

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Proses *Injection Moulding*

Setelah proses pencacahan selesai, material kemudian dilelehkan menggunakan mesin pengolah plastik sesuai dengan variasi ukuran yang telah ditentukan, yaitu 10 x 10 mm. Hasil dari proses ini membentuk spesimen yang akan digunakan untuk uji impak dan uji tarik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Hasil Produk Palu *Injection Moulding*

Jika dilihat secara visual pada produk palu dengan menggunakan cacahan 10x10 mm, terdapat bermacam perbedaannya akibat dari adanya perbedaan suhu. Seperti pada produk palu dengan menggunakan suhu 200°C. produk palu menunjukkan hasil yang mendekati sempurna. Namun, terdapat sedikit kecacatan pada permukaan produk yang disebabkan oleh suhu yang relatif rendah. Suhu ini belum cukup optimal untuk melelehkan material plastik secara sempurna, sehingga menghasilkan ketidaksempurnaan pada permukaan. dapat palu bersuhu 200°C dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4. 2** Produk Palu Suhu 200°C

Adapun untuk produk palu hasil injection moulding kombinasi plastik PET dan PP dengan menggunakan suhu 250°C. hasil produk palu berwarna kecokelatan pada beberapa bagian. Hal ini diakibatkan oleh pengaruh suhu yang mulai mendekati batas atas proses pengolahan, di mana material mulai terlalu panas di beberapa titik, meskipun sebagian besar permukaan masih dalam kondisi baik. Seperti gambar dibawah ini:



**Gambar 4. 3** Produk Palu Suhu 250°C

Kemudian untuk hasil produk palu dengan suhu 300°C, produk palu mengalami kegosongan yang lebih signifikan. Hal ini disebabkan oleh suhu yang terlalu tinggi, mengakibatkan material plastik mengalami degradasi dan terbakar. Proses injection moulding pada suhu ini menghasilkan produk dengan cacat di beberapa lokasi, menunjukkan bahwa suhu tersebut tidak ideal untuk memproduksi palu dengan kualitas baik. Dapat dilihat hasilnya pada gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Produk Palu Suhu 300°C

#### 4.2 Dimensi Proses *Injection Moulding* Produk Palu

Setelah dilakukan pembentuk produk palu dengan menggunakan limbah plastik PP dan PET maka dilakukan pengukuran penyesuaian dimensi dengan rancangan awal pembuatan desain palu. Untuk prose penyeusian dapat dilihat pada gambar 4.5.



**Gambar 4. 5** Palu 200°C

pada gambar 4.5. merupakan produk palu berbahan limbah plastik PP dan PET dengan menggunakan suhu lebur 200°C yang disesuaikan dengan desain palu yang sudah dibuat sebelum dilakukannya pembentukan produk

palu. Dimana terdapat kelebihan pada panjang palu sebesar 5 mm. karena adanya beberapa penyebab terjadinya kelebihan ukuran pada saat dilakukan pemanasan dengan suhu  $200^{\circ}\text{C}$  molekul plastik akan mengalami ekspansi termal. Kemudian plastik yang sudah dipanaskan dimasukkan pada cetakan ukuran material akan lebih besar dari desain awal akibat pemuaian. Kemudian disebabkan oleh tekanan pada proses *injection moulding*. Tekanan injeksi yang terlalu tinggi atau ketidak stabilan dapat mengakibatkan penyebaran lebih banyak ke dalam cetakan sehingga pengisian ruang lebih banyak ke dalam bagian tertentu. dan faktor pendinginan dapat mempengaruhinya apabila pendinginan tidak merata atau terlalu cepat material tidak stabil yang dikeluarkan dari cetakan, menyebabkan ukuran lebih besar. Lalu dilakukan perbandingan hasil pembentukan palu dengan bahan PP dan PET dengan suhu lebur  $250^{\circ}\text{C}$  dapat dilihat pada gambar 4.6.



**Gambar 4. 6** Palu  $250^{\circ}\text{C}$

Pada gambar 4.6. hasil pembentukan produk palu berbahan limbah plastik PP dan PET dengan menggunakan suhu  $250^{\circ}\text{C}$  dilakukan penyesuaian dengan menggunakan desain produk palu. Dimana terdapat kelebihan ukuran

pada panjang palu sekitar 6 mm. Hal ini disebabkan oleh terdapat beberapa penyebab yaitu: adanya ekspansi termal pada saat pembentukan produk palu, ketika plastik panas hasil *injection moulding* dimasukkan ke cetakan ukuran material akan mengalami pembesaran dari desain awalnya akibat pemuaian. Kemudian terdapat penyusutan pada lebar palu sebesar 3 mm. karena dalam proses penyetakan produk palu plastik mengalami penyusutan saat berubah dari keadaan cair menjadi padat. Dimana bahan PP dan PET memiliki nilai penyusutan yang besar menyebabkan perubahan ukuran setelah material didinginkan dan mencapai suhu ruangan. Berikutnya produk palu menggunakan bahan PP dan PET dengan suhu 300°C dapat dilihat pada gambar 4.7.



**Gambar 4. 7** Palu 300°C

Pada hasil pembentuk palu yang berbahan limbah plastik PP dan PET dengan suhu 300°C dilakukan penyesuaian dengan desain awal pembentukan palu. Terdapat ketidaksesuaian untuk ukuran panjang produk palu. Dimana terdapat kelebihan panjang yang seharusnya 114 mm pada desain awal palu. Pada produk palu yang dihasilkan memiliki panjang 124 mm. kelebihan panjang dikarenakan pemuaian material saat dilakukan penyetakan plastik

panas menjadi produk palu yang menyebabkan terjadinya ekspansi termal. Pada hasil akhir akan lebih besar dari pada desain awalnya.

### 4.3 Cacat Pada Produk Palu Hasil *Injection Moulding*

Pada hasil pembentukan produk palu menggunakan proses injection moulding dengan suhu 200°C, terdapat beberapa cacat yang muncul. Salah satunya adalah cacat weld line, yang disebabkan oleh suhu injeksi yang terlalu rendah atau aliran material yang tidak cukup lancar. Selain itu, terdapat juga cacat short shot, yang terjadi akibat tekanan injeksi yang rendah atau suhu yang tidak cukup untuk melelehkan material sepenuhnya. Cacat short shot pada produk palu bisa menyebabkan kepala palu tidak terbentuk dengan sempurna, sehingga produk tidak bisa berfungsi dengan baik. Dapat dilihat pada gambar 4.8.

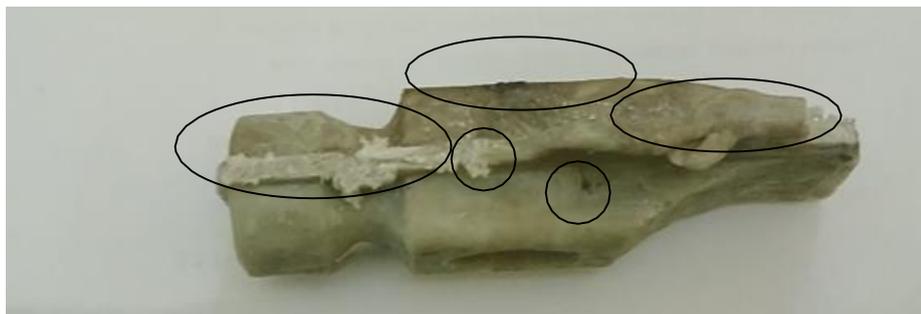


**Gambar 4. 8** Palu Bersuhu 200°C

Kemudian memakai suhu 250°C dengan combination plastik PET dan PP. dapat dilihat terdapat beberapa macam cacat seperti: *sink marks*, *flash*, *void*, *warping*, *burn marks*, dan *weld lines*. Cacat *shink marks* adalah lekukan kecil yang muncul di permukaan produk akibat pendinginan yang tidak merata atau tekanan injeksi yang tidak cukup. Pada produk palu, cacat ini biasanya terlihat pada bagian kepala atau gagang yang tebal. Lekukan ini dapat mengurangi kekuatan mekanis produk dan memengaruhi penampilan estetika. Cacat *Flash* terjadi ketika material plastik berlebih keluar dari rongga cetakan, membentuk lapisan tipis di sekitar tepi produk. Hal ini biasanya disebabkan oleh tekanan injeksi yang terlalu tinggi atau cetakan yang tidak tertutup rapat.

Cacat *void* adalah cacat berupa rongga kecil yang terbentuk di dalam produk akibat pendinginan yang terlalu cepat atau material yang tidak terisi penuh ke dalam cetakan. Pada produk palu, void dapat menyebabkan kelemahan struktural, terutama pada bagian yang membutuhkan kekuatan tinggi, seperti kepala palu. Cacat *warping* terjadi ketika produk mengalami penyusutan yang tidak merata selama proses pendinginan, mengakibatkan deformasi pada produk. Cacat *burn marks* muncul sebagai noda hitam atau kecokelatan di permukaan produk akibat pemanasan berlebih pada material atau gesekan yang terjadi di dalam cetakan.

Cacat ini sering terjadi jika suhu injeksi terlalu tinggi atau jika waktu siklus terlalu lama. Pada produk palu, burn marks tidak hanya memengaruhi penampilan, tetapi juga dapat melemahkan struktur material di area yang terkena. Cacat *weld lines* adalah garis tipis yang muncul di permukaan produk akibat aliran material yang bertemu di dalam cetakan. Cacat ini biasanya terjadi jika suhu injeksi terlalu rendah atau aliran material tidak cukup lancar. Pada palu, weld lines dapat melemahkan area yang memiliki garis sambungan, sehingga membuat produk lebih rentan patah. Untuk hasil produk injection moulding dengan suhu 250°C dapat dilihat pada gambar 4.7.



**Gambar 4. 9** Palu Bersuhu 250°C

Pada percobaan terakhir menggunakan suhu 300°C terdapat cacat *weld liner*, *shorts hots*, *burn marks*, dan *void*. Cacat *weld liner* biasanya terjadi jika suhu injeksi terlalu rendah atau aliran material tidak cukup lancar. Cacat *shorts hots* terjadi ketika material plastik tidak mengisi cetakan secara penuh, meninggalkan bagian produk yang tidak terbentuk dengan sempurna. Cacat ini sering disebabkan oleh tekanan injeksi yang terlalu rendah atau suhu yang tidak

cukup untuk melelehkan material secara menyeluruh. Cacat *burn marks* sering terjadi jika suhu injeksi terlalu tinggi atau jika waktu siklus terlalu lama. Cacat *void* adalah cacat berupa rongga kecil yang terbentuk di dalam produk akibat pendinginan yang terlalu cepat atau material yang tidak terisi penuh ke dalam cetakan. Seperti pada gambar dibawah ini:



**Gambar 4. 10** Palu Bersuhu 300°C

#### **4.4 Hasil Uji Mekanik Dari Produk Palu Hasil *Injection Moulding***

Setelah dilakukan pembentukan produk maka dilakukan pengujian produk untuk mengetahui hasil uji mekanik dari produk hasil injection moulding dengan bahan plastik combination PET dan PP. menggunakan dua metode pengujian yaitu uji tarik dan uji impact.

##### **4.4.1 Uji Tarik**

Pada penelitian ini produk hasil pengolahan injection moulding dilakukan pembentukan yang sudah disesuaikan dengan standard pengujian uji tarik ASTM D638 Tipe I. pengujian ini dilakukan dengan bahan PET dan PP dengan berikan variasi ukuran cacahan sebesar 10×10 mm. maka didapatkan hasil uji tarik berupa data beban dan pertambahan panjan. Dari data dapat diperoleh nilai tegangan tarik pada setiap spesimen sampel uji tarik. Dibawah ini merupakan rumus-rumus yang digunakan.

A. Standar untuk uji tarik menggunakan standar ASTM D638 Tipe I

- B. Mengetahui besar luas penampang pada sampel uji tarik sebelum dilakukan perhitungan kekuatan tarik pada sampel uji tarik dengan cara dibawah ini:

$A = \text{Luas penampang spesimen}$

$A = \text{Tebal} \times \text{Lebar}$

$$A = 3 \times 10$$

$$A = 30 \text{ mm}^2 = 30 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Untuk contoh perhitungan sampel lainnya ditampilkan pada tabel.

$$\sigma = \frac{\text{beban (N)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$

$$\sigma = \frac{491 \text{ (N)}}{30 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}}$$

$$\sigma = 16366666.6 \text{ Pa} = 16,366667 \text{ MPa}$$

Contoh perhitungan mencari Regangan untuk sampel lainnya bisa dilihat pada tabel.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$$

$$\epsilon = \frac{55 - 50}{50}$$

$$\epsilon = 0.10 = 10\%$$

Kemudian untuk contoh perhitungan mencari Modulus Elastisitas untuk sampel lainnya dapat dilihat pada tabel di lampiran.

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

$$E = \frac{16.366667}{0.10}$$

$$E = 163,67 \text{ MPa}$$

#### 4.4.1.1 Hasil Pengujian Plastik *Polypropylene*

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan data hasil pengujian tarik pada spesimen produk hasil *injection moulding* plastik *polypropylene*.

Pada hasil pegujian tarik berbahan plastik polypropylene dengan cacahan 10 x 10 mm didapatkan hasil pengujian dengan komposisi yang memiliki bervariasi didapatkan hasil beban maksimal kekuatan uji tarik setiap spesimen seperti pada tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Perbandingan Beban Max Spesimen PP Murni

No.	Kode Spesimen	( $A (m^2)$ )	Beban Max (N)
1	PP Murni S1	$30 \times 10^{-6}$	810
2	PP Murni S2	$30 \times 10^{-6}$	812
3	PP Murni S3	$30 \times 10^{-6}$	809
<b>Rata-Rata</b>			810,33

Pada cacahan diperoleh nilai beban untuk maksimal rata-rata sebesar 810,33 N. kemudian untuk tabel Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas seperti pada tabel dibawah ini:

**Tabel 4. 2** Tabel Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas Spesimen PP Murni

NO	Kode Spesimen	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	PP Murni S1	27	12	225
2	PP Murni S2	26,97	14	192,64
3	PP Murni S3	26,75	12	163.67
<b>Rata-Rata</b>		26,91	12,67	193,77

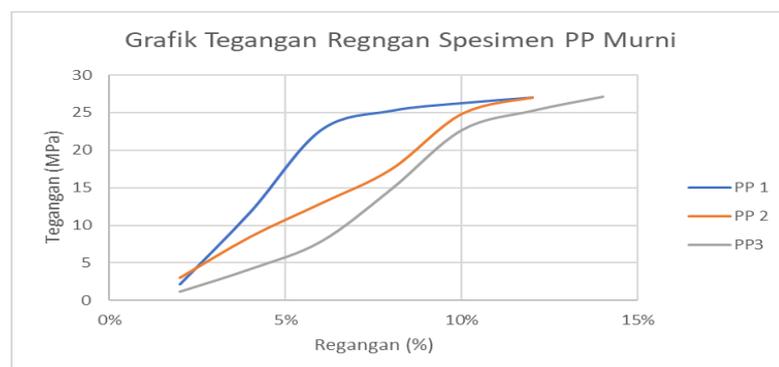
Pada tabel diatas hasil merupakan perbandingan tegangan tarik, regangan dan modulus elastisitas pada tiga spesimen plastik PP Murni. Dimana berdasarkan data diatas diperoleh nilai tegangan tarik

dari setiap specimen mengalami kenaikan dari specimen plastik PP Murni. Dimana untuk nilai tegangan tarik rata-rata sebesar 26,91 Mpa, untuk nilai regangan rata-rata sebesar 12,67% dan modulus elastisitas rata-rata sebesar 193,77 Mpa. Hasil uji tarik pada specimen PP dapat dilihat pada Gambar 4.11.



**Gambar 4. 11** Hasil Uji tarik PP Murni

Pada Gambar 4.11. dapat dilihat hasil pengujian tarik pada specimen PP terdapat patah Ulet ( *Ductile Fracture* ) yang disebabkan oleh temperatur yang tinggi bersifat ulet. Spesimen yang bersifat ulet mengalami kenaikan laju pembebanan yang mengakibatkan energi diserap semakin kecil nilainya. Adapun grafik perbandingan tegangan regangan dapat dilihat pada Gambar 4.12.



**Gambar 4. 12** Grafik Perbandingan Tegangan Regangan

#### 4.4.1.2 Hasil Pengujian Plastik PET

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan untuk data hasil pengujian tarik pada spesimen limbah plastik PET dapat dilihat pada Tabel 4.3 .

**Tabel 4. 3** Perbandingan Beban Max pada spesimen PET Murni

No.	Kode Spesimen	(A (m <sup>2</sup> ))	Beban Max (N)
1	PET Murni S1	$30 \times 10^{-6}$	629.6
2	PET Murni S2	$30 \times 10^{-6}$	350.5
3	PET Murni S3	$30 \times 10^{-6}$	214.7
Rata-Rata			398.26

Dari hasil pengujian dengan menggunakan beban didapatkan perbandingan spesimen plastik PET murni pada setiap spesimenya diperoleh nilai beban max rata-rata dari setiap spesimen mengalami kenaikan dan penurunan. Untuk spesimen PET Murni memiliki nilai beban maksimal rata-rata sebesar 398.26 N.

**Tabel 4. 4** Perbandingan Tegangan, Regangan, Modulus Elastisitas pada spesimen PET Murni

NO	Kode Spesimen	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	PET Murni S1	20.99	0.8	95.63
2	PET Murni S2	11.68	1.2	97,33

3	PET Murni	7.16	1.4	51.14
	S3			
	Rata-Rata	13.28	1.13	81.36

Dari hasil pengujian beban yang didapatkan perbandingan antara tiga spesimen plastik PET. Dimana nilai tegangan tarik rata-rata sebesar 13.28 Mpa atau mengalami kenaikan yang sangat signifikan. Kemudian pada tiga spesimen plastik PET mendapatkan nilai regangan rata-rata sebesar 11.33 atau pada spesimen S1 ke spesimen S2 mengalami kenaikan dari 0.8% ke 1.2% kemudian mengalami kenaikan dari spesimen S2 ke S3 sebesar 1.4%. Pada S3 mendapatkan nilai sebesar 1.13%. Lalu pada tiga spesimen plastik PET mendapatkan nilai modulus elastisitas rata – rata sebesar 81.36 Mpa atau pada spesimen S1 ke S2 mengalami kenaikan sebesar 1.7 MPa, kemudian mengalami kenaikan pada spesimen S2 ke S3 sebesar 46.19 MPa. Gambar hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.12.



**Gambar 4. 13** Hasil Uji Tarik PET Murni

Dapat dilihat hasil pengujian tarik spesimen PET Murni terjadi patah getas (*Brittle Fracture*) yang disebabkan oleh sifat material yang kaku, suhu dapat

mempengaruhinya untuk material PET pada suhu rendah cenderung getas. Kristalinitas pada struktur spesimen PET Murni tinggi menyebabkan terjadinya patah getas.

#### 4.4.1.2 Hasil Pengujian Plastik PP dan PET Suhu 200° C

Dari hasil perhitungan didapatkan data hasil pengujian tarik pada spesimen limbah plastik kombinasi PP dan PET dengan menggunakan suhu lebur sebesar 200° C. dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4. 5** Perbandingan Beban Max pada spesimen PP dan PET 200° C

No.	Kode Spesimen	(A (m <sup>2</sup> ))	Beban Max (N)
1	PP dan PET 200° C S1	$30 \times 10^{-6}$	639.9
2	PP dan PET 200° C S2	$30 \times 10^{-6}$	340.6
3	PP dan PET 200° C S3	$30 \times 10^{-6}$	136
<b>Rata-Rata</b>			372.16

Pada hasil pengujian beban didapatkan data perbandingan limbah plastik kombinasi PP dan PET dengan menggunakan suhu lebur 200° C diperoleh nilai beban Max rata-rata dari setiap spesimen sebesar 372.16 N atau mengalami kenaikan pada setiap perbandingan spesimennya.

**Tabel 4. 6** Perbandingan Tegangan, Regangan, Modulus Elastisitas pada spesimen PP dan PET 200° C

NO	Kode Spesimen	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (Mpa)
----	---------------	----------------------	--------------	---------------------------

1	PP dan PET 200° C S1	21.33	6	355.5
2	PP dan PET 200° C S2	11.35	10	113.5
3	PP dan PET 200° C S3	4.53	12	37.75
	Rata-Rata	12.40	9.33	168.92

Berdasarkan hasil pengujian beban yang didapatkan dari perbandingan antara spesimen S1,S2, dan S3 didapatkan tegangan tarik rata-rata 12.40 Mpa atau mengalami kenaikan antara spesimen S1,S2, dan S3. kemudian mendapatkan nilai regangan rata-rata sebesar 9.33% atau mengalami nilai yang konstan antara spesimen S1,S2, dan S3. Lalu mendapatkan nilai modulus elastisitas rata-rata sebesar 168.92 Mpa atau mengalami kenaikan dari spesimen S1 ke spesimen S2, kemudian mengalami kenaikan yang cukup tinggi dari spesimen S2 ke spesimen S3. Hasil spesimen PP dan PET 200° C uji tarik dapat dilihat pada Gambar 4. .



**Gambar 4. 14** Hasil Uji Tarik PP dan PET 200°C

Pada Gambar 4.13. dapat dilihat patahan ulet (*Ductile Fracture*) karena kenaikan temperatur dapat meningkatkan mobilitas dari rantai polimer yang dapat

menurunkan kekakuan menyebabkan karakteristik mekanik pada spesimen berubah.

#### 4.4.2.3 Hasil Pengujian Plastik PP dan PET Suhu 250° C

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada perhitungan data hasil pengujian tarik menggunakan limbah plastik PP dan PET yang dilebur dengan suhu 250° C. dapat dilihat pada Tabel 4.7 .

**Tabel 4. 7** Perbandingan Beban Max pada spesimen PP dan PET 250° C

No.	Kode Spesimen	(A (m <sup>2</sup> ))	Beban Max (N)
1	PP dan PET 250° C S1	$30 \times 10^{-6}$	616.4
2	PP dan PET 250° C S2	$30 \times 10^{-6}$	426.1
3	PP dan PET 250° C S3	$30 \times 10^{-6}$	153.5
Rata-Rata			398,67

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada perbandingan spesimen limbah plastik kombinasi PP dan PET menggunakan suhu lebur 250° C didapatkan nilai beban max rata-rata sebesar 398,67 N atau mengalami penurunan dari setiap spesimen yang dibandingkan antara spesimen S1,S2, dan S3.

**Tabel 4. 8** Perbandingan Tegangan, Regangan, Modulus Elastisitas pada spesimen PP dan PET 250

<b>NO</b>	<b>Kode Spesimen</b>	<b>Tegangan Tarik (MPa)</b>	<b>Regangan (%)</b>	<b>Modulus Elastisitas (Mpa)</b>
1	PP dan PET 250° C S1	20.54	10	205.4
2	PP dan PET 250° C S2	14.20	12	118.33
3	PP dan PET 250° C S3	5.08	14	94.92
	Rata-Rata	13.27	12	139.55

Dari hasil pengujian yang didapatkan untuk spesimen limbah plastik kombinasi PP dan PET dengan suhu lebur 250° C mendapatkan nilai tegangan tarik rata-rata sebesar 13.27 Mpa atau mengalami peningkatan cukup besar untuk setiap perbandingannya antara spesimen S1,S2, dan S3. Lalu mendapatkan regangan rata-rata sebesar 12% atau nilai regangan mengalami kestabilan untuk perbandingan antara spesimen S1,S2, dan S3. Kemudian mendapatkan nilai modulus elastisitas rata-rata 139.55 Mpa atau mengalami peningkatan antara spesimen S1,S2, dan S3. Untuk hasil pengujian tarik spesimen PP dan PET Suhu 250° C dapat dilihat pada Gambar 4.14 .



**Gambar 4. 15** Hasil Uji Tarik PP dan PET 250°C

Hasil pengujian tarik pada spesimen PP dan PET dengan menggunakan suhu 250° C terdapat patah ulet yang disebabkan oleh temperatur pada suhu 250° C pada fase leleh yang menyebabkan penurunan kekakuan pada spesimen, mengakibatkan meningkatnya rantai polimer maka terjadi patah ulet.

#### 4.4.2.4 Hasil Pengujian Plastik PP dan PET Suhu 300° C

Berdasarkan hasil dari perhitungan pengujian beban untuk spesimen limbah plastik PP dan PET dengan menggunakan suhu lebur 300° C. dapat dilihat pada Tabel 4.9 .

**Tabel 4. 9** Perbandingan Beban Max pada spesimen PP dan PET 300°C

No.	Kode Spesimen	(A (m <sup>2</sup> ))	Beban Max (N)
1	PP dan PET 300° C S1	$30 \times 10^{-6}$	407.4
2	PP dan PET 300° C S2	$30 \times 10^{-6}$	332.7
3	PP dan PET 300° C S3	$30 \times 10^{-6}$	331.7
	Rata-Rata		357.26

Dari hasil perhitungan pengujian beban untuk spesimen limbah plastik kombinasi PP dan PET dengan menggunakan suhu lebur 300°C mendapatkan beban max rata-rata sebesar 357.26 N atau mengalami penurunan untuk perbandingan anatar spesimen S1,S2, dan S3.

**Tabel 4. 10** Perbandingan Tegangan, Regangan, Modulus Elastisitas pada spesimen PP dan PET 300°C

<b>NO</b>	<b>Kode Spesimen</b>	<b>Tegangan Tarik (MPa)</b>	<b>Regangan (%)</b>	<b>Modulus Elastisitas (Mpa)</b>
1	PP dan PET 300° C S1	13.58	6	226.3
2	PP dan PET 300° C S2	11.09	8	138.6
3	PP dan PET 300° C S3	11.06	12	92.17
	Rata-Rata	11.91	8.67	152.36

Pada hasil pengujian beban didapatkan perbandingan plastik dengan kombinasi PP dan PET menggunakan suhu lebur 300° C mendapatkan nilai tegangan tarik sebesar 11.91 MPa atau mengalami penurunan nilai antara setiap perbandingan yaitu: spesimen S1,S2, dan S3. Lalu mendapatkan nilai regangan rata-rata sebesar 8.67 %. Atau mengalami keadaan konstan untuk perbandingan anatar spesimen S1,S2, dan S3. Lalu mendapatkan nilai modulus

elastisitas sebesar 152.36 Mpa atau mengalami penurunan perbandingan anatar S1,S2, dan S3. Gambar spesimen PP dan PET dengan suhu 300°C dapat dilihat pada Gambar 4.15.



**Gambar 4. 16** Hasil Uji Tarik PP dan PET 300°C

Pada Gambar 4.15. dapat dilihat hasil pengujian tarik untuk spesimen PP dan PET dengan suhu 300°C menghasilkan patah getas (*Brittle Fracture*) akibat dari kedua kombinasi limbah plastik PP dan PET berada di titik leleh rentang suhu degradasi termal yang ekstrim.

#### 4.4.2 Uji Impact

Pada penelitian ini setelah dilakukan proses pembentukan palu maka spesimen akau dilakukan pengujian uji impact. Menggunakan standard ASTM D256. Dimana standard ASTM D256 merupakan standard yang digunakan untuk pengujian uji impact spesimen plastik. Adapun beberapa data yang diperoleh sebagai berikut ini:

- A. Berat Bandul ( $w$ ) = 15 joule
- B. Panjang Lengan ( $\ell$ ) = 0,59 m
- C. Sudut awal ( $\alpha$ ) = 155°
- D. Ketinggian awal ( $h_0$ ) = 0,27 m

Adapun contoh perhitungan pengujian impact sebagai berikut ini adalah :

Mencari luas penampang dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$A = a \times b$$

$$A = 10,16 \text{ mm} \times 12,7 \text{ mm}$$

$$A = 129,03 \text{ mm}^2$$

Kemudian untuk contoh perhitungan kekuatan impact ( $I_s$ ) sebagai berikut :

$$I_s = \frac{E}{A}$$

$$I_s = \frac{14,17 \text{ joule}}{129,03 \text{ mm}^2}$$

$$I_s = 0,109 \frac{\text{joule}}{\text{mm}^2}$$

Selanjutnya contoh perhitungan periode (detik) adalah :

$$T = 2 \cdot \pi \cdot (\ell / g)$$

$$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \left( \frac{0,59 \text{ m}}{9,81 \text{ m/det}^2} \right)$$

$$T = 0,38 \text{ detik}$$

Adapun untuk perhitungan yang lainnya berada pada lampiran penelitian. Kemudian dibawah ini merupakan hasil uji impact dari beberapa spesimen sebagai berikut ini:

#### 4.4.2.1 Hasil Uji Impact PP Murni

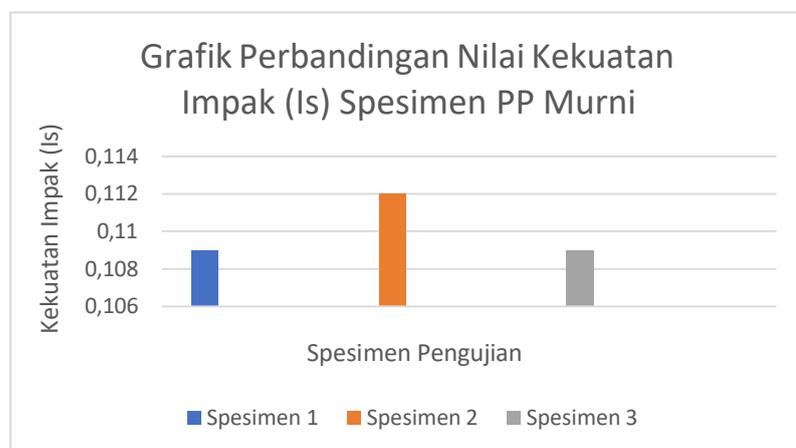
Setelah dilakukan pembentukan produk palu maka selanjutnya dilakukan pengujian uji impact dan didapatkan hasil yang disajikan menggunakan tabel kekuatan impact sebagai berikut ini:

**Tabel 4. 11** Hasil Pengujian impact spesimen PP Murni

Spesimen	PP					
	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	E (Joule)	Is (joule/mm <sup>2</sup> )	Rata-Rata Is (joule/mm <sup>2</sup> )
S1	10,16	12,7	129,03	14	0,109	0,110

<b>S2</b>	10,16	12,7	129,03	14,5	0,112
<b>S3</b>	10,16	12,7	129,03	14	0,109

Pada pengujian spesimen mendapatkan nilai kekuatan impact untuk spesimen S1 sebesar 0,109  $\text{joule}/\text{mm}^2$ , spesimen S2 sebesar 0,112  $\text{joule}/\text{mm}^2$  dan spesimen S3 senilai 0,109  $\text{joule}/\text{mm}^2$ . Kemudian untuk rata-rata nilai kekuatan impact spesimen PP Murni sebesar 0,110  $\text{joule}/\text{mm}^2$ . Kemudian dilakukan perbandingan dengan menggunakan grafik sebagai berikut :



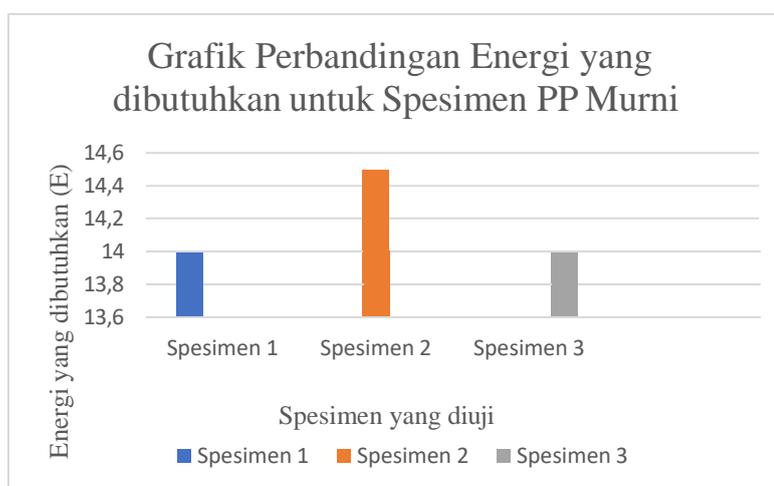
**Gambar 4. 17** Grafik Perbandingan Nilai Kekuatan Impact Spesimen PP Murni

Pada pengujian ini didapatkan perbandingan untuk spesimen 2 lebih unggul dibandingkan spesimen 1 dan spesimen 1. Dengan nilai yang didapatkan sebesar 0,112  $\text{joule}/\text{mm}^2$ . Kemudian untuk spesimen 1 dan spesimen 3 mendapatkan nilai yang sama yaitu: 0,109  $\text{joule}/\text{mm}^2$ . Kemudian dicari nilai energi yang dibutuhkan (E) yang disajikan menggunakan tabel sebagai berikut ini:

**Tabel 4. 12** Hasil Perbandingan Energi yang dibutuhkan (E) Spesimen PP Murni

Spesimen	PP		Sudut $\alpha$	Sudut $\beta$	Hasil E (Joule)	Rata-Rata Hasil E (Joule)
	h0 (m)	h1 (m)				
S1	0,27	0,255	155	140	14	14,17
S2	0,27	0,255	155	140	14,5	
S3	0,27	0,255	155	140	14	

Pada pengujian impact spesimen PP mendapatkan energi yang dibutuhkan untuk Spesimen S1 sebesar 14 joule, Spesimen S2 senilai 14,5 joule dan S3 senilai 14 joule. Pada Spesimen S1 dan Spesimen S3 mendapatkan nilai yang sama dan untuk spesimen S2 mendapatkan nilai terbesar dibandingkan dengan tiga spesimen yang diuji impact. Dibawah ini merupakan Gambar 4.18 grafik perbandingan energi yang dibutuhkan untuk spesimen PP Murni. Sebagai berikut ini:



**Gambar 4. 18** Grafik Perbandingan Energi yang dibutuhkan untuk Spesimen PP Murni

pada spesimen PP Murni dilakukan pengujian impact dapat dilihat pada Gambar 4.19 hasil dari pengujian impact didapatkan patahan Ulet dikarenakan pada limbah plastik PP memiliki polimerr semi kristalin dengan daerah amorf yang cukup signifikan. Dimana daerah amorf memberikan sifat fleksibel pada

material, sehingga plastik PP Murni memiliki kemampuan untuk menyerap energi sebelum patah. Hal tersebut menyebabkan terjadi patah yang bersifat Ulet.



**Gambar 4. 19** Spesimen Uji Impak PP Murni

#### 4.4.2.2 Hasil Uji Impak PET Murni

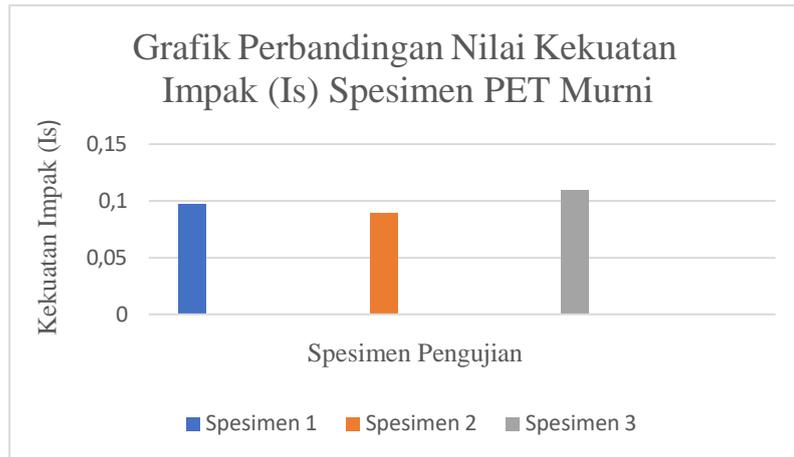
Kemudian selanjutnya melakukan pengujian impk pada spesimen PET Murni yang didapatkan data berupa kekuatan impak dan energi yang dibutuhkan. Adapun untuk data kekuatan impak dibuat dalam bentuk tabel. Dapat dilihat pada tabel 4.13.

**Tabel 4. 13** Perbandingan Nilai Kekuatan Impak (Is) Spesimen PET Murni

PET MURNI						
Spesimen	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	E (Joule)	Is (joule/mm <sup>2</sup> )	Rata-Rata Is (joule/mm <sup>2</sup> )
S1	10,16	12,7	129,03	12,5	0,097	0,096
S2	10,16	12,7	129,03	11,5	0,089	
S3	10,16	12,7	129,03	13	0,101	

Pada pengujian impak pada spesimen PET Murni mendapatkan nilai kekuatan Impak untuk Spesimen 1 sebesar  $0,097 \text{ joule/mm}^2$ , Spesimen 2 sebesar  $0,089 \text{ joule/mm}^2$ , dan Spesimen 3 senilai  $0,101 \text{ joule/mm}^2$ . Adapun untuk nilai kekuatan impak (Is) rata-rata spesimen PET Murni yaitu:  $0,096 \text{ joule/mm}^2$ . Kemudian untuk perbandingan nilai kekuatan

impak disajikan dalam bentuk grafik dibawah ini yaitu:



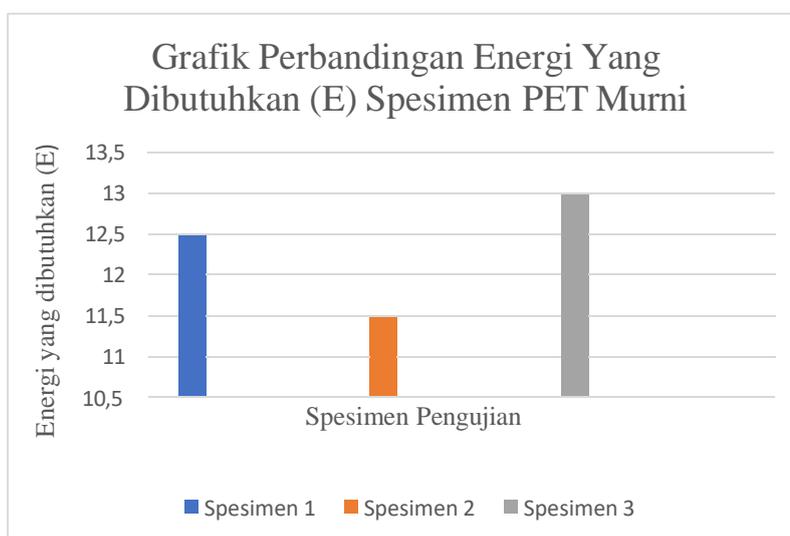
**Gambar 4. 20** Grafik Perbandingan Kekuatan Impak (Is) untuk Spesimen PET Murni

Pada gambar 4.20 grafik perbandingan kekuatan Impak (Is) spesimen PET Murni dapat dilihat untuk nilai masing-masing spesimen yaitu: spesimen 1 mendapat nilai  $0,097 \text{ joule} / \text{mm}^2$ , spesimen 2 sebesar  $0,089 \text{ joule} / \text{mm}^2$ . Dan spesimen 3 senilai  $0,101 \text{ joule} / \text{mm}^2$ . Pada spesimen ke-3 merupakan nilai terbesar yang didapatkan pada spesimen PET Murni. Kemudian untuk nilai terkecil didapat oleh spesimen ke-1. kemudian untuk nilai energi yang dibutuhkan disajikan dalam bentuk tabel. Yaitu:

**Tabel 4. 14** Perbandingan Energi yang dibutuhkan pada spesimen PET Murni

PET						
Spesimen	h0 (m)	h1 (m)	Sudut $\alpha$	Sudut $\beta$	Hasil E (Joule)	Rata-Rata Hasil E (Joule)
S1	0,27	0,255	155	140	12,5	12,33
S2	0,27	0,255	155	140	11,5	
S3	0,27	0,255	155	140	13	

Pada spesimen PET Murni didapatkan energi yang dibutuhkan sebagai berikut: Spesimen S1 sebesar 12,5 joule, Spesimen S2 senilai 11,5 joule dan Spesimen S3 sebesar 13 joule. Pada spesimen PET Murni untuk nilai terendah pada Spesimen S2. Dan untuk nilai tertinggi pada Spesimen S3. Kemudian untuk nilai energi yang dibutuhkan rata-rata spesimen PET Murni sebesar 12,33 joule. Kemudian dapat dilihat pada Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Energi yang dibutuhkan untuk Spesimen PET Murni.



**Gambar 4. 21** Perbandingan Energi Yang Dibutuhkan (E) Spesimen PET Murni

Kemudian didapatkan sampel hasil pengujian impak untuk material limbah plastik PET Murni yang dapat dilihat pada Gambar 4.22



**Gambar 4. 22** Spesimen pengujian impak PET Murni

Pada Gambar 4.22 menunjukkan patah yang bersifat getas disebabkan karna tingkat kristalinitas tertentu yang mempengaruhi sifat mekanisnya. Bagian yang bersifat kristalin cenderung lebih keras dan rapuh, sehingga material cenderung mengalami patah getas ketika menerima beban kejut.

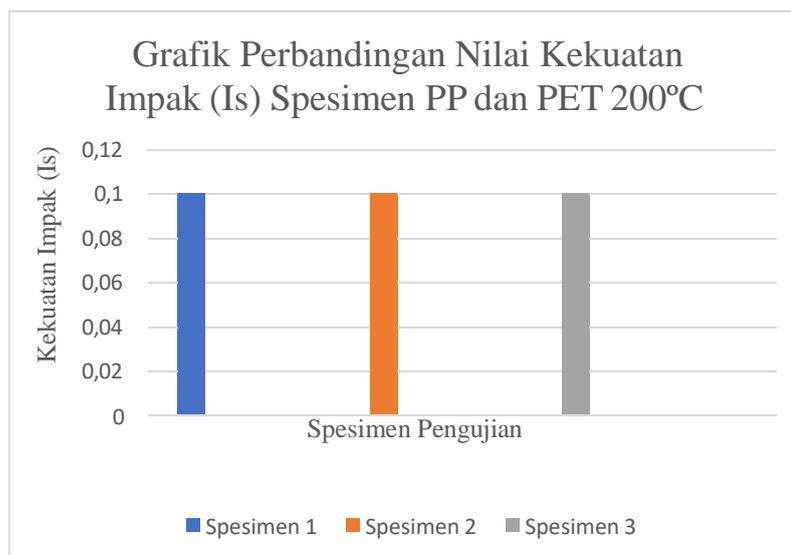
#### 4.4.2.3 Hasil Uji Impak PP dan PET 200°C

Pada pengujian impak spesimen PP dan PET 200°C yang didapatkan hasil berupa nilai kekuatan impak dan energi yang dibutuhkan. Pada Tabel 4.15 Tabel perbandingan Kekuatan Impak untuk spesimen PP dan PET 200°C.

**Tabel 4. 15** Perbandingan Nilai Kekuatan Impak pada Spesimen PP dan PET 200°C

PP + PET 200°C						
Spesimen	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	E (Joule)	Is (joule/mm <sup>2</sup> )	Rata-Rata Is (joule/mm <sup>2</sup> )
S1	10,16	12,7	129,03	13	0,101	0,101
S2	10,16	12,7	129,03	13	0,101	
S3	10,16	12,7	129,03	13	0,101	

Pada Tabel 4.15 dapat dilihat untuk nilai kekuatan impak masing-masing spesimen. Untuk spesimen S1 mendapatkan nilai 0,101  $\text{joule}/\text{mm}^2$ , Spesimen S2 mendapatkan nilai 0,101  $\text{joule}/\text{mm}^2$ , dan Spesimen S3 bernilai 0,101  $\text{joule}/\text{mm}^2$ . Adapun untuk nilai kekuatan impak rata-rata pada spesimen PP dan PET 200°C yaitu: 0,101  $\text{joule}/\text{mm}^2$ . Berikutnya Garfik 4.21 merupakan perbandingan kekuatan impak pada spesimen PP dan PET 200°C.



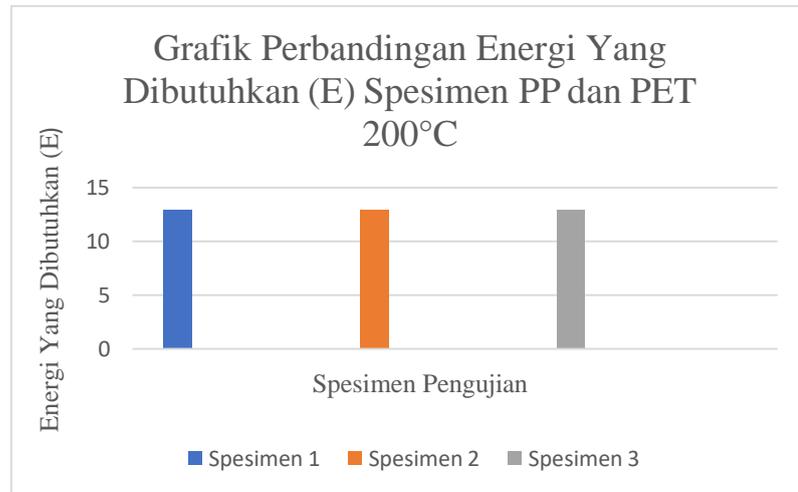
**Gambar 4. 23** Perbandingan kekuatan impak pada spesimen PP dan PET 200°C

Kemudian untuk spesimen PP dan PET 200°C mendapatkan energi yang dibutuhkan yang dapat dilihat pada Tabel 4.16 sebagai berikut ini:

**Tabel 4. 16** Perbandingan Energi yang dibutuhkan pada Spesimen PP dan PET 200°C.

PP + PET 200°C						
Spesimen	h0 (m)	h1 (m)	Sudut $\alpha$	Sudut $\beta$	Hasil E (Joule)	Rata-Rata Hasil E (Joule)
<b>S1</b>	0,27	0,255	155	140	13	13
<b>S2</b>	0,27	0,255	155	140	13	
<b>S3</b>	0,27	0,255	155	140	13	

Pada Spesimen PP dan PET 200°C mendapatkan energi yang dibutuhkan pada spesimen S1 sebesar 13 joule, spesimen S2 senilai 13 joule dan spesimen S3 senilai 13 joule. Dimana untuk energi yang dibutuhkan rata-rata pada spesimen PP dan PET 200°C sebesar 13 joule. Kemudian disajikan dalam bentuk grafik perbandingan yang dapat dilihat pada Gambar 4.24.



**Gambar 4. 24** Grafik Perbandingan Energi Yang Dibutuhkan Pada Spesimen PP dan PET 200°C

Kemudian didapatkan gambar spesimen hasil pengujian impact pada material kombinasi PP dan PET dengan suhu 200°C. Dapat dilihat pada Gambar 4. 25.



**Gambar 4. 25** Spesimen Uji Impact Material Kombinasi PP dan PET 200°C

Pada Gambar 4.25 dapat dilihat untuk spesimen material plastik PP dan PET 200°C didapatkan patah dengan sifat Ulet dikarena adanya penyebab yaitu : pada suhu 200°C material terjadi deformasi plastis yang sangat signifikan mengakibatkan material dapat menyerap energi benturan dalam jumlah besar sebelum materi patah. Kemudian pada material plastik limbah PP lebih lentur pada suhu 200°C dan material PET yang berstruktur

semi-kristalin memiliki fasa amorf yang lebih dominan. Kombinasi material PP dan PET dapat menyerap energi yang lebih baik sehingga terjadinya patah yang bersifat Ulet.

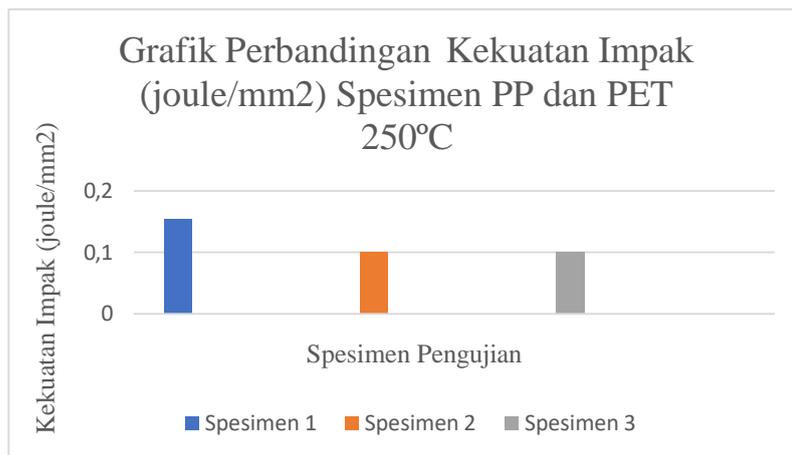
#### 4.4.2.4 Hasil Uji Impak PP dan PET 250°C

Pada spesimen PP dan PET 250°C didapatkan beberapa data seperti Kekuatan Impak dan Energi yang dibutuhkan yang disajikan dalam bentuk Tabel dan Grafik sebagai berikut ini:

**Tabel 4. 17** Perbandingan Kekuatan Impak pada Spesimen PP dan PET 250°C

PP + PET 250°C						
Spesimen	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	E (Joule)	Is (joule/mm <sup>2</sup> )	Rata-Rata Is (joule/mm <sup>2</sup> )
S1	10,16	12,7	129,03	20	0,155	0,119
S2	10,16	12,7	129,03	13	0,101	
S3	10,16	12,7	129,03	13	0,101	

Tabel 4.18 dapat dilihat nilai kekuatan impak pada setiap spesimen sebagai berikut: spesimen S1 sebesar  $0,155 \text{ joule/mm}^2$ , spesimen S2 mendapatkan nilai  $0,101 \text{ joule/mm}^2$ , dan spesimen S3 senilai  $0,101 \text{ joule/mm}^2$ . Adapun untuk nilai terbesar didapatkan pada spesimen S1. Dimana untuk nilai rata-rata kekuatan impak pada spesimen PP dan PET 250°C yaitu:  $0,119 \text{ joule/mm}^2$ . Kemudian disajikan grafik perbandingan kekuatan impak pada Gambar 4.23.



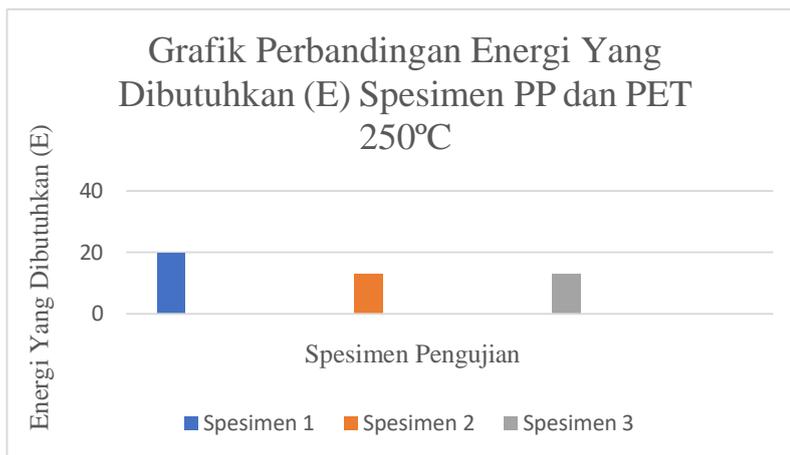
**Gambar 4. 26** Grafik Perbandingan Nilai Kkeuatan Impak pada Spesimen PP dan PET 250°C

Kemudian pada spesimen PP dan PET 250°C didapatkan nilai energi yang dibutuhkan dalam bentuk Tabel 4.19.

**Tabel 4. 18** Perbandingan Energi Yang Dibutuhkan pada Spesimen PP dan PET 250

PP + PET 250°C						
Spesimen	h0 (m)	h1 (m)	Sudut $\alpha$	Sudut $\beta$	Hasil E (Joule)	Rata- Rata Hasil E (Joule)
S1	0,27	0,255	155	140	20	15,33
S2	0,27	0,255	155	140	13	
S3	0,27	0,255	155	140	13	

Pada Tabel 4.18 dapat dilihat untuk nilai energi yang didapatkan nilai terbesar pada spesimen S3 sebesar 20 joule. Untuk rata-rata nilai energi yang dibutuhkan bernilai 15,33 Joule . kemudian dibuat grafik perbandingan pada Gambar 4.27.



**Gambar 4. 27** Grafik Perbandingan Energi Yang Dibutuhkan (E) pada Spesimen PP dan PET 250°C.

Sampel uji impak menunjukkan terjadinya patah yang bersifat Ulet. Karena pada suhu 250°C material limbah plastik PP mengalami fasa leleh yang membuat sifat sangat lentur dan dapat menyerap energi yang didapatkan dalam jumlah besar. Kemudian untuk material limbah plastik PET dalam keadaan melunak mendekati suhu transisi gelas ( $T_g$ ) atau mengalami pencairan sebagian. Struktur ini membuat PET lebih lentur dibandingkan pada suhu lebih rendah



**Gambar 4. 28** Spesimen Uji Impak pada Material PP dan PET 250°C.

#### 4.4.2.5 Hasil Uji Impak PP dan PET 300°C

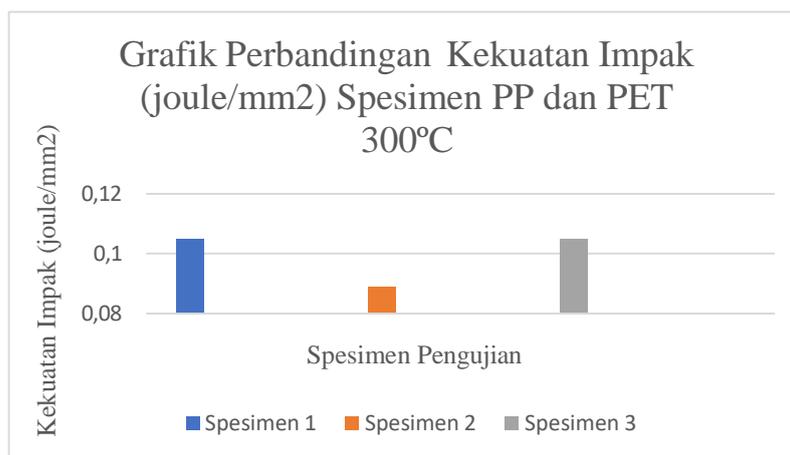
Pada pengujian impak spesimen PP dan PET 300°C mendapatkan hasil kekuatan impak dan Energi yang dibutuhkan

yang dapat disajikan dalam bentuk grafik dan tabel. Untuk kekuatan impact dapat dilihat pada Tabel 4.20.

**Tabel 4. 19** Perbandingan Kekuatan Impact (Is) pada Spesimen PP dan PET 300°C

PP + PET 300°C						
Spesimen	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	E (Joule)	Is (joule/mm <sup>2</sup> )	Rata-Rata Is (joule/mm <sup>2</sup> )
S1	10,16	12,7	129,03	13,5	0,105	0,099
S2	10,16	12,7	129,03	11,5	0,089	
S3	10,16	12,7	129,03	13,5	0,105	

Pada Tabel 4.19 dapat dilihat untuk nilai kekuatan impact terbesar pada spesimen S2 dan S3. Kemudian nilai kekuatan impact terkecil pada spesimen S2. Untuk rata-rata nilai kekuatan impact pada spesimen PP dan Pet 300°C bernilai  $0,099 \text{ joule/mm}^2$ . Kemudian dibuatkan grafik perbandingan kekuatan impact (Is) pada Gambar 4.25.



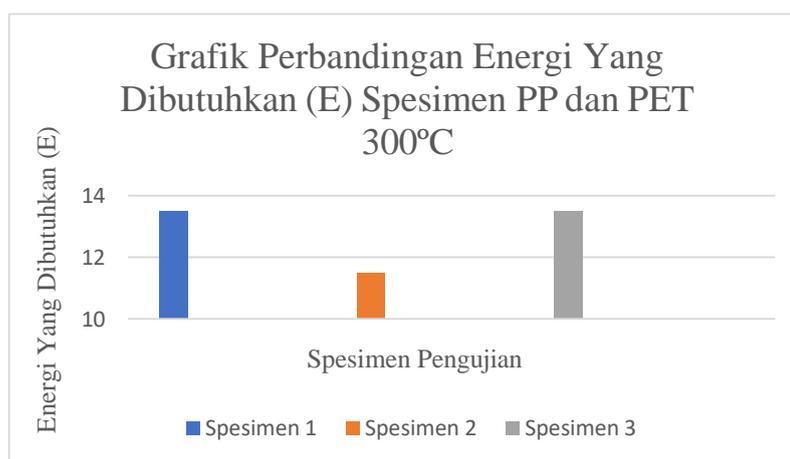
**Gambar 4. 29** Grafik Perbandingan Kekuatan Impact (Is) pada Spesimen PP dan PET 300°C

Kemudian mencari nilai energi yang dibutuhkan pada spesimen PP dan PET 300°C yang dibentuk dalam tabel. Yang dapat dilihat pada Tabel 4.20.

**Tabel 4. 20** Perbandingan Energi Yang Dibutuhkan Pada Spesimen PP dan PET 300°C

PP + PET 300°C						
Spesimen	h0 (m)	h1 (m)	Sudut $\alpha$	Sudut $\beta$	Hasil E (Joule)	Rata-Rata Hasil E (Joule)
1	0,27	0,255	155	140	13,5	12,83
2	0,27	0,255	155	140	11,5	
3	0,27	0,255	155	140	13,5	

Pada Tabel 4.20 dapat dilihat bahwa energi yang dibutuhkan terbesar pada spesimen S1 dan spesimen S2. Kemudian yang energi yang dibutuhkan terendah pada spesimen S2. Untuk rata-rata energi yang dibutuhkan sebesar 12,83 Joule. Untuk Grafik perbandingan energi yang dibutuhkan pada Gambar 4.26.



**Gambar 4. 30** Perbandingan Energi Yang Dibutuhkan Pada Spesimen PP dan PET 300°C

Pada Gambar 4.31 hasil pengujian Impak didapatkan hasil patah yang bersifat Getas yang disebabkan karena suhu tinggi dapat berpengaruh energi yang diserap material sebelum mengalami patah. Pada suhu 300°C terjadi degradasi termal dan energi yang diserap berkurang Sehingga cenderung patah getas.



**Gambar 4. 31** Spesimen Uji Impak Material  
PP dan PET 300°C

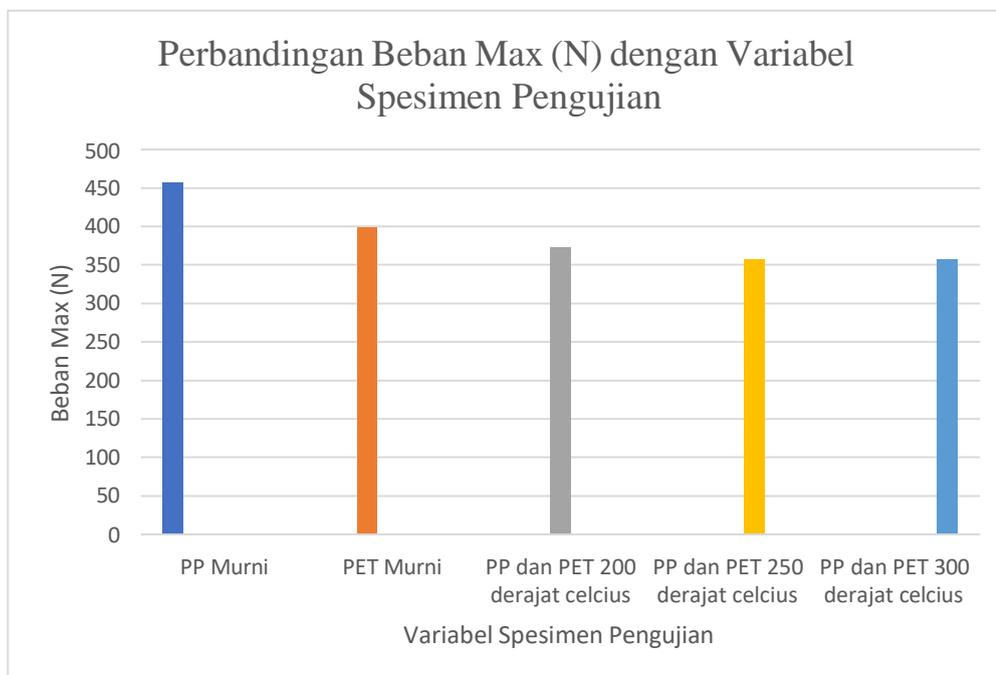
#### 4.5 Analisa dan Pembahasan

Pada sub bab 4.5 terdapat tabel hasil pengujian tarik berupa beban max, tegangan, regangan, dan modulus elastisitas perbandingan untuk spesimen limbah plastik PP dan PET dengan menggunakan suhu yang bermacam-macam seperti: 200°C, 250°C, 300°C. Dapat dilihat pada tabel 4. . dan tabel 4. .

**Tabel 4. 21** Perbandingan Rata-Rata Nilai Beban Max

No.	Kode Spesimen	(A ( $m^2$ ))	Beban Max (N)
1	PP Murni	$30 \times 10^{-6}$	455.76
2	PET Murni	$30 \times 10^{-6}$	398.26
3	PP dan PET 200°C	$30 \times 10^{-6}$	372.16
4	PP dan PET 250°C	$30 \times 10^{-6}$	398.67
5	PP dan PET 300°C	$30 \times 10^{-6}$	357.26

Perbandingan hasil beban maksimal rata-rata dari setiap spesimen uji tarik hasil pengujian tarik menggunakan perbandingan beban maksimal pada setiap spesimen produknya.



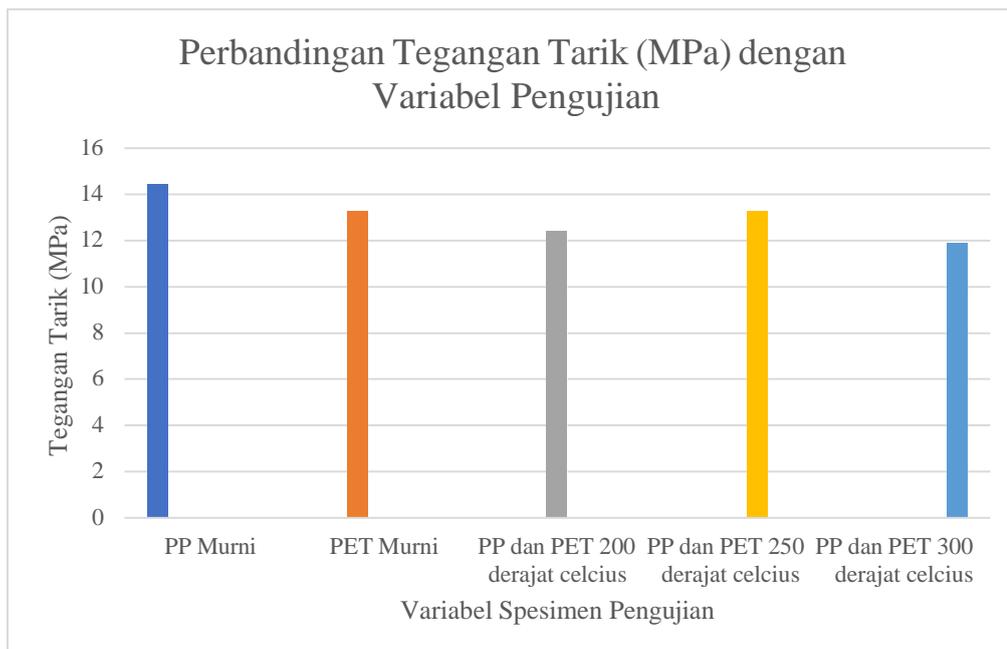
**Gambar 4. 32** Kurva Perbandingan Beban Max

Hasil pengujian menunjukkan perbandingan beban maksimum pada sampel PP murni, PET murni dan campuran PP dan PET dengan variasi suhu leleh 200°C, 250°C dan 300°C. Sampel PP murni memiliki beban maksimum 455,76 N, sedangkan PET murni mencapai 398,26 N, pada suhu 200 °C beban maksimumnya turun menjadi 372,16 N. Kombinasi pada suhu 250 °C menghasilkan beban maksimum sebesar 398,67 N, peningkatan yang signifikan dibandingkan sampel lainnya, karena suhu ini mendekati titik leleh PET dan memungkinkan campuran menjadi stabil. Namun pada suhu 300°C, campuran PP dan PET mengalami penurunan kekuatan pada 357,26 N akibat degradasi termal yang melemahkan ikatan molekul. Pada Tabel 4.12 dapat dilihat perbandingan nilai Rata-rata Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas.

**Tabel 4. 22** Perbandingan Rata-rata Nilai Tegangan, Regangan, Modulus Elastisitas

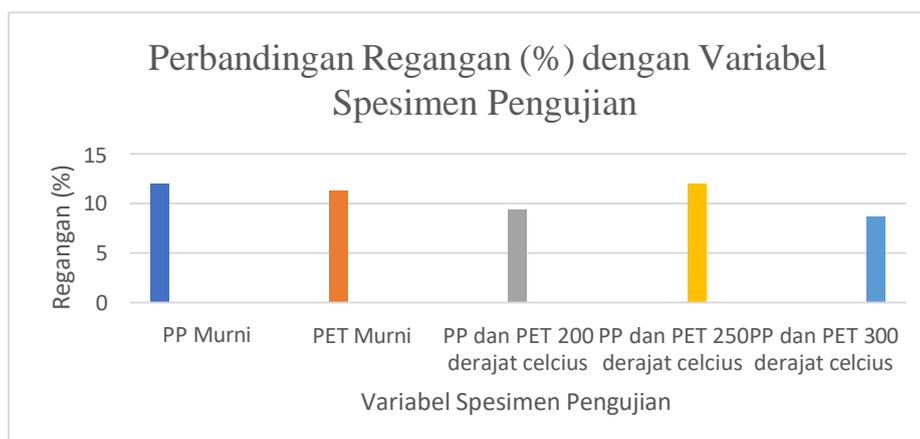
<b>NO</b>	<b>Kode Spesimen</b>	<b>Tegangan Tarik (MPa)</b>	<b>Regangan (%)</b>	<b>Modulus Elastisitas (Mpa)</b>
1	PP Murni	26.91	12.67	193.77
2	PET Murni	13.28	1.13	81.36
3	PP dan PET 200°C	12.40	9.33	168.92
4	PP dan PET 250°C	13.27	12	139.55
5	PP dan PET 300°C	11.91	8.67	153.36

Hasil uji tarik menunjukkan sampel PP murni mempunyai tegangan sebesar 26.91 MPa, regangan sebesar 12.67%, dan modulus elastisitas sebesar 193.77 MPa. Sampel PET murni mencapai tegangan 13.28 MPa, regangan 1.13%, dan modulus elastisitas 81.36 MPa. Kombinasi PP dan PET pada suhu 200 °C menghasilkan tegangan sebesar 12.40 MPa, regangan sebesar 9.33% dan modulus elastisitas sebesar 168.92 MPa. Pada suhu 250 °C, kombinasi ini meningkat dengan tegangan sebesar 13.27 MPa, regangan sebesar 12%, dan modulus elastisitas sebesar 139.55 MPa. Namun pada suhu 300 °C, tegangan turun tajam menjadi 11.91 MPa, regangan 8.67 %, dan modulus elastisitas 153.36 MPa. Pada grafik dibawah ini merupakan perbandingan tegangan,regangan, dan modulus elastisitas dengan setiap variabel yang digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 4.33 Kurva Perbandingan Tegangan Tarik dibawah ini.



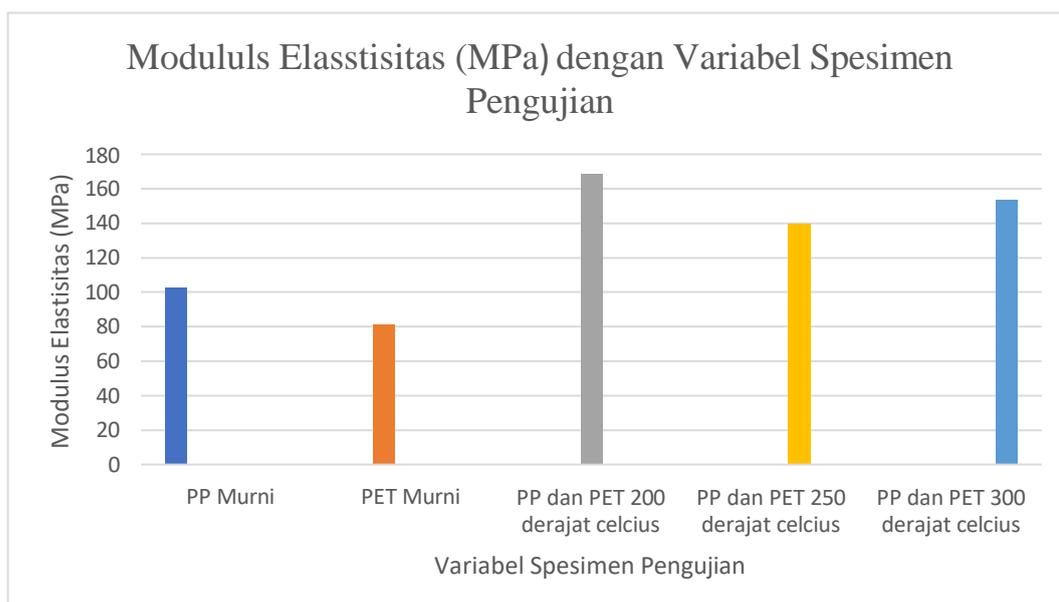
**Gambar 4. 33** Kurva Perbandingan Tegangan Tarik

Grafik menunjukkan perbandingan tegangan tarik antara sampel PP murni, PET murni, dan campuran PP-PET pada suhu 200°C, 250°C, dan 300°C. Tegangan tarik menurun dari PP murni (14.42 MPa) ke PET murni (13.28 MPa), PP-PET 200°C (12.40 MPa), dan meningkat pada PP-PET 250°C (13.27 MPa) karena suhu ini mendukung interaksi molekuler yang lebih kuat dan kristalisasi yang lebih tinggi. Namun, pada suhu 300°C, tegangan tarik menurun drastis menjadi 11.91 MPa karena degradasi termal yang merusak struktur molekuler dan mengurangi kekuatan tarik.



**Gambar 4. 34** Kruva Perbnadingan Tegangan

Setelah dilakukan uji tarik, dilakukan perbandingan nilai regangan pada sampel cetakan injeksi: campuran PP murni, PET murni, dan PP-PET pada suhu 200°C, 250°C, dan 300°C. PP dan PET 300°C menunjukkan deformasi yang rendah karena struktur molekulnya yang kaku dan kristalinitas yang tinggi, membuatnya kuat tetapi kurang elastis dibandingkan PP. Hal ini membuat PET kurang mampu melakukan peregangan saat terkena stres. Perbandingan modulus elastisitas disajikan pada Gambar 4.19.



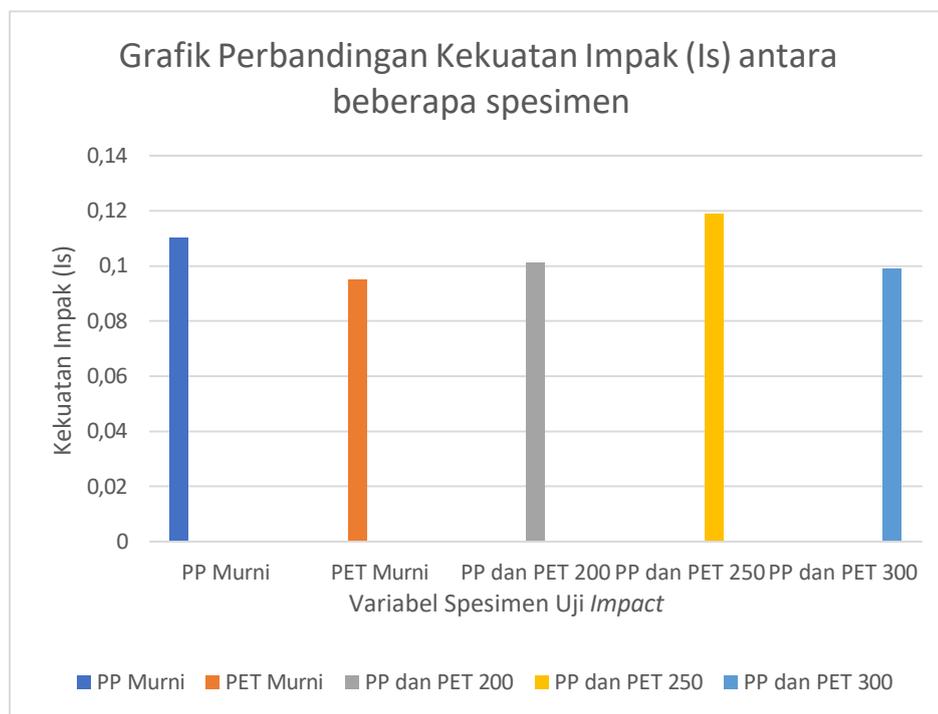
**Gambar 4. 35** Kurva Perbandingan Modulus Elastisitas

Perbandingan modulus elastisitas dari uji tarik menunjukkan peningkatan dari sampel PP murni ke sampel PP dan PET pada suhu 250°C.

PET murni memiliki kristalinitas dan kekakuan yang tinggi, sedangkan PP murni lebih fleksibel. Suhu 200°C meningkatkan mobilitas molekul dalam campuran PP-PET, sehingga strukturnya lebih stabil dan kaku. Pada suhu 250°C, molekul PP-PET mengalami reorientasi yang membuat ikatan lebih rapat, sehingga meningkatkan modulus elastisitas. Namun, pada suhu 300°C, modulus elastisitas menurun karena degradasi termal dan penurunan kristalinitas, yang mengarah ke struktur yang lebih amorf dan kurang mengalami kekakuan.

Kemudian dilakukan pembahasan mengenai hasil uji impact yang telah didapatkan perbandingan nilai kekuatan impact antara beberapa material seperti

PP dan PET dengan menggunakan suhu yang bermacam-macam seperti: 200°C, 250°C, 300°C.:yang dapat dilihat pada Gambar 4.36.

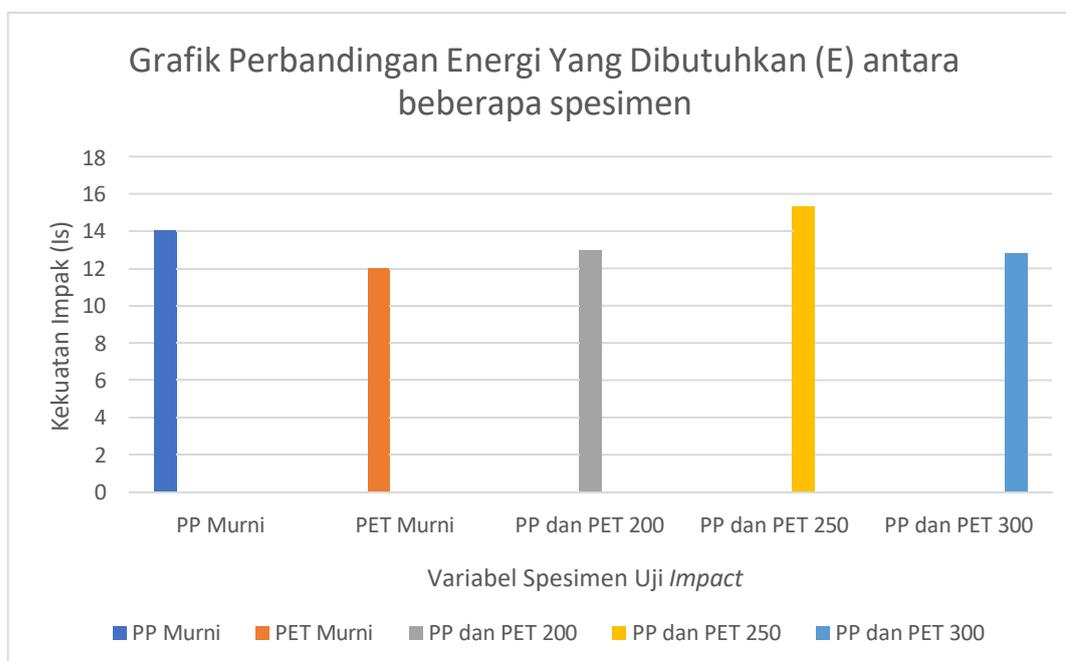


**Gambar 4. 36** Grafik Perbandingan Kekuatan Impak (Is) pada setiap spesimen uji

Pada Gambar 4.36 dapat dilihat pada grafik untuk nilai PP Murni mendapatkan posisi nomer 2 terbesar karena Material PP murni menempati posisi kedua karena memiliki sifat yang lebih lentur dan stabil dibandingkan campuran PP dan PET pada suhu tinggi.

Namun, kekuatannya masih lebih rendah dibandingkan PET murni yang memiliki keunggulan dalam kekuatan mekanis. Untuk meningkatkan kinerja campuran PP dan PET, diperlukan penggunaan compatibilizer serta pengaturan proses yang lebih optimal. Kemudian untuk material plastik limbah PET Murni mendapatkan peringkat ke-5 karena PET murni memiliki kekuatan dampak yang rendah karena sifatnya yang cenderung rapuh pada suhu ruang, ketiadaan aditif penguat, dan kemampuan yang terbatas dalam menyerap energi saat uji dampak. Untuk meningkatkan performanya, dapat digunakan plasticizer atau dilakukan pemrosesan pada suhu lebih tinggi agar rantai molekulnya menjadi lebih fleksibel.

Kemudian untuk PP dan PET 200°C mendapatkan peringkat ke-3 karena Campuran PP dan PET 200°C memiliki kekuatan impact yang rendah akibat ketidaksesuaian antar fasa, lemahnya adhesi, serta sifat PET yang cenderung rapuh. Untuk meningkatkan kinerjanya, perlu digunakan compatibilizer atau dilakukan modifikasi material guna memperkuat ikatan antar fasa dan meningkatkan ketangguhan material. Berikutnya PP dan PET 200°C mendapatkan peringkat ke-1 karena terjadinya Material PP dan PET pada suhu 250°C menunjukkan kekuatan impact tertinggi karena berada dalam kondisi ideal untuk pencampuran fasa, dengan degradasi yang minimal, serta menggabungkan sifat ulet dari PP dan kekuatan dari PET. Kemudian yang terjadi PP dan PET 300°C peringkat ke-4 karena Material PP dan PET pada suhu 300°C menunjukkan kekuatan impact tertinggi karena suhu ini memfasilitasi pencampuran fasa yang lebih efektif, menghasilkan kombinasi ketangguhan dan kekuatan yang ideal. Proses pemrosesan pada suhu tersebut memungkinkan kedua material bekerja bersama secara sinergis, menghasilkan performa mekanis yang optimal dalam uji impact. Selanjutnya dilakukan perbandingan untuk energi yang dibutuhkan dari hasil pengujian impact dapat dilihat pada Gambar 4.37.



**Gambar 4.37** Grafik Perbandingan Energi Yang Dibutuhkan (E) pada setiap spesimen uji

Pada Gambar 4.37 dapat dilihat untuk urutan pertama spesimen PP dan PET 250°C disebabkan karena Kombinasi material PP dan PET pada suhu 250°C memperoleh peringkat pertama karena suhu ini menciptakan kondisi optimal untuk pencampuran fasa yang efisien, mengurangi degradasi termal, dan menghasilkan kombinasi kekuatan serta ketangguhan terbaik. Suhu tersebut memungkinkan kedua material berfungsi secara sinergis, memberikan performa mekanis terbaik dalam uji impact. Kemudian untuk urutan ke-2 material PP Murni karena meskipun memiliki ketangguhan yang baik dalam menyerap energi impact. Kemudian untuk urutan ke-3 yaitu spesimen PP dan PET 200°C karena pada suhu 200°C, pencampuran fasa antara PP dan PET tidak optimal, mengurangi kekuatan dan ketangguhan material. Sementara itu, PP murni unggul dalam hal ketangguhan pada suhu ini, dan kombinasi PP dan PET pada suhu 250°C dan 300°C memberikan performa lebih baik karena interaksi antar fasa yang lebih baik. Berikutnya untuk urutan ke-4 material kombinasi PP dan PET 300°C karena Degradasi termal yang terjadi pada suhu tinggi mengurangi ketangguhan dan kekuatan material.

Kombinasi ini tidak bekerja sebaik pada suhu 250°C, di mana kekuatan dan ketangguhan material lebih terjaga. Pada suhu yang lebih rendah (200°C), PP murni dan PET murni juga menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam uji impact dibandingkan dengan kombinasi PP dan PET pada suhu 300°C. kemudian untuk urutan ke-5 yaitu: materia spesimen PET Murni karena sifat getasnya yang mengurangi kemampuannya untuk menyerap energi impact dengan baik. Dibandingkan dengan kombinasi PP dan PET pada suhu 250°C dan 300°C yang menghasilkan interaksi fasa yang lebih baik dan ketangguhan yang lebih tinggi, PET murni cenderung tidak mampu memberikan performa yang setara dalam uji impact.

