  dan  $200^{\circ}\text{C}$
- b. Bentuk *sampel* dan ukuran *sampel*

### 3.4 Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat dua prosedur utama yang dilaksanakan, yaitu prosedur proses pencacahan limbah plastik dari jenis HDPE, LDPE, dan PP, serta prosedur proses mesin *Injection Molding* untuk proses pembuatan produk.

### **3.4.1 Prosedur Proses Pencacahan Limbah Plastik dengan Jenis HDPE, LDPE, Dan PP**

Adapun Prosedur Proses Pencacahan Limbah Plastik dengan Jenis HDPE, LDPE, Dan PP yaitu sebagai berikut

1. Mempersiapkan plastik daur ulang dari jenis LDPE, HDPE, atau PP serta mesin pencacah plastik.
2. Membersihkan plastik yang akan dicacah untuk memastikan tidak ada kotoran yang menempel, dan pilih berdasarkan jenisnya (LDPE, HDPE, atau PP).
3. Memeriksa kondisi pisau mesin pencacah untuk memastikan bahwa pisau dalam keadaan tajam dan terpasang dengan benar.
4. Mengatur parameter mesin sesuai spesifikasi yang diinginkan, termasuk kecepatan putaran pisau dan ukuran hasil cacahan.
5. Memasukkan plastik secara bertahap ke dalam *hopper* untuk menghindari penumpukan atau kelebihan beban pada mesin.
6. Memonitor proses pencacahan secara terus-menerus untuk memastikan mesin beroperasi dengan baik dan tidak mengalami masalah.
7. Mematikan mesin setelah semua limbah plastik dari jenis LDPE, HDPE, dan PP telah dicacah dengan baik.
8. Mengumpulkan hasil cacahan ke dalam wadah penampung yang sesuai dengan masing-masing jenis plastik.
9. Membersihkan mesin pencacah dari sisa-sisa hasil cacahan yang mungkin masih menempel untuk menjaga kebersihan dan performa mesin.

### **3.4.2 Prosedur Proses Pembuatan *Sampel* Menggunakan Mesin *Injection Molding***

Adapun Prosedur Proses Pencacahan Limbah Plastik dengan Jenis LDPE, HDPE, dan PP yaitu sebagai berikut

1. Mempersiapkan alat mesin *Injection Molding* yang ingin digunakan.



**Gambar 3.17** Mesin *Injection Molding*

2. Menyiapkan bahan baku dari limbah plastik yaitu LDPE, HDPE, dan PP yang telah dicacah.
  - a. Minimbang cacahan limbah plastik untuk *sampel* uji tarik dengan Paduan 3 jenis limbah plastik yaitu (HDPE) 35g , (LDPE) 15g, dan (PP) 20g% pada neraca timbangan dengan berat total 70g.



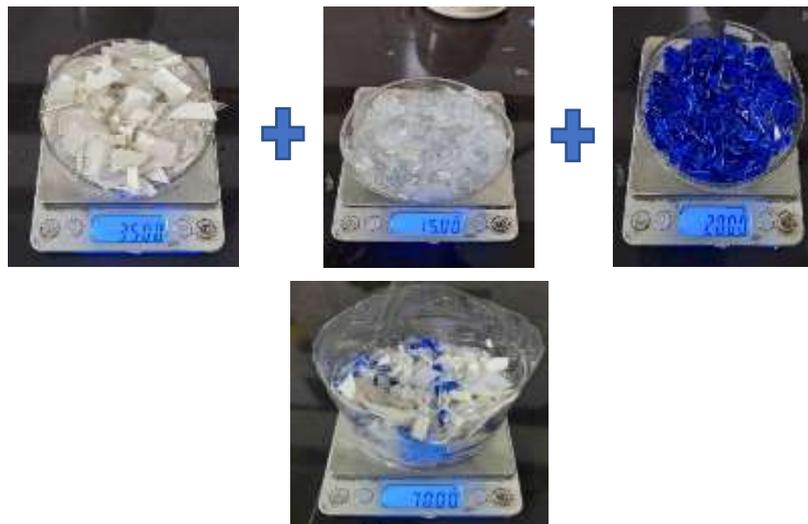
**Gambar 3.18** Minimbang Cacahan Limbah Plastik Untuk *Sampel Uji Tarik*

- b. Minimbang cacahan limbah plastik untuk *sampel* uji impak dengan Paduan 3 jenis limbah plastik yaitu (HDPE) 25g, (LDPE) 10g, dan (PP) 15g pada neraca timbangan dengan berat total 50g.



**Gambar 3.19** Minimbang Cacahan Limbah Plastik Untuk *Sampel Uji Impak*

- c. Minimbang cacahan limbah plastik untuk *sampel* batang plastik dengan Paduan 3 jenis limbah yaitu (HPDE) 35g , (LDPE) 15g, dan (PP) 20g% pada neraca timbangan dengan berat total 70g.



**Gambar 3.20** Minimbang Cacahan Limbah Plastik Untuk Produk Batang Plastik

3. Menyiapkan cetakan yang akan digunakan.



**Gambar 3.21** Menyiapkan Cetakan

4. Mengoleskan minyak goreng pada cetakan.



**Gambar 3.22** Mengoleskan Minyak Goreng Pada Cetakan

5. Menyalakan mesin *Injection Molding* dan menunggu hingga suhu mesin mencapai tingkat yang diperlukan untuk memanaskan bahan baku dari cacahan limbah plastik Paduan LDPE, HDPE, dan PP.
6. Mengatur suhu pada mesin *Injection Molding* sesuai dengan kebutuhan penelitian untuk langkah ini, suhu diatur yaitu ada 2 variasi 190°C dan 200°C.



**Gambar 3.23** Mengatur Suhu Pada Mesin *Injection Molding*

7. Memasukkan cacahan limbah plastik yaitu HDPE, LDPE, dan PP ke dalam *hopper* dengan komposisi yang telah di gabungkan HDPE 50 %, LDPE 20%, dan PP 30%.



**Gambar 3.24** Memasukkan Cacahan Limbah Plastik

8. Menginjeksikan limbah plastik yang telah meleleh ke dalam cetakan melalui sistem *injeksi* yang ada pada mesin.



**Gambar 3.25** Menginjeksikan Limbah Plastik

9. Menunggu hingga bahan plastik mengeras dan Mengeluarkan *sampel* dari cetakan dengan hati-hati.



**Gambar 3.26** Mengeluarkan *Sampel* Dari Cetakan

10. Mengulangi proses pembuatan batang plastik dengan limbah plastik dengan temperatur yang berbeda serta menggunakan masing-masing cetakan yang berbeda seperti cetakan uji tarik dan uji impak.

### 3.4.3 Proses Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik dari material plastik, yang mencakup nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. Berikut adalah langkah-langkah dalam pengujian tarik tersebut.

1. Mempersiapkan alat uji tarik beserta dengan sampel yang akan diuji sesuai dengan standar ASTM D638 Tipe I
2. Mengukur panjang dan luas penampang awal sampel yang akan diuji tarik
3. Menyalakan mesin uji tarik dengan menghubungkannya pada stop kontak
4. Memasangkan benda uji pada bagian *grip*
5. Mengatur *grip* dengan menekan tombol *up* atau *down*. Tekan *stop* jika telah sesuai
6. Mengencangkan *grip* pada benda uji
7. Menginput data panjang awal sampel pada *display* melalui langkah-langkah berikut: klik *setup* – *enter* – tanda panah bawah – *length* – *enter*.
8. Menginput nilai luas area sampel pada *display* dengan langkah-langkah berikut: klik tombol panah bawah – *area* – *enter*
9. Menekan tombol *esc* – *esc* hingga muncul N dan mm pada *display*
10. Nolkan angka pada N dan mm dengan menekan tombol *zero*
11. Menekan tombol *test* sebanyak dua kali hingga warna merah menyala
12. Menekan tombol *down* untuk memulai pengujian tarik
13. Menggunakan *handphone* untuk merekam pertambahan panjang dan beban yang diberikan pada spesimen uji yang muncul pada *display* alat uji tarik.

#### 3.4.4 Proses Pengujian Impak

Pengujian impak bertujuan untuk menentukan jumlah energi maksimum yang dapat diserap oleh material paduan sebelum mengalami keretakan. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah metode izod. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian impak.

1. Menyiapkan benda uji sesuai standar ASTM D256.
2. Mengukur kedalaman takik dan luas penampang spesimen uji impak.
3. Mengatur posisi skala 150 Joule pada bandul.
4. Meletakkan benda uji pada mesin uji impak dengan metode izod.
5. Melepaskan bandul dengan pembebanan 11 *Joule* dan catat energi yang diserap setelah bandul mengenai benda uji.
6. Melakukan percobaan dengan paduan dan jenis plastik yang berbeda.
7. Menghitung harga impak (HI) yang didapatkan pada setiap spesimen uji.

#### 3.4.5 Proses Pengolahan Data

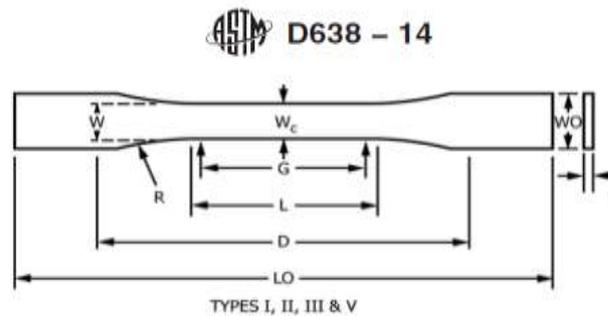
Setelah semua pengujian selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah mengumpulkan data hasil dari setiap pengujian. Data ini kemudian dianalisis. Bertujuannya untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap sifat mekanik, yang dimana akan bisa menentukan kondisi optimal dalam proses produksi menggunakan *injeksi Molding* yang menunjukkan sifat mekanik terbaik berdasarkan hasil dari nilai pengujian. Hasil dari analisis ini akan digunakan untuk merumuskan kesimpulan dari penelitian yang telah dijalankan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Pengujian Uji Tarik

Pengujian uji tarik merupakan salah satu metode penting dalam analisis sifat mekanik material, khususnya untuk mengetahui kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian uji tarik pada material daur ulang dan murni yaitu LDPE, HDPE, dan PP, Dalam penelitian ini, standar yang digunakan untuk pengujian tarik adalah ASTM D638 Tipe I yang dapat dilihat pada gambar dan tabel yang ada dibawah ini.



**Gambar 4.1** Spesimen Uji Tarik ASTM D638 Tipe I

**Tabel 4.1** *Specimen Dimensions for Thickness ASTM D638 Type I*

<i>Dimensions Type I</i>	
<b>W</b> -Width of narrow section	13 mm
<b>L</b> - Length of narrow section	57 mm
<b>WO</b> -Width overall	19 mm
<b>LO</b> -Length Overall	165 mm
<b>G</b> -Gage Length	50 mm
<b>D</b> -Distance Between grips	115 mm
<b>R</b> -Radius of fillet	76 mm
<b>T</b> - Thick	3,2 mm

Pengujian ini merupakan langkah dalam menilai kualitas material yang dirancang untuk aplikasi batang plastik. Dengan menganalisis perilaku material terhadap gaya tarik, kita dapat memahami bagaimana variasi dalam komposisi material memengaruhi sifat mekanik yang diinginkan, seperti kekuatan dan elastisitas. Dibagian ini, akan dilakukan perbandingan hasil pengujian sifat mekanik antara material plastik daur ulang yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ldpe, hdpe, dan pp dengan jenis plastik murni yang sama yaitu ldpe, hdpe, dan pp, sebagai acuan. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengevaluasi perbedaan dalam kinerja mekanik, terutama dalam hal kekuatan tarik, yang dapat memberikan wawasan mengenai potensi dan batasan dari paduan plastik daur ulang dibandingkan dengan material plastik murni.

adapun hasil dari perhitungan uji tarik yaitu pada lampiran 1 yang akan disajikan dalam sub bab 4.1.1 dan 4.1.2. Meliputi tegangan tarik max (mpa), regangan (%), modulus elastisitas (mpa) yaitu sebagai berikut:

#### **4.1.1 Perbandingan Hasil Uji Tarik Non Paduan Plastik Murni dan Daur Ulang**

Berikut disajikan data perbandingan antara plastik daur ulang PP, HDPE, dan LDPE dengan material plastik LDPE, HDPE, dan PP murni.

##### 1. Perbandingan hasil uji tarik LDPE murni dan LDPE daur ulang

##### A. Perbandingan hasil uji tarik LDPE murni dengan LDPE daur ulang temperatur 190°C

**Tabel 4.2** Perbandingan Hasil Uji Tarik LDPE Murni 190°C & Daur Ulang Temperatur 190°C

Material	Tegangan Tarik Max (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
LDPE Murni 190°C	22.16	48.54	78.65
LDPE DU 190°C	15.25	28.07	101.7

Berdasarkan hasil uji tarik pada temperatur 190°C, LDPE murni menunjukkan nilai tegangan tarik maksimum dan regangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan LDPE daur ulang. Tegangan tarik maksimum LDPE murni mencapai 22,16 MPa, sedangkan LDPE daur ulang hanya 15,25 MPa. Nilai regangan LDPE murni sebesar 48,54%, jauh lebih tinggi dibandingkan LDPE daur ulang yang hanya 28,07%. Hal ini disebabkan karena LDPE murni memiliki struktur rantai polimer yang masih utuh dan homogen, tanpa mengalami kerusakan akibat proses termal atau kontaminasi. Struktur yang masih murni ini memungkinkan LDPE murni meregang lebih panjang dan menahan gaya tarik lebih besar sebelum mengalami kerusakan, Sementara itu, nilai modulus elastisitas LDPE daur ulang lebih tinggi, yaitu 101,73 MPa, dibandingkan LDPE murni yang hanya 78,65 MPa. Nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi menunjukkan bahwa LDPE daur ulang lebih kaku. Kekakuan ini terjadi akibat proses daur ulang yang menyebabkan pemutusan rantai polimer sehingga struktur material menjadi lebih pendek dan kaku. Selain itu, LDPE daur ulang juga mengandung kontaminan atau campuran material lain dari hasil daur ulang sebelumnya, yang membuat material tersebut kehilangan elastisitas dan menjadi lebih keras.

B. Perbandingan hasil uji tarik LDPE murni dengan LDPE daur ulang temperatur 200°C

**Tabel 4.3** Perbandingan Hasil Uji Tarik LDPE Murni 200°C & Daur Ulang Temperatur 200°C

Material	Tegangan Tarik Max (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
LDPE Murni 200°C	16.60	29.82	134.75
LDPE DU 200°C	12.30	15.79	117.90

Pada temperatur 200°C, LDPE murni menunjukkan hasil uji tarik yang lebih baik dibandingkan LDPE daur ulang. Nilai tegangan tarik maksimum LDPE murni adalah 16,6 MPa, sedangkan LDPE daur ulang hanya 12,3 MPa. Begitu juga pada nilai regangan, LDPE murni mencapai 29,82%, lebih besar dari LDPE daur ulang yang hanya 15,79%. Hal ini terjadi karena LDPE murni masih memiliki struktur molekul yang rapi dan tidak rusak. Rantai polimer pada LDPE murni masih panjang dan kuat, sehingga mampu menahan gaya tarik lebih besar dan bisa meregang lebih panjang sebelum patah. Selain itu, nilai modulus elastisitas LDPE murni juga lebih tinggi, yaitu 134,75 MPa dibandingkan LDPE daur ulang sebesar 117,9 MPa. Modulus elastisitas yang tinggi menunjukkan bahwa LDPE murni lebih kaku dan mampu menahan deformasi saat mulai ditarik. LDPE daur ulang memiliki struktur yang sudah rusak akibat proses daur ulang, seperti terkena panas berulang dan tercampur bahan lain, sehingga kekuatan dan elastisitasnya menurun. Struktur yang tidak utuh membuat LDPE daur ulang lebih mudah rusak saat diuji tarik.

## 2. Perbandingan hasil uji tarik HDPE murni dan HDPE daur ulang

### A. Perbandingan hasil uji tarik HDPE murni dengan HDPE daur ulang temperatur 190°C

**Tabel 4.6** Perbandingan Hasil Uji Tarik HDPE Murni 190°C & Daur Ulang Temperatur 190°C

Material	Tegangan Tarik Max (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
HDPE Murni 190°C	37.64	73.69	142.48
HDPE DU 190°C	32.90	54.97	142.01

Hasil pengujian mekanik menunjukkan bahwa tegangan tarik maksimum pada HDPE murni mencapai 37,64 MPa. Sementara itu, pada HDPE DU, tegangan tarik maksimum mengalami penurunan menjadi 32,90 MPa, dengan penurunan sekitar 12,6%. Selain itu, regangan pada HDPE murni tercatat sebesar 73,69%, namun setelah melalui proses daur ulang, regangan pada HDPE DU menurun menjadi 54,97%, yang menunjukkan adanya penurunan sebesar 25,4%. Pada modulus elastisitas, HDPE murni memiliki nilai sebesar 142,48 MPa. Setelah didaur ulang, modulus elastisitas pada HDPE DU sedikit menurun menjadi 142,01 MPa, dengan penurunan yang sangat kecil sekitar 0,3%. Hal ini menunjukkan bahwa proses daur ulang tidak memberikan perubahan signifikan pada kekakuan material. Dimana proses daur ulang menyebabkan penurunan tegangan tarik maksimum dan regangan pada HDPE, yang mengindikasikan berkurangnya kekuatan dan elastisitas material. Namun, modulus elastisitas tetap hampir sama, menunjukkan bahwa kekakuan material tidak mengalami perubahan yang berarti setelah didaur ulang.

B. Perbandingan hasil uji tarik HDPE murni 200°C dengan HDPE daur ulang temperatur 200°C

**Tabel 4.7** Perbandingan Hasil Uji Tarik HDPE Murni 200°C & Daur Ulang Temperatur 200°C

Material	Tegangan Tarik Max (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
HDPE Murni 200°C	33.42	68.42	281.17
HDPE DU 200°C	31.39	73.68	172.85

Berdasarkan hasil uji tarik pada HDPE murni dan HDPE daur ulang (DU) pada suhu 200°C, terlihat bahwa nilai tegangan

tarik maksimum HDPE murni lebih tinggi, yaitu 33,42 MPa, sedangkan HDPE daur ulang hanya 31,39 MPa. Hal ini terjadi karena HDPE murni masih dalam kondisi asli dan belum mengalami kerusakan akibat proses daur ulang, sehingga plastiknya lebih kuat saat ditarik. Sementara itu, HDPE daur ulang sudah pernah digunakan sebelumnya, lalu dipanaskan dan dicetak ulang. Proses ini membuat kualitas plastik menurun karena bagian-bagian kecil penyusun plastiknya sudah tidak sekuat sebelumnya. Menariknya, nilai regangan pada HDPE daur ulang justru lebih besar dibandingkan HDPE murni. HDPE daur ulang memiliki regangan sebesar 73,68%, sedangkan HDPE murni 68,42%. Ini berarti HDPE daur ulang lebih lentur atau lebih mudah ditarik panjang sebelum putus. Hal ini bisa terjadi karena kondisi plastik daur ulang sudah melemah, sehingga lebih mudah melar saat ditarik, meskipun kekuatannya lebih rendah. Untuk nilai modulus elastisitas, HDPE murni jauh lebih tinggi yaitu 281,17 MPa, sedangkan HDPE daur ulang hanya 172,85 MPa. Nilai ini menunjukkan seberapa kaku plastik tersebut saat pertama kali ditarik. HDPE murni yang masih bagus cenderung lebih kaku, jadi butuh gaya lebih besar untuk mulai menariknya. Sedangkan HDPE daur ulang lebih mudah berubah bentuk dari awal karena kualitas plastiknya sudah menurun.

3. Perbandingan hasil uji tarik PP murni dengan PP daur ulang
  - A. Perbandingan hasil uji tarik PP murni 190°C dengan PP daur ulang temperatur 190°C

**Tabel 4.10** Perbandingan Hasil Uji Tarik PP Murni 190°C & Daur Ulang Temperatur 190°C

Material	Tegangan Tarik Max (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
PP Murni	31.56	21.05	227.44

190°C			
PP DU 190°C	27.24	15.79	218.12

Berdasarkan data uji tarik pada material PP (*Polypropylene*) murni dan PP daur ulang (DU) pada suhu 190°C, terlihat bahwa semua nilai sifat mekanik PP murni lebih tinggi dibandingkan dengan PP daur ulang. PP murni memiliki nilai tegangan tarik maksimum sebesar 31,56 MPa, sedangkan PP daur ulang hanya 27,24 MPa, sehingga ada selisih sekitar 4,32 MPa. Tegangan tarik menunjukkan seberapa kuat material menahan gaya tarik sebelum putus. Nilai yang lebih tinggi pada PP murni menandakan bahwa plastik ini lebih kuat. Hal ini terjadi karena PP murni belum pernah digunakan sebelumnya, sehingga susunan penyusunnya masih utuh dan belum rusak. Sedangkan PP daur ulang sudah melalui proses pemanasan ulang, pencetakan ulang, atau bahkan tercampur dengan plastik lain, sehingga kekuatannya menurun. Untuk nilai regangan, PP murni mencapai 21,05%, sedangkan PP daur ulang hanya 15,79%, dengan selisih sekitar 5,26%. Regangan menunjukkan seberapa jauh material bisa memanjang sebelum putus. PP murni yang belum rusak mampu melar lebih panjang, sedangkan PP daur ulang cenderung lebih cepat patah karena kualitasnya sudah menurun akibat proses daur ulang yang berulang kali memanaskan dan mendinginkan material tersebut. Sementara itu, modulus elastisitas PP murni adalah 227,44 MPa, sedangkan PP daur ulang 218,12 MPa. Modulus elastisitas ini menunjukkan seberapa kaku bahan saat pertama kali ditarik. Nilai yang lebih tinggi pada PP murni berarti material ini lebih kaku dan tidak mudah berubah bentuk saat ditarik. Perbedaan ini terjadi karena kualitas plastik murni masih bagus, sedangkan

PP daur ulang lebih lunak karena bagian penyusunnya sudah melemah.

- B. Perbandingan hasil uji tarik PP murni dengan PP daur ulang temperatur 200°C

**Tabel 4.11** Perbandingan Hasil Uji Tarik PP Murni & Daur Ulang Temperatur 200°C

Material	Tegangan Tarik Max (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
PP Murni 200°C	20.86	10.53	251.37
PP DU 200°C	20.45	10.53	238.54

Berdasarkan data uji tarik pada material PP (*Polypropylene*) murni dan PP daur ulang (DU) pada suhu 200°C, terlihat bahwa nilai tegangan tarik maksimum dari keduanya hampir sama, yaitu 20,86 MPa untuk PP murni dan 20,45 MPa untuk PP daur ulang, dengan selisih hanya 0,41 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik dari kedua material tersebut berada pada tingkat yang hampir setara. Kekuatan yang hampir sama ini bisa terjadi karena pada suhu 200°C, material PP baik murni maupun daur ulang mengalami pelelehan yang cukup merata, sehingga saat dicetak ulang menjadi spesimen uji tarik, ikatan antar bagiannya terbentuk kembali dengan cukup baik, terutama jika kualitas bahan daur ulangnya masih tergolong bersih atau tidak terlalu rusak. Sementara itu, nilai regangan dari kedua material juga sama, yaitu 10,53%, yang menunjukkan bahwa tingkat kelenturan atau kemampuan material untuk memanjang sebelum putus juga sebanding. Ini menandakan bahwa pada suhu tinggi, perbedaan kelenturan antara PP murni dan daur ulang tidak terlalu terasa. Suhu 200°C membuat kedua material menjadi lebih lunak saat

proses pencetakan, sehingga hasil akhirnya memiliki sifat elastis yang serupa, meskipun salah satunya berasal dari bahan daur ulang. Namun, yang paling terlihat berbeda adalah nilai modulus elastisitas, yaitu 251,37 MPa untuk PP murni dan 238,54 MPa untuk PP daur ulang, dengan selisih cukup besar yaitu 12,83 MPa. Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan material saat pertama kali diberi gaya tarik. Nilai yang lebih tinggi pada PP murni menandakan bahwa material ini lebih kaku dan tidak mudah berubah bentuk di awal penarikan, sedangkan PP daur ulang lebih mudah melar dari awal karena kualitas bahannya sudah sedikit menurun. Hal ini bisa terjadi karena PP daur ulang pernah mengalami proses pemanasan dan pendinginan berulang, sehingga bagian penyusunnya tidak lagi serapat PP murni, dan akibatnya material menjadi sedikit lebih lunak.

#### 4.1.2 Perbandingan Hasil Uji Tarik Paduan Plastik Murni dan Daur Ulang

Berikut merupakan data perbandingan antara plastik paduan daur ulang (LPDE, HDPE, dan PP) dengan material plastik paduan murni (LDPE, HDPE, dan PP)

A. Perbandingan hasil uji tarik plastik paduan murni (LPDE, HDPE, dan PP) pada temperatur 190°C dengan material plastik paduan daur ulang (LPDE, HDPE, dan PP) pada temperatur 190°C.

**Tabel 4.14** Perbandingan Hasil Uji Tarik Paduan Murni Temperatur 190°C & Paduan Daur Ulang Temperatur 190°C

Material	Tegangan Tarik Max (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
Paduan (LPDE, HDPE, dan PP) Murni 190°C	22.09	11.41	212.09
Paduan (LPDE, HDPE, dan PP) DU 190°C	17.02	10.53	178.19

Berdasarkan data uji tarik pada material paduan plastik HDPE 50%, LDPE 20%, dan PP 30% pada suhu 190°C, terlihat bahwa nilai tegangan tarik maksimum dan regangan pada paduan murni lebih tinggi dibandingkan dengan paduan daur ulang, meskipun selisihnya tidak terlalu jauh. Nilai tegangan tarik maksimum pada paduan murni adalah 22,09 MPa, Sedangkan pada paduan daur ulang hanya 17,02 MPa, dengan selisih 5,07 MPa. Nilai ini menunjukkan bahwa paduan murni lebih kuat dan mampu menahan gaya tarik lebih besar sebelum putus, karena bahan murni masih dalam kondisi baik tanpa kerusakan akibat proses daur ulang. Sebaliknya, pada paduan daur ulang, kualitas bahan sudah menurun karena pernah mengalami proses pemanasan secara berulang, sehingga kekuatannya sedikit berkurang.

Untuk regangan, paduan murni memiliki nilai 11,41%, sedangkan paduan daur ulang 10,53%, atau hanya berselisih 0,88%. Nilai ini menunjukkan bahwa kelenturan atau kemampuan memanjang sebelum putus pada kedua paduan tidak berbeda jauh. Meskipun paduan daur ulang sudah mengalami penurunan kualitas, namun karena komposisi plastiknya masih sama dan pemrosesan dilakukan pada suhu yang cukup tinggi (190°C), maka hasil cetaknya masih memiliki sifat lentur yang mirip dengan bahan murni.

Namun, perbedaan paling besar terlihat pada modulus elastisitas, yaitu 212,09 MPa untuk paduan murni dan 178,19 MPa untuk paduan daur ulang, dengan selisih 33,9 MPa. Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan material saat awal diberi gaya tarik. Nilai yang jauh lebih tinggi pada paduan murni menandakan bahwa material tersebut lebih kaku dan tidak mudah berubah bentuk saat pertama kali ditarik. Pada paduan daur ulang, nilai kekakuannya jauh menurun karena plastiknya sudah melewati proses daur ulang yang bisa menyebabkan struktur penyusunnya

menjadi kurang padat dan lebih lunak. Akibatnya, bahan daur ulang menjadi lebih lentur sejak awal penarikan.

B. Perbandingan hasil uji tarik plastik paduan murni (LPDE, HDPE, dan PP) pada temperatur 200°C dengan material plastik paduan daur ulang (LPDE, HDPE, dan PP) pada temperatur 200°C.

**Tabel 4.15** Perbandingan Hasil Uji Tarik Paduan Murni Temperatur 200°C & Paduan Daur Ulang Temperatur 200°C

Material	Tegangan Tarik Max (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
Paduan Murni (LPDE, HDPE, dan PP) 200°C	23.67	14.04	198.88
Paduan DU (LPDE, HDPE, dan PP) 200°C	19.76	11.11	194.44

Berdasarkan data uji tarik pada paduan plastik LDPE 20%, HDPE 50%, dan PP 30% pada suhu 200°C, terlihat bahwa nilai tegangan tarik maksimum, regangan, dan modulus elastisitas dari paduan murni lebih tinggi dibandingkan dengan paduan daur ulang (DU), meskipun selisihnya tidak terlalu jauh. Tegangan tarik maksimum paduan murni adalah 23,67 MPa, sedangkan paduan daur ulang hanya 19,76 MPa, dengan selisih sekitar 3,91 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa paduan murni memiliki kekuatan yang lebih baik karena bahan plastiknya masih baru, bersih, dan belum terpengaruh oleh proses daur ulang. Sementara itu, paduan daur ulang sudah mengalami pemanasan dan pencetakan ulang yang menyebabkan penurunan kualitas.

Untuk nilai regangan, paduan murni mencapai 14,04%, sedangkan paduan daur ulang hanya 11,11%, selisihnya sekitar 2,93%. Ini berarti paduan murni lebih lentur dan mampu memanjang lebih jauh sebelum putus, karena sifat plastik aslinya seperti LDPE

dan PP yang memang memiliki karakter lentur masih terjaga. Sebaliknya, paduan daur ulang menjadi lebih kaku atau cepat retak karena proses daur ulang bisa merusak kelenturan plastik, terutama jika sudah beberapa kali digunakan atau terkena panas berulang.

Sedangkan untuk modulus elastisitas, paduan murni memiliki nilai 198,88 MPa, sedangkan paduan daur ulang 194,44 MPa, selisihnya sekitar 4,44 MPa. Nilai ini menunjukkan seberapa kaku material ketika mulai ditarik. Nilai yang sedikit lebih tinggi pada paduan murni menunjukkan bahwa material tersebut sedikit lebih kaku dibanding daur ulang. Walaupun selisihnya tidak terlalu besar, tetap terlihat bahwa bahan murni memiliki respon awal terhadap gaya tarik yang lebih kuat karena kondisinya masih bagus. Secara keseluruhan, selisih nilai yang tidak terlalu jauh ini disebabkan karena komposisi paduannya sama, namun karena bahan daur ulang sudah mengalami proses sebelumnya, maka sifat mekaniknya menurun sedikit. Jadi, perbedaan utama berasal dari kualitas bahan yang digunakan, bukan dari perbedaan jenis plastik. Bahan murni tetap lebih unggul dalam kekuatan, kelenturan, dan kekakuan karena belum terpengaruh oleh proses daur ulang.

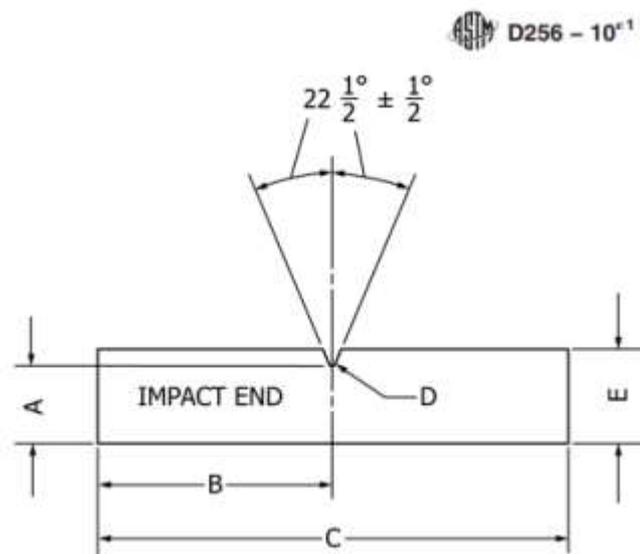
Setelah dilakukan pengujian uji tarik diperoleh paduan dan non paduan yang cocok untuk dijadikan bahan sebagai rujukan atau referensi untuk membuat batang plastik dan nantinya akan di rujukan sebagai pembuatan *sampel* uji impak, untuk dari paduan yang cocok yaitu paduan murni temperatur 200°C dengan nilai tegangan Tarik tertinggi sehingga dapat memberikan kekuatan mekanik terbaik, sedangkan dari regangan tertingginya juga dari paduan murni temperatur 200°C sehingga dapat cukup tahan Ketika terjadinya deformasi, sedangkan modulus elastisitas tertingi ada di Paduan murni juga sehingga mampu memberikan kekakuan yang dibutuhkan untuk menjaga batang plastik dibawah beban.

Sedangkan untuk yang non Paduan yang cocok untuk dijadikan rujukan temperatur mana yang cocok untuk membuat *sampel* uji impak yaitu HDPE Murni dengan temperatur 190°C dengan nilai tegangan Tarik tertinggi sehingga dapat memberikan kekuatan mekanik terbaik, sedangkan dari regangan tertingginya juga dari HDPE murni temperatur 190°C sehingga dapat cukup tahan Ketika terjadinya deformasi, sedangkan modulus elastisitas tertinggi ada di non Paduan murni juga sehingga mampu memberikan kekakuan yang dibutuhkan.

#### 4.2 Data Hasil Pengujian Uji Impak

Pengujian impak merupakan salah satu metode dalam menentukan ketahanan material terhadap beban kejut yang diberikan secara tiba-tiba. Dalam penelitian ini, uji impak dilakukan pada berbagai jenis plastik, termasuk HDPE, LDPE, dan PP murni, serta HDPE, LDPE, dan PP daur ulang, yang diproses pada dua temperatur berbeda, yaitu 190°C dan 200°C. Selain itu, pengujian juga dilakukan pada paduan ketiga jenis plastik tersebut (HDPE 50%, LDPE 20%, PP 30%), baik dalam kondisi murni maupun daur ulang, untuk mengetahui sejauh mana kombinasi material ini mampu menyerap energi sebelum mengalami kegagalan.

Hasil pengujian ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kekuatan dan ketahanan impak dari setiap material serta perbandingan antara material murni, daur ulang, dan paduan tiga jenis plastik. Hasil uji impak akan dianalisis dan dibandingkan guna mengidentifikasi keunggulan serta keterbatasan masing-masing material. Standar yang digunakan ASTM D256 dengan metode Izod digunakan sebagai acuan dalam pengujian ini, sebagaimana ditampilkan pada gambar dan tabel berikut.



**Gambar 4.18** Spesimen Uji Impak ASTM D256

**Tabel 4.18** Dimensi Spesimen Uji Impak ASTM D236

Kode	Deskripsi	Dimensi (mm)
A	Tebal Spesimen	10,16
B	Panjang dari ujung spesimen ke dasar takik	31,8
C	Panjang total spesimen	63,5
D	Dimensi dan profil takik	2,54
	Radius dasar takik	0,25
E	Lebar spesimen	12,70

Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam mencari nilai impak yaitu sebagai berikut:

Diketahui:

$$b = 12,7 \text{ mm}$$

$$h = 12,7 \text{ mm}$$

$$a = 2,54 \text{ mm}$$

Adapun untuk mencari luas penampang yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A &= b \times (h - a) \\ &= 12,7 \times (12,7 - 2,54) \end{aligned}$$

$$= 12,7 \times 10.16$$

$$= 129.03 \text{ mm}^2$$

Setelah mengetahui luas penampangnya, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai impact, seperti yang ditunjukkan pada contoh berikut:

Contoh:

Mencari Nilai Impact spesimen LDPE (*low Density Polypropylene*) Murni:

Spesimen 1

$$\text{Nilai Impact} = \frac{135 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,046 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 2

$$\text{Nilai Impact} = \frac{136 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,054 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 3

$$\text{Nilai Impact} = \frac{133 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,031 \text{ J/mm}^2$$

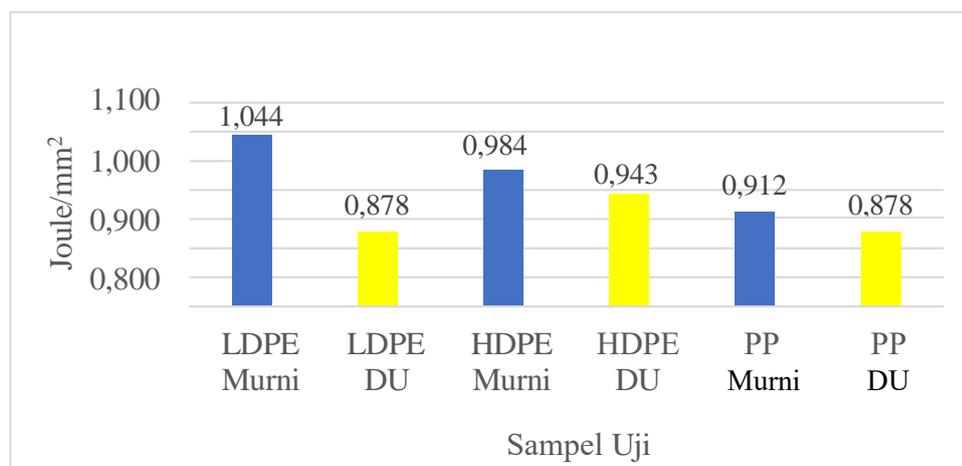
#### 4.2.1 Analisis Perbandingan Hasil Uji Impact Plastik Murni dengan Plastik Daur Ulang

Setelah pengujian impact dilakukan pada tiga spesimen, langkah berikutnya adalah menghitung nilai rata-rata impact dari ketiga spesimen tersebut. Hasil rata-rata ini kemudian dicatat dan disajikan dalam tabel yang dapat dilihat di bawah ini.

**Tabel 4.19** Hasil Uji Impact Plastik Murni & Daur Ulang

Variabel Sampel	Spesimen Ke-	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Energi Diserap (Joule)	Nilai Impact (J/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata nilai impact (J/mm <sup>2</sup> )
PP Murni 190°C	Spesimen 1	129,03	120	0,930	0,912
	Spesimen 2	129,03	119	0,922	
	Spesimen 3	129,03	114	0,884	
HDPE Murni 190°C	Spesimen 1	129,03	126	0,977	0,984
	Spesimen 2	129,03	130	1,008	
	Spesimen 3	129,03	125	0,969	
LDPE	Spesimen 1	129,03	135	1,046	

Murni 190°C	Spesimen 2	129,03	136	1,054	1,044
	Spesimen 3	129,03	133	1,031	
PP DU 190°C	Spesimen 1	129,03	114	0,884	0,878
	Spesimen 2	129,03	114	0,884	
	Spesimen 3	129,03	112	0,868	
HDPE DU 190°C	Spesimen 1	129,03	122	0,946	0,943
	Spesimen 2	129,03	119	0,922	
	Spesimen 3	129,03	124	0,961	
LDPE DU 190°C	Spesimen 1	129,03	114	0,884	0,878
	Spesimen 2	129,03	112	0,868	
	Spesimen 3	129,03	114	0,884	



**Gambar 4.19** Grafik Nilai Uji Impak Plastik Murni dan Daur Ulang

Berdasarkan data yang diperoleh diatas yaitu dalam grafik, dapat diketahui bahwa sampel dengan nilai uji impak tertinggi adalah LDPE murni, yang mencapai 1.044 Joule/mm<sup>2</sup>. Nilai ini dipengaruhi oleh karakteristik LDPE murni yang memiliki struktur molekul dengan banyak percabangan, densitas tinggi, serta sifat keuletan yang baik. Kombinasi faktor-faktor tersebut membuat LDPE murni lebih mampu menyerap energi impak dibandingkan dengan HDPE dan PP.

Jika dibandingkan dengan LDPE daur ulang, terjadi penurunan nilai impak sebesar 0.166 dari 1.044 Joule/mm<sup>2</sup> menjadi 0.878 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada penurunan ini juga terjadi pada sampel HDPE dan PP.

HDPE daur ulang mengalami penurunan nilai impak sebesar 0.041 dari HDPE murni, sedangkan pada PP, terjadi penurunan sebesar 0.034 dari nilai impak PP murni.

plastik mengalami oksidasi dan mulai mengalami retakan akibat interaksi dengan faktor lingkungan seperti cahaya, panas, dan oksigen. Seiring berjalannya waktu, oksigen dan panas semakin menembus material, menyebabkan oksidasi lebih lanjut pada rantai molekul bagian dalam. Proses ini berkontribusi terhadap penurunan berat molekul serta munculnya retakan yang lebih banyak di permukaan. Dengan demikian, penyebaran retakan dan degradasi merupakan faktor utama yang menyebabkan perubahan mikrostruktur material serta penurunan sifat mekaniknya [20].

Selain itu, plastik daur ulang umumnya telah terkontaminasi oleh berbagai zat asing (impuritas), seperti debu, minyak, dan air yang berasal dari lingkungan tempat pembuangan sampah. Paparan sinar matahari dalam jangka waktu yang lama juga mempercepat degradasi plastik, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan kualitas material secara keseluruhan.

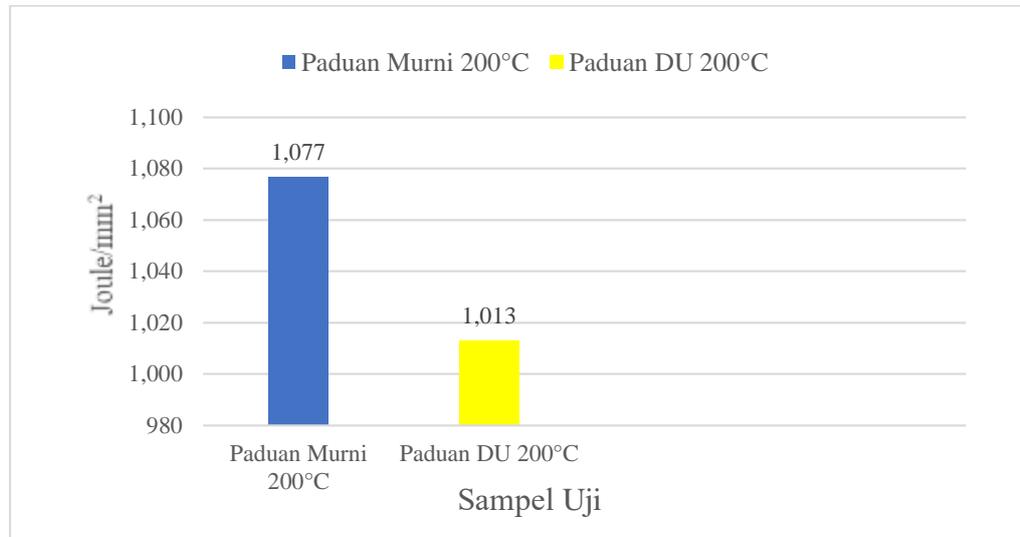
#### 4.2.1 Analisis Perbandingan Hasil Uji Impak Plastik Murni dengan Plastik Daur Ulang

Setelah pengujian impak dilakukan pada tiga spesimen, langkah berikutnya adalah menghitung nilai rata-rata impak dari kedua paduan spesimen tersebut. Hasil rata-rata ini kemudian dicatat dan disajikan dalam tabel yang dapat dilihat di bawah ini.

**Tabel 4.20** Hasil Uji Impak Plastik Paduan Murni & Paduan Daur Ulang

Variabel Sampel	Spesimen Ke-	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Energi Diserap (Joule)	Nilai Impak (J/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata nilai impak (J/mm <sup>2</sup> )
Paduan Murni 200°C	Spesimen 1	129,03	137	1,062	1,077
	Spesimen 2	129,03	140	1,085	
	Spesimen 3	129,03	140	1,085	
Paduan	Spesimen 1	129,03	132	1,023	

DU	Spesimen 2	129,03	124	0,961	1,013
200°C	Spesimen 3	129,03	136	1,054	



**Gambar 4.20** Hasil Uji Impak Plastik Paduan Murni & Paduan Daur Ulang

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa nilai impak paduan plastik murni pada suhu 200°C lebih tinggi dibandingkan dengan paduan plastik daur ulang pada suhu yang sama. Paduan plastik murni memiliki nilai impak sebesar 1,077 joule/mm<sup>2</sup>, sedangkan paduan plastik daur ulang memiliki nilai impak 1,013 joule/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa proses daur ulang menyebabkan penurunan ketahanan terhadap benturan pada material plastik. Penurunan nilai impak pada plastik daur ulang dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah degradasi termal yang terjadi selama proses pelelehan ulang, yang dapat merusak struktur rantai polimer dan mengurangi kekuatan material. Selain itu, plastik daur ulang sering mengalami kontaminasi dari residu material lain, yang dapat mempengaruhi sifat mekaniknya. Struktur kristal pada plastik juga dapat berubah akibat pemrosesan ulang, sehingga menyebabkan penurunan ketangguhan dan kemampuan menyerap energi saat terkena benturan.

Pada analisa yang dilakukan terhadap patahan yang dihasilkan dari uji impak pada dua jenis plastik, yaitu plastik murni paduan (HDPE+ LDPE+PP) dan plastik daur ulang paduan (HDPE+ LDPE+PP) , analisis patahan ini

bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan sifat-sifat ketangguhan antara kedua jenis plastik.

**Tabel 4.21** Patahan Spesimen Paduan Daur Ulang (HDPE+ LDPE+PP)

Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
		
Energi Impak 132 J	Energi Impak 124 J	Energi Impak 136 J

Pada tabel di atas, terdapat tiga spesimen hasil uji impact dari material plastik daur ulang yang terdiri dari campuran HDPE, LDPE, dan PP. Setiap spesimen menunjukkan karakteristik patahan yang berbeda berdasarkan energi impact yang diterima, yaitu spesimen 1 dengan energi impact 132 j, spesimen 2 dengan 124 j, dan spesimen 3 dengan 136 j.

dari bentuk patahan yang terlihat, semua spesimen menunjukkan karakteristik patahan yang berserat dan tidak sepenuhnya rapih, yang mengindikasikan bahwa material ini memiliki sifat ulet (*ductile*) tetapi tetap mengalami deformasi sebelum akhirnya patah. Spesimen 1 dan spesimen 3 memiliki energi impact yang lebih tinggi dibandingkan spesimen 2, yang berarti material pada spesimen ini mampu menyerap lebih banyak energi sebelum mengalami kegagalan. Ini bisa disebabkan oleh distribusi komposisi material yang lebih merata atau adanya faktor lain seperti ketebalan dan homogenitas campuran plastik daur ulang. Spesimen 2, dengan energi impact 124j, memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dua spesimen lainnya, yang dapat diinterpretasikan bahwa material pada spesimen ini memiliki kekuatan impact yang sedikit lebih rendah. Hal ini bisa terjadi karena adanya ketidak sempurnaan dalam pencampuran material atau faktor internal lainnya seperti porositas atau ikatan antar molekul yang kurang kuat.

**Tabel 4.22** Patahan Spesimen Paduan Murni (HDPE+ LDPE+PP)

Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
		
Energi Impak 137 J	Energi Impak 140 J	Energi Impak 140 J

Pada tabel di atas menunjukkan hasil uji impak dari material plastik paduan murni yang terdiri dari hdpe, ldpe, dan pp. Ketiga spesimen mengalami patahan dengan karakteristik yang mirip, yang menandakan bahwa material ini memiliki sifat mekanik yang relatif seragam. Berdasarkan nilai energi impak yang diperoleh, yaitu spesimen 1 dengan 137j, spesimen 2 dengan 140j, dan spesimen 3 dengan 140j, dapat disimpulkan bahwa material ini memiliki ketahanan impak yang tinggi dan konsisten.

dari bentuk patahan yang terlihat, spesimen menunjukkan pola patahan yang berserat dan tidak sepenuhnya rapih, yang merupakan indikasi bahwa material ini memiliki sifat ulet (*ductile fracture*). Perbedaan kecil pada energi impak spesimen 1 dibandingkan dengan spesimen 2 dan 3 kemungkinan disebabkan oleh faktor ketidaksempurnaan mikrostruktur atau perbedaan kecil dalam homogenitas material. Namun, secara umum, material ini mampu menyerap energi dalam jumlah besar sebelum mengalami kegagalan, menunjukkan bahwa paduan murni dari hdpe, ldpe, dan pp memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan material daur ulang yang diuji sebelumnya. Dibandingkan dengan hasil uji impak material daur ulang, paduan murni ini memiliki nilai energi impak yang lebih tinggi dan lebih konsisten, yang mengindikasikan bahwa proses daur ulang dapat sedikit mengurangi ketahanan impak material akibat adanya degradasi atau kontaminasi dalam proses pencampuran

### 4.3 Analisis Hasil

Berdasarkan hasil uji tarik dan uji impak antara plastik murni dan plastik daur ulang, terlihat bahwa nilai tegangan tarik, regangan, dan modulus elastisitas pada plastik daur ulang mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena plastik daur ulang telah mengalami proses pemanasan ulang saat didaur ulang, yang menyebabkan perubahan pada struktur materialnya. Akibatnya, plastik daur ulang menjadi lebih rapuh dan kekuatan tariknya berkurang [17].

Selain itu, ada beberapa faktor lain yang juga dapat menyebabkan penurunan hasil uji tarik dan uji impak pada plastik daur ulang, yaitu:

1. Kontaminasi material yang dimana plastik daur ulang bisa saja tercampur dengan debu, minyak, atau residu plastik lain, yang dapat mengurangi kualitasnya.
2. Degradasi termal yang dimana suatu proses pemanasan berulang pada suhu tinggi dapat merusak struktur polimer plastik, yang menyebabkan kekuatannya menurun [18].

Dapat dilihat pada jenis material plastik LDPE yang Dimana Menurut Simbolon (2020), modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu material. Jika modulus elastisitas semakin tinggi, material menjadi lebih kaku dan sulit berubah bentuk saat diberi gaya [9]. Hal ini terjadi karena LDPE murni memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah, yang berarti materialnya lebih fleksibel dan bisa meregang lebih jauh sebelum putus. Sebaliknya, LDPE daur ulang lebih kaku setelah diproses ulang, sehingga modulus elastisitasnya menjadi lebih tinggi dibandingkan LDPE murni.

Hasil pengujian Uji Tarik juga menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar dalam nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas pada LDPE, HDPE, dan PP dibandingkan dengan referensi di Tabel 2.1, 2.2, dan 2.3. Perbedaan ini disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kondisi pemrosesan *injection molding* yang digunakan dalam penelitian ini [18].

1. Mesin *injection molding* yang digunakan masih bersifat sederhana, sehingga memiliki beberapa keterbatasan, seperti:

- a. Tidak bisa mengontrol suhu pemrosesan dengan presisi,
- b. Tidak bisa mengatur tekanan injeksi.
- c. Tidak memiliki sistem pendinginan yang optimal.

Dimana akibatnya akan terjadi perubahan dalam struktur molekul plastik, yang berdampak pada sifat mekaniknya. Selain itu, nilai modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan literatur menandakan bahwa material menjadi kurang kaku. Beberapa alasan yang dapat menyebabkan hal ini adalah [18].

2. Perbedaan suhu pemrosesan yang dimana dalam penelitian ini, suhu injeksi yang digunakan adalah 190°C dan 200°C, sedangkan dalam literatur tidak disebutkan dengan jelas suhu pemrosesan yang digunakan. Bisa saja suhu dalam referensi lebih tinggi atau lebih rendah, sehingga hasilnya berbeda.
3. Kualitas material plastik yang dimana meskipun jenis plastiknya sama, cara penyimpanan material berpengaruh terhadap sifat mekaniknya. Dalam penelitian ini, plastik disimpan di tempat terbuka dan tidak dikeringkan sebelum dicetak, sehingga berpotensi menyerap kelembaban yang bisa memengaruhi hasil uji tarik.
4. Metode pengujian yaitu mesin uji tarik yang digunakan merupakan versi lama, yang mungkin memiliki keterbatasan dalam akurasi pengukuran.
5. Kondisi lingkungan saat pengujian yang dimana faktor seperti suhu dan kelembaban ruangan bisa saja berbeda dengan kondisi pengujian dalam referensi literatur, yang juga dapat memengaruhi hasilnya.

Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap cacat produk dengan tujuan mengevaluasi kualitas dari balok plastik yang dihasilkan dari paduan plastik daur ulang dan paduan murni dengan temperatur berbeda. Paduan plastik yang digunakan dalam penelitian ini meliputi (HDPE+LDPE+PP), adapun jenis jenis cacat pada produk batang plastik yang telah di buat yaitu sebagai berikut:

### A. Paduan Plastik Daur Ulang Temperatur 190°C



**Gambar 4.21** Cacat Pada Balok Paduan Plastik DU Temperatur 190°C

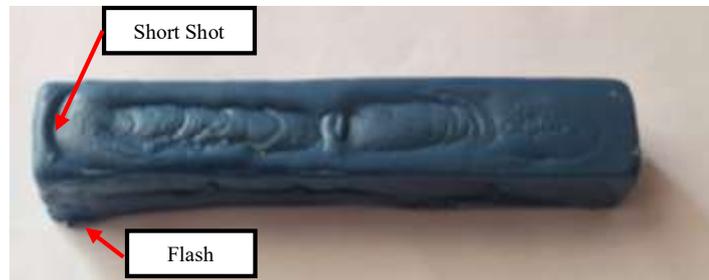
Selama proses pencetakan yang telah dilakukan, diperoleh hasil berupa balok plastik seperti yang tampak pada gambar 4.21 di atas. Dari gambar tersebut terlihat bahwa balok plastik hasil campuran (LDPE 20% + HDPE 50% + PP 30%) mengalami penyusutan ukuran setelah dikeluarkan dari cetakan. Cetakan sendiri memiliki volume sebesar 52 cm<sup>3</sup> (130 mm x 20 mm x 20 mm), sedangkan produk akhir yang dihasilkan hanya memiliki volume 50 cm<sup>3</sup> (125 mm x 20 mm x 20 mm). Penyusutan panjang pada produk ini dikenal dengan istilah cacat warpage, yaitu cacat yang ditandai dengan adanya perubahan bentuk atau pembengkokan setelah produk dilepaskan dari cetakan. *Warpage* merupakan salah satu cacat yang sering terjadi pada produk hasil *injection molding* dan dapat memengaruhi kualitas maupun penampilan produk akhir [21].

Penyebab utama terjadinya warpage pada proses *injection molding* adalah adanya penyusutan plastik yang tidak merata selama proses pendinginan setelah plastik cair dimasukkan ke dalam cetakan. Akibat penyusutan yang tidak seragam ini, produk bisa mengalami perubahan bentuk atau melengkung saat dikeluarkan dari cetakan. Untuk mencegah terjadinya *warpage*, sebaiknya produk tidak langsung dikeluarkan dari cetakan ketika masih panas. Jika produk dikeluarkan saat suhunya masih tinggi, risiko terjadinya deformasi atau pembengkokan akan semakin besar [21].

Ditemukan cacat berupa garis-garis warna (*colour streaks*), yaitu masalah yang terjadi akibat warna pada material tidak tercampur secara sempurna. Hal ini menyebabkan tampilan produk menjadi tidak rata

warnanya atau terlihat belang. Sebagai contoh, pada gambar 4.21 tampak bahwa plastik paduan (LDPE 20% + HDPE 50% + PP 30%) tidak tercampur homogen, sehingga pada bagian tertentu muncul perbedaan warna yang mencolok [21].

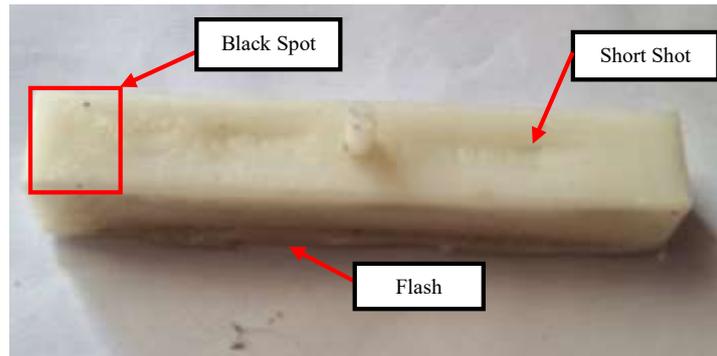
#### B. Paduan Plastik Daur Ulang Temperatur 200°C



**Gambar 4.22** Cacat Pada Balok Paduan Plastik DU Temperatur 200°C

Balok plastik yang terlihat pada gambar 4.22 dengan paduan (LDPE 20% + HDPE 50% + PP 30%) menunjukkan beberapa jenis cacat yang sering ditemukan dalam proses *injection Molding*. Cacat *short shot*, yang juga dikenal sebagai *short mold*, yang dimana terjadi ketika material plastik yang diinjeksikan tidak sepenuhnya mengisi cetakan. Akibatnya, beberapa bagian produk tidak terbentuk dengan sempurna karena kekurangan material. Untuk mencegah terjadinya *short shot*, penting untuk mengontrol berbagai parameter, seperti suhu dan volume bahan yang diinjeksi ke dalam cetakan [19]. Selain Cacat *short shot*, cacat *flash* juga merupakan cacat yang cukup umum dalam *injection Molding*. Cacat *flash* terjadi akibat kelebihan material saat proses pencetakan, di mana plastik cair keluar dari rongga cetakan dan membentuk lapisan tipis yang meluber di sekitar tepi atau sambungan cetakan. Keberadaan cacat ini tidak hanya mengurangi nilai estetika produk, tetapi juga dapat memengaruhi fungsi serta kualitas keseluruhannya. Penyebab utama cacat *flash* adalah volume material yang melebihi kapasitas cetakan, sehingga saat pengepresan, material berlebih keluar dan cetakan tidak tertutup dengan sempurna. solusi untuk cacat *flash* ini yaitu menutup cetakan dengan rapat pada saat setelah material diinjeksikan kedalam suatu cetakan [20].

### C. Paduan Plastik Murni Temperatur 190°C



**Gambar 4.23** Cacat Pada Balok Paduan Plastik Murni Temperatur 190°C

Balok plastik yang terlihat pada gambar 4.23 dengan paduan (LDPE 20% + HDPE 50% + PP 30%) menunjukkan beberapa jenis cacat yang sering ditemukan dalam proses *injection Molding*. *Black spot* adalah cacat berupa bintik hitam atau noda kecil yang muncul pada permukaan plastik. Cacat ini biasanya terjadi akibat kontaminasi material, Penyebab utama dari *black spot* ini adalah kurangnya kebersihan pada bagian dalam *barrel* dan *screw* saat proses pergantian material. Jika tidak dibersihkan dengan baik, sisa material sebelumnya dapat mengalami degradasi termal dan bercampur dengan material baru selama proses pencetakan, sehingga menyebabkan munculnya noda hitam pada produk akhir [21].

Selain *black spot*, *flash* juga merupakan cacat yang cukup umum dalam *injection Molding*. Cacat *flash* terjadi akibat kelebihan material saat proses pencetakan, di mana plastik cair keluar dari rongga cetakan dan membentuk lapisan tipis yang meluber di sekitar tepi atau sambungan cetakan. Keberadaan cacat ini tidak hanya mengurangi nilai estetika produk, tetapi juga dapat memengaruhi fungsi serta kualitas keseluruhannya. Penyebab utama cacat *flash* adalah volume material yang melebihi kapasitas cetakan, sehingga saat pengepresan, material berlebih keluar dan cetakan tidak tertutup dengan sempurna. solusi untuk cacat *flash* ini yaitu menutup cetakan dengan rapat pada saat setelah material diinjeksikan kedalam suatu cetakan [20].

Cacat lainnya adalah *short shot*, Cacat *short shot*, yang juga dikenal sebagai *short mold*, yang dimana terjadi ketika material plastik yang

diinjeksikan tidak sepenuhnya mengisi cetakan. Akibatnya, beberapa bagian produk tidak terbentuk dengan sempurna karena kekurangan material. Untuk mencegah terjadinya short shot, penting untuk mengontrol berbagai parameter, seperti suhu dan volume bahan yang diinjeksi ke dalam cetakan [19].

#### D. Paduan Plastik Murni Temperatur 200°C



**Gambar 4.24** Cacat Pada Balok Paduan Plastik Murni Temperatur 200°C

Pada produk balok plastik hasil campuran daur ulang (LDPE 20% + HDPE 50% + PP 30%), juga ditemukan cacat berupa *sink mark*. Cacat ini ditandai dengan munculnya cekungan atau lekukan pada permukaan produk. Salah satu penyebab utama terjadinya sink mark adalah tekanan injeksi yang terlalu rendah saat proses pencetakan, sehingga material cair tidak mampu mengisi cetakan secara sempurna. Selain itu, cacat ini juga bisa muncul jika produk dilepaskan dari cetakan terlalu cepat setelah injeksi, sehingga pendinginan tidak berlangsung cukup lama dan bagian dalam produk masih dalam kondisi lunak atau belum sepenuhnya mengeras. Untuk mengatasi masalah ini, disarankan agar proses penekanan injeksi (*hold pressure*) dilakukan dengan baik dan produk tidak segera dikeluarkan dari cetakan, sehingga penyusutan dan pembentukan cekungan dapat diminimalkan [16].

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, adapun kesimpulan yang dapat diambil yaitu sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian uji tarik dan uji impak pada paduan plastik murni yang dibuat dengan menggunakan mesin *injection molding* dengan temperatur pelelehan 190°C dan 200°C dengan paduan (LDPE+HDPE+PP) menunjukkan adanya peningkatan kekuatan tarik dibandingkan plastik paduan daur ulang. pada temperatur 200°C tercatat sebagai paduan dengan kekuatan tarik tertinggi dibanding paduan lainnya dengan nilai tegangan tarik sebesar 23,67 MPa, dengan nilai regangan 14.04%, dan nilai modulus elastisitas sebesar 198,88 Mpa dan untuk nilai impak tertinggi juga di 200°C dengan nilai impak 1,013 J/mm<sup>2</sup>. Yang dimana pada hasil pengujian mekanik di temperatur 200°C memiliki patahan ulet yang menunjukkan deformasi plastik yang cukup besar sebelum akhirnya patah. Hal ini menandakan material mampu menyerap energi lebih banyak dan tidak langsung retak saat mendapat beban, sehingga produk batang plastik lebih tahan terhadap gaya tarik dan benturan.
2. Hasil pengujian mekanik pada paduan plastik LDPE, HDPE, dan PP menunjukkan perbedaan antara paduan murni dan paduan daur ulang (DU) pada temperatur 200°C. Pada uji tarik, paduan murni memiliki nilai tegangan tarik sebesar 23,67 MPa, regangan 14,04%, dan modulus elastisitas 198,88 MPa, sementara paduan DU menunjukkan nilai tegangan 19,76 MPa, regangan 11,11%, dan modulus elastisitas 194,44 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa paduan murni cenderung memiliki kemampuan deformasi yang lebih besar dibandingkan paduan daur ulang. Dari hasil uji impak, paduan murni juga menunjukkan nilai energi yang diserap lebih tinggi dengan rata-rata nilai impak 1,077 J/mm<sup>2</sup>, sedangkan paduan DU memiliki nilai impak rata-rata 1,013 J/mm<sup>2</sup>. Perbedaan ini bisa disebabkan

oleh adanya cacat atau degradasi pada material daur ulang yang berpengaruh pada kemampuan material menyerap energi benturan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, adapun saran untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan pengujian tambahan seperti uji kekerasan dan *scanning electron microscopy* untuk memperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai permukaan serta mikrostruktur material.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. L. S. Fikri, “Komparasi Sifat Mekanis Material Polypropylene dengan Variasi Persentase Kandungan Filler CaCO<sub>3</sub>,” Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [2] F. L. Sahwan, D. H. Martono, dan S. Wahyono, “Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia,” *J. Teknologi Lingkungan BPPT*, vol. 1, no. 1, pp. 311–318, 2005.
- [3] A. L. Safrudin, A. Junaidi, dan M. Yunus, “Studi Fisis dan Mekanis serta Penyusutan Plastik Polypropylene Dipadukan dengan Plastik Polyethylene,” *J. Teknologi Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. 58–65, Feb. 2021.
- [4] S. Mahasiswa, P. Geografi, F. I. Sosial, U. N. Surabaya, D. B. Hariyanto, dan M. Pd, “Kajian Tentang Pengelolaan Sampah di Indonesia,” *J. Pengelolaan Sampah*, vol. 2, no. 1, pp. 45–50, 2008.
- [5] A. Masyuroh dan I. Rahmawati, “Pembuatan Recycle Plastik HDPE Sederhana Menjadi Bahan Baku,” *J. Pengabdian dan pemberdayaan masyarakat*, vol. 3, no. 1, pp. 53–63, 2021.
- [6] Meyrena, “Analisis Pendayagunaan Limbah Plastik Menjadi Ecopaving Sebagai Upaya Pengurangan Sampah” *J. Indonesian Journal of Conservation*, vol. 9, no. 2, pp. 1–10, 2020, doi: 10.15294/ijc.v9i2.27549.
- [7] J. Hakim et al., “Pengaruh Beda Temperatur Proses Injeksi terhadap Sifat Mekanis Bahan Polypropylene (PP) Daur Ulang,” *J. Material dan Proses Manufaktur*, vol. 4, no. 2, pp. 124–134, 2020.
- [8] Y. A. Permana, “Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan pada Proses Pirolisis PET/PP terhadap Karakteristik Bahan Bakar”, Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, 2020.
- [9] N. Putu et al., “Sampah Plastik dan Upaya Pengurangan Timbulan Sampah Plastik,” *J. Ilmiah vastuwidya*, vol. 5, no. 1, pp. 72–82, 2022.
- [10] P. High dan D. Polyetilene, “Komparasi Parameter Injeksi Optimum pada HDPE Recycled dan Virgin Material,” *J. Material dan Proses Manufaktur*, vol. 1, no. 1, pp. 11–20, 2017.

- [11] R. D. Salindeho, J. Soukota, R. Poeng, "Pemodelan Pengujian Tarik untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material," *J. Poros Teknik Mesin Unsrat*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2013.
- [12] C. U. Wardani, Y. Samantha, H. Budiman, "Analisis Pengujian Impak Metoda Izod dan Charpy Menggunakan Benda Uji Alumunium dan Baja ST37," *J. Proceeding Stima*, vol. 6, no. 1, pp. 2–5, 2016.
- [13] S. S. Wibowo, "Pengaruh Variasi Temperatur dan Lama Perendaman terhadap Kekuatan Tarik Material Komposit Serat Alam Termodifikasi," *J. Dinamika Penelitian Industri*, vol. 29, no. 1, pp. 23–30, 2018.
- [14] D. A. Novitasari, A. Pramutadi, dan Y. Nuryani, "A Review of Biomechanical Analysis of Axillary Crutch during Stance and Swing Phase," *J. Physics.: Conf. Ser.*, vol. 812, no. 1, p. 012031, 2017.
- [15] I. Soejito, *Desain Experimen dengan Metode Taguchi*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009, pp. 19–22.
- [16] I. Apriawan Nur Huda, "Analisis Pengaruh Temperatur dan Durasi Preheat terhadap Cacat Produk pada Mesin Injection Molding Manual," *J. Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, vol. 8, no. 2, pp. 106–112, 2024.
- [17] M. Ghilman, "Sifat Mekanik dan Cacat Penyusutan (Shrinkage) Akibat Variasi Komposisi Campuran Daur Ulang Polyethylene pada Proses Injection Molding," *J. Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 14–18, 2014.
- [18] S. S. Oktorina, "Karakterisasi Plastik Pengemas Makanan dari Tepung Maizena dan Batang Pisang," *J. balitbangdalamung*, vol. 8, no. 1, pp. 17–17, 2020.
- [19] W. Zhang, "Comprehensive Investigation into the Impact of Degradation of Recycled Polyethylene and Recycled Polypropylene on the Thermo-Mechanical Characteristics and Thermal Stability of Blends," *J. Molecules*, vol. 29, no. 18, p. 4499, 2024.
- [20] H. W. S. Muhammad Arif, "Analisa Cacat Produk dan Kerusakan Mold pada Proses Injection Molding dan Tindakan Perbaikan di PT. Patco Elektronik Teknologi," *J. Sains dan Teknologi (JSIT)*, vol. 4, no. 2, pp. 158–167, 2024.

- [21] A. A. Sulung Wibawansyah, "Identify Product Defects in the Injection Molding Process," *J. Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 7, pp. 223–226, 2024.
- [22] D. A. Hakim dan M. Syahrial, *Pengujian Bahan Teknik*, Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.

## **LAMPIRAN**

## LAMPIRAN 1. Perhitungan Uji Tarik

### I. Plastik Murni Non Paduan

#### 1. Perhitungan Tegangan Tarik

Rumus Tegangan Tarik:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya tarik yang diberikan (N)

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

Menghitung luas penampang

A = Luas penampang spesimen

A = Tebal x Lebar

$$= 3.2 \times 13$$

$$= 41.6 \text{ mm}^2 = 41.6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

#### a. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Murni Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{910.4}{41.6 \times 10^{-6}} = 21884615 \text{ Pa} \\ &= 21.88 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{893.8}{41.6 \times 10^{-6}} = 21485576 \text{ Pa} \\ &= 21.49 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{961.1}{41.6 \times 10^{-6}} = 23103365 \text{ Pa} \\ &= 23.11 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**b. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Murni Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{746.6}{41.6 \times 10^{-6}} = 17947115 \text{ Pa} \\ &= 17.95 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{627.3}{41.6 \times 10^{-6}} = 15079326 \text{ Pa} \\ &= 15.08 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{698}{41.6 \times 10^{-6}} = 16778846 \text{ Pa} \\ &= 16.78 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**c. HDPE (*High Density Polyethylene*) Murni Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1733.6}{41.6 \times 10^{-6}} = 41673076 \text{ Pa} \\ &= 41.67 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1682.8}{41.6 \times 10^{-6}} = 40451923 \text{ Pa} \\ &= 40.45 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1281.5}{41.6 \times 10^{-6}} = 30805288 \text{ Pa} \\ &= 30.81 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**d. HDPE (*High Density Polyethylene*) Murni Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1384.8}{41.6 \times 10^{-6}} = 33288461 \text{ Pa} \\ &= 33.29 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1416.1}{41.6 \times 10^{-6}} = 34040865 \text{ Pa} \\ &= 34.04 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1369.3}{41.6 \times 10^{-6}} = 32915865 \text{ Pa} \\ &= 32.92 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**e. PP (*Polypropylene*) Murni Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1387.8}{41.6 \times 10^{-6}} = 33360576 \text{ Pa} \\ &= 33.36 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1329.3}{41.6 \times 10^{-6}} = 31954326 \text{ Pa} \\ &= 31.95 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1221.7}{41.6 \times 10^{-6}} = 29367788 \text{ Pa} \\ &= 29.37 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**f. PP (*Polypropylene*) Murni Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{690.1}{41.6 \times 10^{-6}} = 1659892 \text{ Pa} \\ &= 16.59 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{994.4}{41.6 \times 10^{-6}} = 23903846 \text{ Pa} \\ &= 23.9 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{918.9}{41.6 \times 10^{-6}} = 22098942 \text{ Pa} \\ &= 22.09 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**2. Perhitungan Regangan**

Rumus Regangan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan Tarik (Strain)

$\Delta L$  = Pertambahan Panjang spesimen

$L_0$  = Panjang awal spesimen

**a. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Murni Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{33}{57} \times 100 \\ &= 57.89 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{24}{57} \times 100 \\ &= 42.11 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{26}{57} \times 100 \\ &= 45.61 \%\end{aligned}$$

**b. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Murni Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{17}{57} \times 100 \\ &= 29.82 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{17}{57} \times 100 \\ &= 29.82 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{17}{57} \times 100 \\ &= 29.82 \%\end{aligned}$$

**c. HDPE (*High Density Polyethylene*) Murni Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{48}{57} \times 100 \\ &= 84 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{50}{57} \times 100 \\ &= 87 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{48}{57} \times 100 \\ &= 84 \%\end{aligned}$$

**d. HDPE (*High Density Polyethylene*) Murni Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{39}{57} \times 100 \\ &= 68.42 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{63}{57} \times 100 \\ &= 110.53 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{24}{57} \times 100 \\ &= 73.69 \%\end{aligned}$$

**e. PP (*Polypropylene*) Murni Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{12}{57} \times 100 \\ &= 21.05 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{12}{57} \times 100 \\ &= 21.05 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{12}{57} \times 100 \\ &= 21.05 \%\end{aligned}$$

**f. PP (*Polypropylene*) Murni Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6}{57} \times 100 \\ &= 10.53 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6}{57} \times 100 \\ &= 10.53 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6}{57} \times 100 \\ &= 10.53 \%\end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Modulus Elastisitas

Rumus Modulus Elastisitas:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

**a. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Murni Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{14.38}{22.81}$$
$$= 63.06 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{17.16}{19.30}$$
$$= 88.93 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{19.15}{22.81}$$
$$= 83.95 \text{ Mpa}$$

**b. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Murni Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{13.92}{8.77}$$
$$= 158.64 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{10.06}{8.77}$$
$$= 114.69 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{13.78}{10.53}$$
$$= 130.92 \text{ Mpa}$$

**c. HDPE (*High Density Polyethylene*) Murni Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{33.12}{25.56}$$
$$= 134.9 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{37.89}{21.05}$$
$$= 180 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{26.38}{22.81}$$
$$= 115.64 \text{ Mpa}$$

**d. HDPE (*High Density Polyethylene*) Murni Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{27.09}{8.77}$$
$$= 308.87 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{26.66}{8.77}$$
$$= 303.94 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{24.28}{10.53}$$
$$= 230.69 \text{ Mpa}$$

**e. PP (*Polypropylene*) Murni Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{23.77}{10.53}$$
$$= 225.81 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{23.72}{8.77}$$
$$= 270.45 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{26.12}{14.04}$$
$$= 186.07 \text{ Mpa}$$

**f. PP (*Polypropylene*) Murni Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{16.59}{8.77}$$
$$= 210.22$$

Spesimen 2

$$E = \frac{23.90}{8.77}$$
$$= 272.50 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{22.09}{8.77}$$
$$= 251.81 \text{ Mpa}$$

## II. Plastik Daur Ulang Non Paduan

### 1. Perhitungan Tegangan Tarik

Rumus Tegangan Tarik:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya tarik yang diberikan (N)

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

Menghitung luas penampang

A = Luas penampang spesimen

A = Tebal x Lebar

$$= 3.2 \times 13$$

$$= 41.6 \text{ mm}^2 = 41.6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

#### a. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{783.5}{41.6 \times 10^{-6}} = 18834134 \text{ Pa} \\ &= 18.83 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{650.5}{41.6 \times 10^{-6}} = 15637019 \text{ Pa} \\ &= 15.64 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{468.8}{41.6 \times 10^{-6}} = 11269230 \text{ Pa} \\ &= 11.27 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

#### b. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 200°C

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{549.3}{41.6 \times 10^{-6}} = 13204329 \text{ Pa} \\ &= 13.20 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{413.7}{41.6 \times 10^{-6}} = 9944711 \text{ Pa} \\ &= 9.94 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{571.8}{41.6 \times 10^{-6}} = 13745192 \text{ Pa} \\ &= 13.75 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**c. HDPE (*High Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1028.2}{41.6 \times 10^{-6}} = 24726346 \text{ Pa} \\ &= 24.72 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1489.1}{41.6 \times 10^{-6}} = 35895673 \text{ Pa} \\ &= 35.8 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1588.9}{41.6 \times 10^{-6}} = 38194711 \text{ Pa} \\ &= 38.19 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**d. HDPE (*High Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1386.8}{41.6 \times 10^{-6}} = 33336538 \text{ Pa} \\ &= 33.34 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1254}{41.6 \times 10^{-6}} = 30144230 \text{ Pa} \\ &= 30.14 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1276.6}{41.6 \times 10^{-6}} = 30687500 \text{ Pa} \\ &= 30.69 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**e. PP (Polypropylene) Daur Ulang Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1145.5}{41.6 \times 10^{-6}} = 27546057 \text{ Pa} \\ &= 27.54 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1079.4}{41.6 \times 10^{-6}} = 25957115 \text{ Pa} \\ &= 25.95 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1174.6}{41.6 \times 10^{-6}} = 28245576 \text{ Pa} \\ &= 28.24 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**f. PP (Polypropylene) Daur Ulang Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{947}{41.6 \times 10^{-6}} = 22764423 \text{ Pa} \\ &= 22.76 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{777.2}{41.6 \times 10^{-6}} = 18682692 \text{ Pa} \\ &= 18.68 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{828.2}{41.6 \times 10^{-6}} = 19908653 \text{ Pa} \\ &= 19.9 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

## 2. Perhitungan Regangan

Rumus Regangan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan Tarik (Strain)

$\Delta L$  = Pertambahan Panjang spesimen

$L_0$  = Panjang awal spesimen

### a. LDPE (*Low Density Polyethylene*) ) Daur Ulang Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{29}{57} \times 100 \\ &= 50.88 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{11}{57} \times 100 \\ &= 19.30 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\varepsilon = \frac{8}{57} \times 100$$

$$= 14.04 \%$$

**b. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{11}{57} \times 100 \\ &= 19.30 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6}{57} \times 100 \\ &= 10.53 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{10}{57} \times 100 \\ &= 17.54 \%\end{aligned}$$

**c. HDPE (*High Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{12}{57} \times 100 \\ &= 21.05 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{52}{57} \times 100 \\ &= 91.23 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{30}{57} \times 100 \\ &= 52,63 \%\end{aligned}$$

**d. HDPE (*High Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{42}{57} \times 100 \\ &= 73.68 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{42}{57} \times 100 \\ &= 73.68 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\varepsilon = \frac{42}{57} \times 100$$

$$= 73.68 \%$$

**e. PP (*Polypropylene*) Daur Ulang Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{9}{57} \times 100 \\ &= 15,79 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{9}{57} \times 100 \\ &= 15,79 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{9}{57} \times 100 \\ &= 15,79 \%\end{aligned}$$

**f. PP (*Polypropylene*) Daur Ulang Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6}{57} \times 100 \\ &= 10.53 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6}{57} \times 100 \\ &= 10.53 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6}{57} \times 100 \\ &= 10.53 \%\end{aligned}$$

**3. Perhitungan Modulus Elastisitas**

Rumus Modulus Elastisitas:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

**a. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{16.51}{17.54}$$
$$= 94.12 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{12.90}{12.28}$$
$$= 105.05 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{9.30}{8.77}$$
$$= 106.03 \text{ Mpa}$$

**b. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{9.46}{8.77}$$
$$= 107.83 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{8.85}{7.02}$$
$$= 126.16 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{8.40}{7.02}$$
$$= 119.72 \text{ Mpa}$$

**c. HDPE (*High Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{22.16}{15.79}$$
$$= 140.34 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{22.70}{17.54}$$
$$= 155.04 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{32.12}{24.56}$$
$$= 130.77 \text{ Mpa}$$

**d. HDPE (*High Density Polyethylene*) Daur Ulang Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{16.51}{8.77}$$
$$= 188.18 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{23.70}{14.04}$$
$$= 168.88 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{22.67}{14.04}$$
$$= 161.49 \text{ Mpa}$$

e. **PP (*Polypropylene*) Daur Ulang Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{23.46}{10.53}$$
$$= 222.86 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{22.31}{10.53}$$
$$= 212.54 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{23.05}{10.53}$$
$$= 218.96 \text{ Mpa}$$

f. **PP (*Polypropylene*) Daur Ulang Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{19.35}{7.02}$$
$$= 275.68 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{18.68}{8.77}$$
$$= 212.98 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{19.91}{8.77}$$
$$= 226.96 \text{ Mpa}$$

### III. Plastik Daur Ulang Paduan (LDPE, HDPE, dan PP)

#### 1. Perhitungan Tegangan Tarik

Rumus Tegangan Tarik:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya tarik yang diberikan (N)

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

Menghitung luas penampang

A = Luas penampang spesimen

A = Tebal x Lebar

$$= 3.2 \times 13$$

$$= 41.6 \text{ mm}^2 = 41.6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

#### a. Plastik Daur Ulang Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{799.9}{41.6 \times 10^{-6}} = 19238365.3 \text{ Pa} \\ &= 19.23 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{684.6}{41.6 \times 10^{-6}} = 1646730,7 \text{ Pa} \\ &= 16.46 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{639.8}{41.6 \times 10^{-6}} = 15389807.6 \text{ Pa} \\ &= 15.38 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

#### b. Plastik Daur Ulang Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 200°C

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{838.6}{41.6 \times 10^{-6}} = 20168653 \text{ Pa} \\ &= 19.23 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{843.6}{41.6 \times 10^{-6}} = 20288846.1 \text{ Pa} \\ &= 20.28 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{783.8}{41.6 \times 10^{-6}} = 18841346.1 \text{ Pa} \\ &= 18.84 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

## 2. Perhitungan Regangan

Rumus Regangan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan Tarik (Strain)

$\Delta L$  = Pertambahan Panjang spesimen

$L_0$  = Panjang awal spesimen

### a. Plastik Daur Ulang Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6}{57} \times 100 \\ &= 10.53 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\varepsilon = \frac{6}{57} \times 100$$

$$= 10.53 \%$$

Spesimen 3

$$\varepsilon = \frac{6}{57} \times 100$$

$$= 10.53 \%$$

**b. Plastik Daur Ulang Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\varepsilon = \frac{6}{57} \times 100$$

$$= 10.53 \%$$

Spesimen 2

$$\varepsilon = \frac{7}{57} \times 100$$

$$= 12.28 \%$$

Spesimen 3

$$\varepsilon = \frac{6}{57} \times 100$$

$$= 10.53 \%$$

**3. Perhitungan Modulus Elastisitas**

Rumus Modulus Elastisitas:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

**a. Plastik Daur Ulang Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{12.04}{7.02}$$

$$= 171.62 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{16.46}{8.77}$$

$$= 187.61 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{15.38}{8.77}$$

$$= 175.33 \text{ Mpa}$$

#### **b. Plastik Daur Ulang Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{11.72}{7.02}$$

$$= 166.99 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{17.68}{8.77}$$

$$= 201.53 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{18.84}{8.77}$$

$$= 214.79 \text{ Mpa}$$

### **IV. Plastik Murni Paduan (LDPE, HDPE, dan PP)**

#### **1. Perhitungan Tegangan Tarik**

Rumus Tegangan Tarik:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya tarik yang diberikan (N)

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

Menghitung luas penampang

A = Luas penampang spesimen

A = Tebal x Lebar

$$= 3.2 \times 13$$

$$= 41.6 \text{ mm}^2 = 41.6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

**a. Plastik Murni Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{864.4}{41.6 \times 10^{-6}} = 207877746.1 \text{ Pa} \\ &= 20.78 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{898.9}{41.6 \times 10^{-6}} = 21608173.0 \text{ Pa} \\ &= 21.61 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{993.1}{41.6 \times 10^{-6}} = 23872596.1 \text{ Pa} \\ &= 23.87 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

**b. Plastik Murni Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{953.6}{41.6 \times 10^{-6}} = 22923076.9 \text{ Pa} \\ &= 22.92 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{968.4}{41.6 \times 10^{-6}} = 23288846.1 \text{ Pa} \\ &= 23.28 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{\text{beban } (N)}{A \text{ (mm}^2\text{)}} \\ &= \frac{1032.3}{41.6 \times 10^{-6}} = 24814903.8 \text{ Pa} \\ &= 24.81 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

## 2. Perhitungan Regangan

Rumus Regangan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan Tarik (Strain)

$\Delta L$  = Pertambahan Panjang spesimen

$L_0$  = Panjang awal spesimen

### a. Plastik Murni Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6}{57} \times 100 \\ &= 10.53 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{7}{57} \times 100 \\ &= 12.28 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{8}{57} \times 100 \\ &= 14.04 \%\end{aligned}$$

### b. Plastik Murni Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 200°C

Spesimen 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{8}{57} \times 100 \\ &= 14.04 \%\end{aligned}$$

Spesimen 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{7}{57} \times 100 \\ &= 12.28 \%\end{aligned}$$

Spesimen 3

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{9}{57} \times 100 \\ &= 15.79 \%\end{aligned}$$

## 3. Perhitungan Modulus Elastisitas

Rumus Modulus Elastisitas:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

**a. Plastik Murni Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 190°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{20.78}{8.77}$$
$$= 236.88 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{21.61}{10.53}$$
$$= 205.00 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{23.87}{12.28}$$
$$= 194.39 \text{ Mpa}$$

**b. Plastik Murni Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$E = \frac{22.92}{12.28}$$
$$= 198.20 \text{ Mpa}$$

Spesimen 2

$$E = \frac{23.28}{10.53}$$
$$= 205 \text{ Mpa}$$

Spesimen 3

$$E = \frac{23.75}{12.28}$$
$$= 193.43 \text{ Mpa}$$

**Lampiran 2. Perhitung Uji Impak**

Perhitungan Luas Penampang

$$A = b \times (h - a)$$

$$= 12,7 \times (12.7 - 2.54)$$

$$= 12,7 \times 10.16$$
$$= 129.03 \text{ mm}^2$$

Rumus Mencari Nilai Impak:

$$\text{Nilai Impak} = \frac{\text{Energi diserap (Joule)}}{\text{Luas Penampang (mm}^2\text{)}}$$

## 1. Plastik Murni

### a. Plastik Murni HDPE (*High-Density Polyethylene*) Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\text{Nilai Impak} = \frac{126 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,977 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 2

$$\text{Nilai Impak} = \frac{130 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,008 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 3

$$\text{Nilai Impak} = \frac{125 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,969 \text{ J/mm}^2$$

### b. Plastik Murni LDPE (*Low-Density Polyethylene*) Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\text{Nilai Impak} = \frac{135 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,046 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 2

$$\text{Nilai Impak} = \frac{136 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,054 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 3

$$\text{Nilai Impak} = \frac{133 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,031 \text{ J/mm}^2$$

### c. Plastik Murni PP (*Polypropylene*) Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\text{Nilai Impak} = \frac{120 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,930 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 2

$$\text{Nilai Impak} = \frac{119 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,922 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 3

$$\text{Nilai Impak} = \frac{114 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,884 \text{ J/mm}^2$$

## 2. Plastik Daur Ulang

### a. Plastik Daur Ulang HDPE (*High-Density Polyethylene*) Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\text{Nilai Impak} = \frac{122 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,946 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 2

$$\text{Nilai Impak} = \frac{119 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,922 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 3

$$\text{Nilai Impak} = \frac{124 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,961 \text{ J/mm}^2$$

### b. Plastik Daur Ulang LDPE (*Low-Density Polyethylene*) Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\text{Nilai Impak} = \frac{114 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,884 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 2

$$\text{Nilai Impak} = \frac{112 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,868 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 3

$$\text{Nilai Impak} = \frac{114 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,844 \text{ J/mm}^2$$

### c. Plastik Daur Ulang PP (*Polypropylene*) Temperatur 190°C

Spesimen 1

$$\text{Nilai Impak} = \frac{114 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,844 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 2

$$\text{Nilai Impak} = \frac{114 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,844 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 3

$$\text{Nilai Impak} = \frac{112 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,868 \text{ J/mm}^2$$

### **3. Plastik Paduan Murni**

#### **a. Plastik Murni Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\text{Nilai Impak} = \frac{137 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,062 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 2

$$\text{Nilai Impak} = \frac{140 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,085 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 3

$$\text{Nilai Impak} = \frac{140 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,085 \text{ J/mm}^2$$

### **4. Plastik Paduan Daur Ulang**

#### **a. Plastik Daur Ulang Paduan (LDPE, HDPE, dan PP) Temperatur 200°C**

Spesimen 1

$$\text{Nilai Impak} = \frac{132 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,023 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 2

$$\text{Nilai Impak} = \frac{124 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 0,961 \text{ J/mm}^2$$

Spesimen 3

$$\text{Nilai Impak} = \frac{136 \text{ J}}{129,03 \text{ (mm}^2\text{)}} = 1,054 \text{ J/mm}^2$$

**Lampiran 2 . Dokumentasi *Sampel* Uji Tarik**

1. Plastik PP Murni Temperatur 190°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 33,36 Mpa	Regangan = 21,05%	Modulus Elastisitas = 225,8 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 31,95 Mpa	Regangan = 21,05%	Modulus Elastisitas = 270,5 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 29,37 Mpa	Regangan = 21,05%	Modulus Elastisitas = 186,1 MPa
		

2. Plastik PP Murni Temeperatur 200°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 16.59 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 210.22 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 23.9 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 272.50 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 22.0 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 271.40 MPa
		

3. Plastik HDPE Murni Temeperatur 190°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 41,67 Mpa	Regangan = 68,42%	Modulus Elastisitas = 134,9 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 40,45 Mpa	Regangan = 110,5%	Modulus Elastisitas = 180 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 30,81 Mpa	Regangan = 42,11%	Modulus Elastisitas = 115,64 MPa
		

4. Plastik HDPE Murni Temperatur 200 °C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 33.29 Mpa	Regangan = 68.42 %	Modulus Elastisitas = 308.87 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 34.04 Mpa	Regangan = 68.42 %	Modulus Elastisitas = 303.94 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 32.92 Mpa	Regangan = 68.42 %	Modulus Elastisitas = 230.69 MPa
		

5. Plastik LDPE Murni Temperatur 190°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 21,88 Mpa	Regangan = 57,89%	Modulus Elastisitas = 63,1 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 21,49 Mpa	Regangan = 42,11%	Modulus Elastisitas = 88,93 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 23,11 Mpa	Regangan = 45,61%	Modulus Elastisitas = 83,95 MPa
		

6. Plastik LDPE Murni Temperatur 200 °C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 17.95 Mpa	Regangan = 29.82 %	Modulus Elastisitas = 158.64 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 15.08 Mpa	Regangan = 29.82 %	Modulus Elastisitas = 114.69 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 16.78 Mpa	Regangan = 29.82 %	Modulus Elastisitas = 130.92 MPa
		

7. Plastik PP Daur Ulang Temeperatur 190°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 27,54 Mpa	Regangan = 15,79%	Modulus Elastisitas = 222,86 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 25,95 Mpa	Regangan = 15,79%	Modulus Elastisitas = 212,54 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 28,24 Mpa	Regangan = 15,79%	Modulus Elastisitas = 218,96 MPa
		

8. Plastik PP Daur Ulang Temeperatur 200°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 22.76 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 275.68 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 18.68 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 212.98 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 19.91 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 226.96 MPa
		

9. Plastik HDPE Daur Ulang Temeperatur 190°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 24,72 Mpa	Regangan = 21,05%	Modulus Elastisitas = 140,34 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 35,8 Mpa	Regangan = 91,23%	Modulus Elastisitas = 154,91 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 38,19 Mpa	Regangan = 52,63%	Modulus Elastisitas = 130,77 MPa
		

10. Plastik HDPE Daur Ulang Temeperatur 200°C

1. Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 33.34 Mpa	Regangan = 73.68 %	Modulus Elastisitas = 188.18 MPa
		

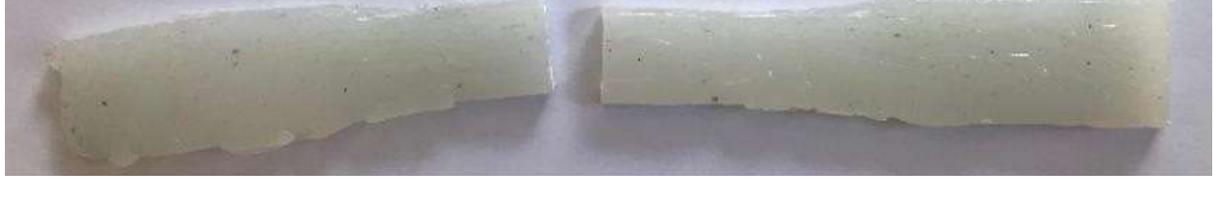
Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 30.14 Mpa	Regangan = 73.68 %	Modulus Elastisitas = 168.88 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 30.69 Mpa	Regangan = 73.68 %	Modulus Elastisitas = 161.49 MPa
		

11. Plastik LDPE Daur Ulang Temperatur 190°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 18,83 Mpa	Regangan = 50,88%	Modulus Elastisitas = 94,12 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 15,64 Mpa	Regangan = 19,30%	Modulus Elastisitas = 105,05 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 11,27 Mpa	Regangan = 14,04%	Modulus Elastisitas = 106,03 MPa
		

12. Plastik LDPE Daur Ulang Temeperatur 200°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 13.2 Mpa	Regangan = 19.30 %	Modulus Elastisitas = 107.83 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 9.94 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 126.16 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 13.75 Mpa	Regangan = 17.54 %	Modulus Elastisitas = 119.72 MPa
		

### 13. Plastik Paduan Murni Temperatur 190°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 19.23 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 171.62 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 16.46 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 187.61 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 15.38 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 175.33 MPa
		

14. Plastik Paduan Murni Temperatur 200°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 20.16 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 166.99 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 20.28 Mpa	Regangan = 12.28 %	Modulus Elastisitas = 201.53 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 18.84 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 214.79 MPa
		

15. Plastik Paduan Daur Ulang Temperatur 190°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 13.2 Mpa	Regangan = 19.30 %	Modulus Elastisitas = 107.83 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 9.94 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 126.16 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 13.75 Mpa	Regangan = 17.54 %	Modulus Elastisitas = 119.72 MPa
		

16. Plastik Paduan Daur Ulang Temperatur 200°C

Spesimen 1		
Tegangan Tarik = 13.2 Mpa	Regangan = 19.30 %	Modulus Elastisitas = 107.83 MPa
		

Spesimen 2		
Tegangan Tarik = 9.94 Mpa	Regangan = 10.53 %	Modulus Elastisitas = 126.16 MPa
		

Spesimen 3		
Tegangan Tarik = 13.75 Mpa	Regangan = 17.54 %	Modulus Elastisitas = 119.72 MPa
		

### Lampiran 3. Dokumentasi Uji Impak

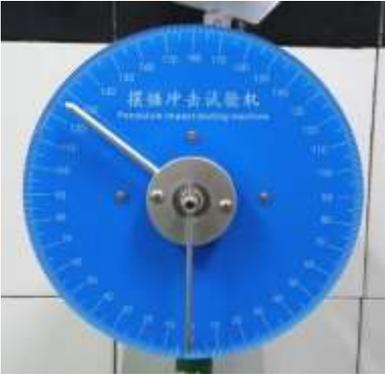
#### 1. Plastik PP Murni

Spesimen 1	
Energi impak yang diserap = 120 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 2	
Energi impak yang diserap = 119 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 3	
Energi impak yang diserap = 114 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

2. Plastik HDPE Murni

Spesimen 1	
Energi impak yang diserap = 126 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 2	
Energi impak yang diserap = 130 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 3	
Energi impak yang diserap = 125 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

3. Plastik LDPE Murni

Spesimen 1	
Energi impak yang diserap = 135 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 2	
Energi impak yang diserap = 136 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 3	
Energi impak yang diserap = 133 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

4. Plastik PP Daur Ulang

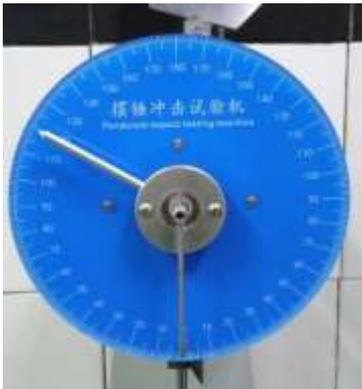
Spesimen 1	
Energi dampak yang diserap = 114 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 2	
Energi dampak yang diserap = 114 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 3	
Energi dampak yang diserap = 112 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

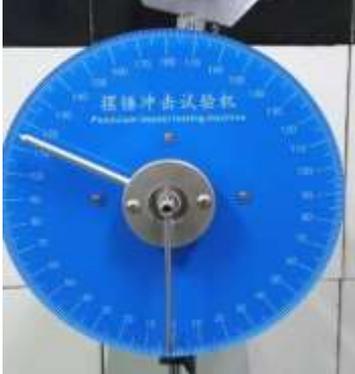
5. Plastik HDPE Daur Ulang

Spesimen 1	
Energi impak yang diserap = 122 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

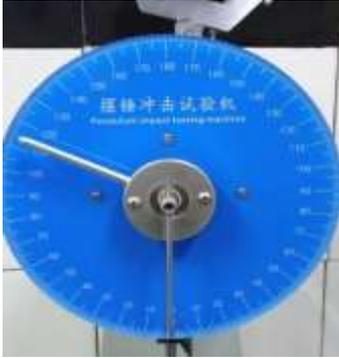
Spesimen 2	
Energi impak yang diserap = 119 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 3	
Energi impak yang diserap = 124 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

6. Plastik LDPE Daur Ulang

Spesimen 1	
Energi impak yang diserap = 114 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 2	
Energi impak yang diserap = 112 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 3	
Energi impak yang diserap = 114 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

7. Plastik Murni Paduan LDPE, HDPE, PP

Spesimen 1	
Energi impact yang diserap = 137 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 2	
Energi impact yang diserap = 140 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 3	
Energi impact yang diserap = 140 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

8. Plastik Daur Ulang Paduan LDPE, HDPE, PP

Spesimen 1	
Energi dampak yang diserap = 132 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 2	
Energi dampak yang diserap = 124 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	

Spesimen 3	
Energi dampak yang diserap = 136 Joule	Dokumentasi patahan spesimen uji
	