

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Spesimen Multipurpose

Proses pembuatan spesimen *multipurpose* sudah memenuhi standar ISO 294-1:2012 yang di produksi menggunakan mesin *injection molding*. Hasil spesimen ABS/PC (60/40), ABS/PC (70/30), ABS/PC (80/20), dan ABS Murni pada Gambar 4.1 serta sudah disesuaikan dengan beberapa parameter yang digunakan pada saat produksi.



Gambar 4.1 Spesimen Multipurpose

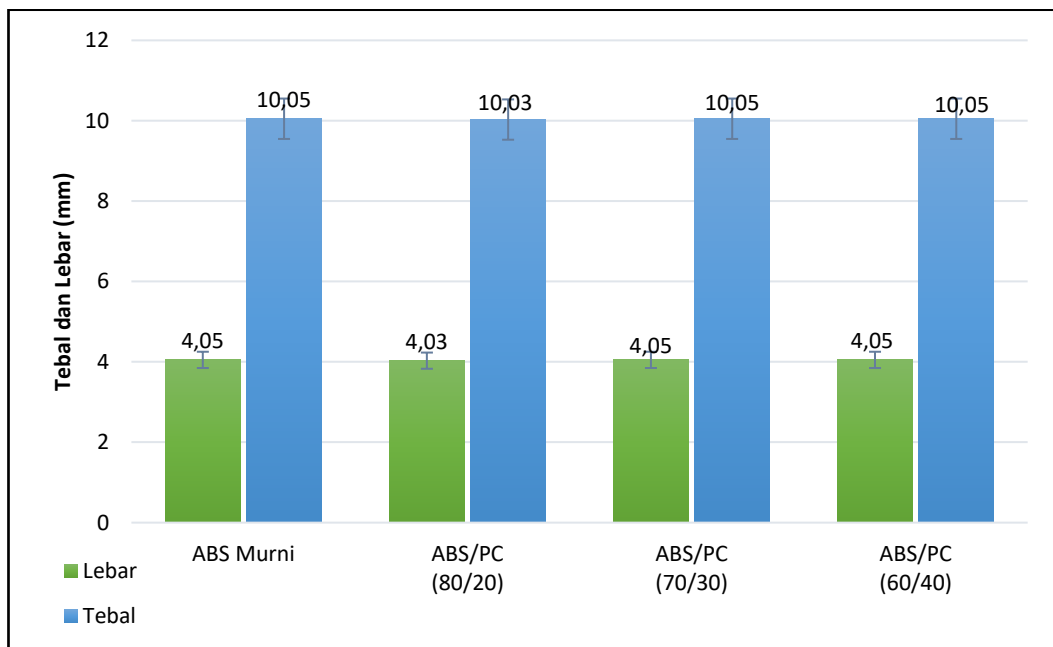
Keterangan:

- Produk : Spesimen *Multipurpose* ABS murni dan ABS/PC
- Mesin : *Injection Molding Machine* 70 MEIKI
- Proses injeksi : 39,70 detik/spesimen
- Massa : 89,2 gram
- Panjang : 150 mm
- Lebar : 10 mm
- Tebal : 4 mm

4.2 Hasil Pengukuran Spesimen

Tabel 4.1 Nilai rata – rata hasil pengukuran tiap variasi

No Spesimen	ABS		ABS dan PC					
	Murni		80:20		70:30		60:40	
	Tebal	Lebar	Tebal	Lebar	Tebal	Lebar	Tebal	Lebar
	mm	mm	mm	mm	mm	Mm	mm	Mm
Spesimen 1	4,05	10,05	4,04	10,02	4,07	10,05	4,05	10,04
Spesimen 2	4,05	10,05	4,03	10,03	4,05	10,06	4,05	10,04
Spesimen 3	4,05	10,06	4,02	10,03	4,05	10,06	4,06	10,05
Spesimen 4	4,05	10,05	4,03	10,03	4,04	10,05	4,04	10,05
Spesimen 5	4,05	10,05	4,04	10,03	4,04	10,05	4,06	10,05
AVERAGE	4,05	10,05	4,03	10,03	4,05	10,05	4,05	10,05
STDEV	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
MAX	4,05	10,06	4,04	10,03	4,07	10,06	4,06	10,05
MIN	4,05	10,05	4,02	10,02	4,04	10,05	4,04	10,04

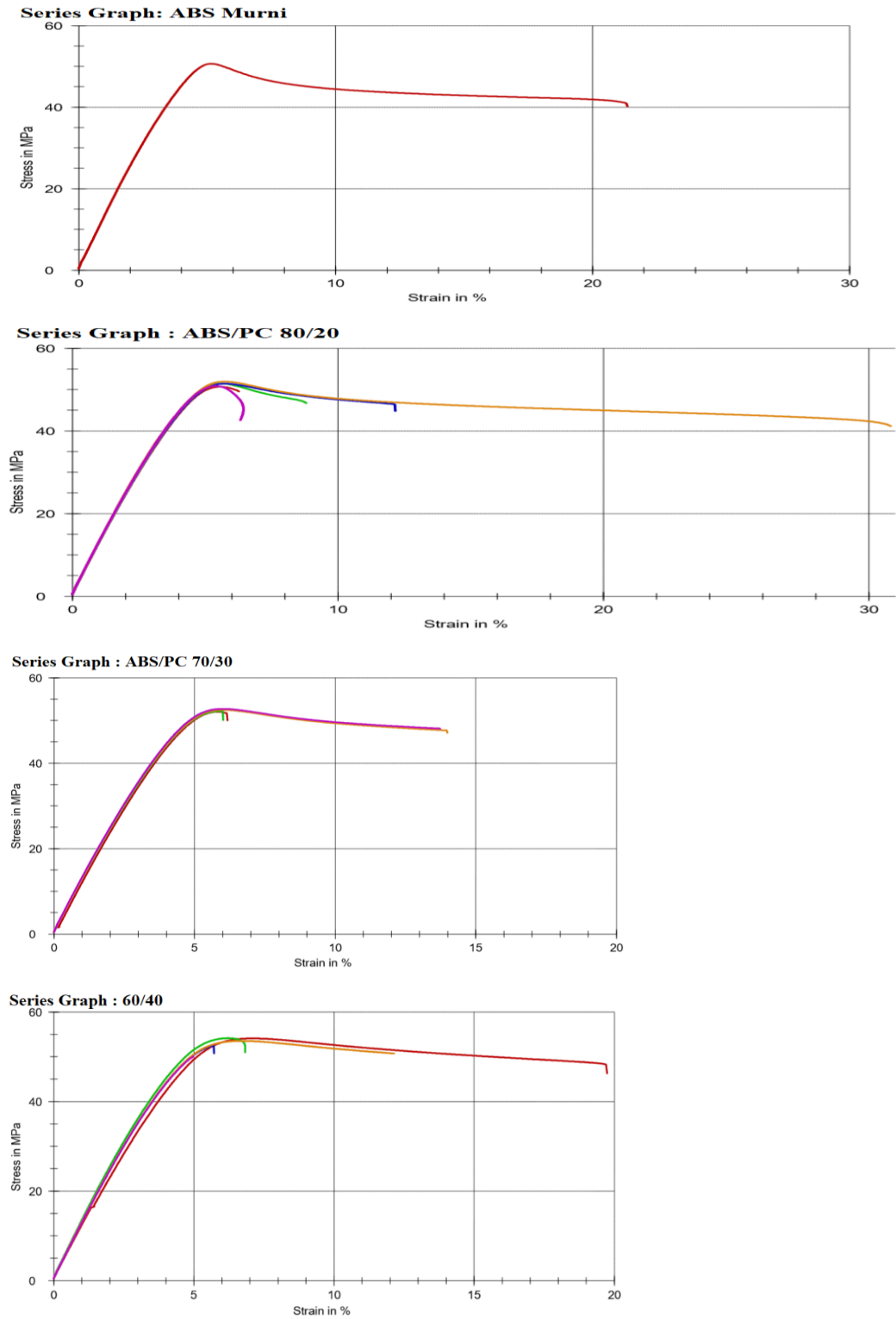


Gambar 4.2 Grafik rata – rata tebal dan lebar Murni, dan PC/ABS 3 variasi

Tabel 4.1 menjelaskan bahwa dimensi spesimen telah sesuai dengan standar 527-1 dapat ditetapkan toleransi untuk dimensi *specimen multipurpose* tersebut adalah nilai tebal $4 \text{ mm} \pm 0,5$, dan lebar $10 \text{ mm} \pm 0,5$. Syarat lain untuk melakukan pengujian selain dimensi ukuran adalah bentuk spesimen yang tidak memiliki cacat, karena bentuk spesimen yang memiliki cacat akan menghasilkan nilai kekuatan uji yang kurang optimal. Jenis cacat yang dapat mempengaruhi nilai pada saat dilakukan pengujian adalah cacat *bubbles*. Penyebab cacat *bubbles* adalah gas yang masih terperangkap didalam cylinder atau udara yang masih terjebak didalam cavity.

4.3 Hasil dan Pembahasan Pengujian Tarik

4.3.1. Grafik ABS Murni, ABS/PC (80:20), (70:30), dan (60:40)



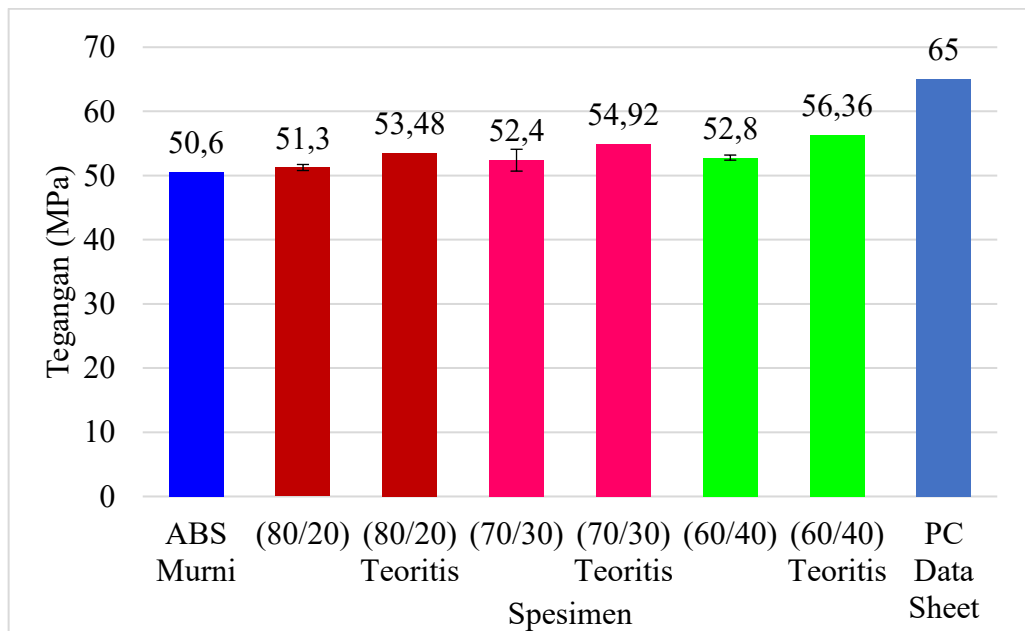
Gambar 4.3 Grafik pengujian tarik ABS Murni, ABS/PC 80/20, 70/30, 60/40

4.3.2. Hasil Tabel dan Grafik

a. Tegangan

Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai tegangan material ABS Murni, dan ABS/PC

No spesimen	Nilai kuat tarik σ (MPa)			
	Murni	ABS: PC		
	ABS	80:20	70:30	60:40
1	50,6	50,7	52,0	54,1
2	-	51,4	52,2	54,1
3	-	51,4	52,6	52,5
5	-	51,9	52,5	53,5
6	-	50,9	52,7	50,1
AVERAGE	50,6	51,2	52,4	52,8
STDEV	0	0,4	0,2	1,6
MAX	-	51,9	52,7	54,1
MIN	-	50,7	52,0	50,1

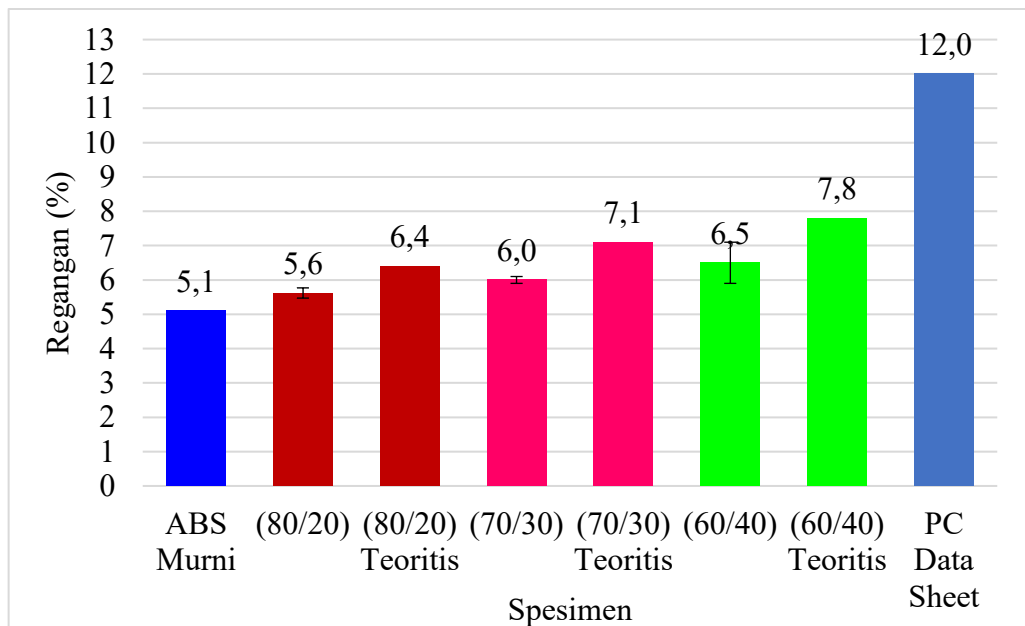


Gambar 4.4 Grafik tegangan uji tarik ABS, PC, ABS/PC

b. Regangan

Tabel 4.3 hasil nilai regangan material ABS murni, dan ABS/PC

Nilai regangan ϵ (%)				
No spesimen	Murni	ABS: PC		
	ABS	80:20	70:30	60:40
1	5,1	5,6	5,8	7,2
2	-	5,6	6,0	6,2
3	-	5,8	6,0	5,7
5	-	5,7	6,0	6,7
6	-	5,4	6,0	6,7
AVERAGE	5,1	5,6	6,0	6,5
STDEV	0	0,1	0,1	0,6
MAX	-	5,8	6,0	7,2
MIN	-	5,4	5,8	5,7

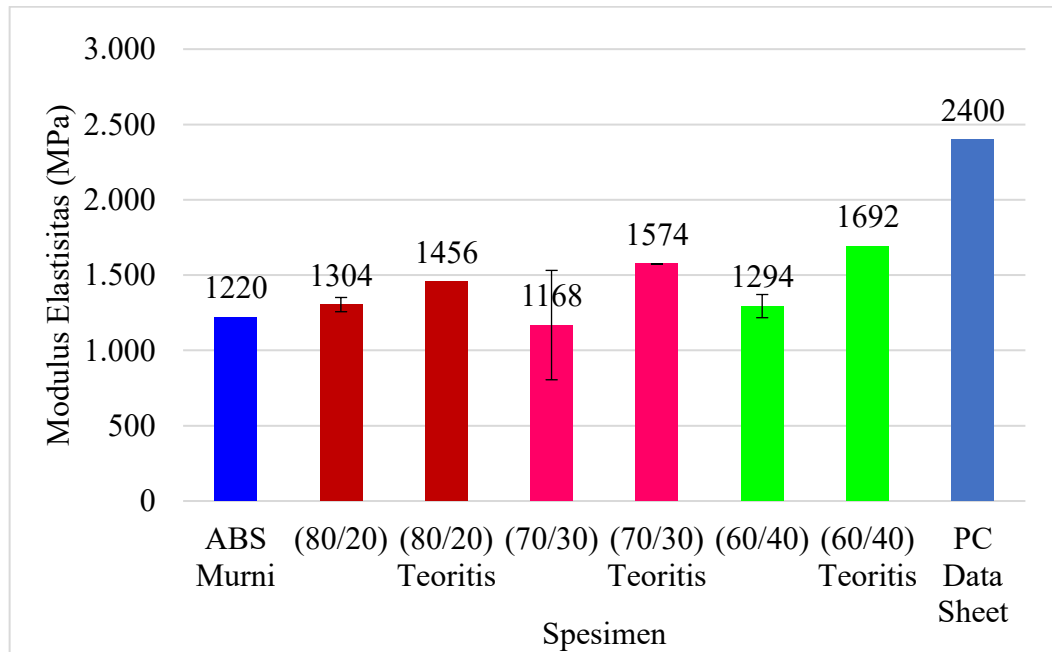


Gambar 4.5 Grafik regangan pengujian tarik ABS Murni dan ABS/PC

c. Modulus Elastisitas

Tabel 4.4 Hasil perhitungan nilai modulus elastisitas material ABS Murni, dan ABS/PC

Nilai Modulus Elastisitas (MPa)				
No spesimen	Murni	ABS: PC		
	ABS	80:20	70:30	60:40
1	1220	1270	520	1220
2	-	1260	1330	1390
3	-	1380	1330	1360
5	-	1300	1290	1270
6	-	1300	1370	1230
AVERAGE	1220	1304	1168	1294
STDEV	0	47	363	77
MAX	-	1380	1370	1390
MIN	-	1260	520	1220

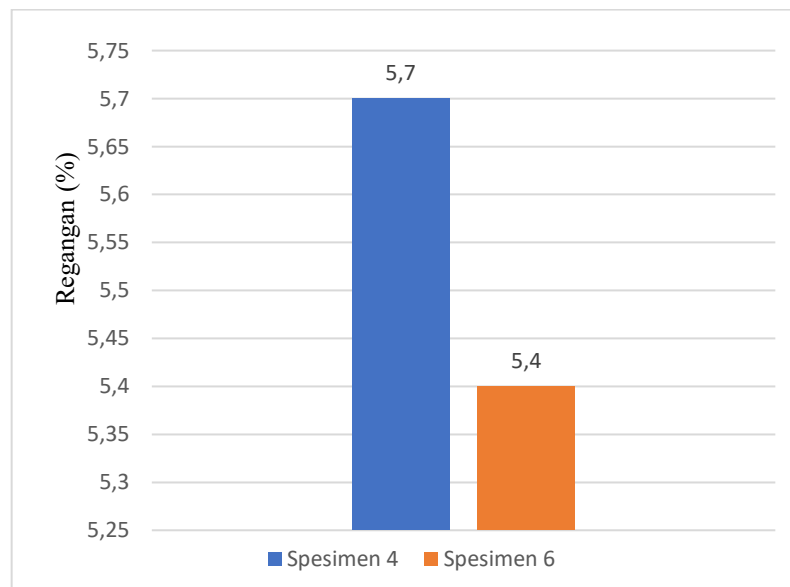
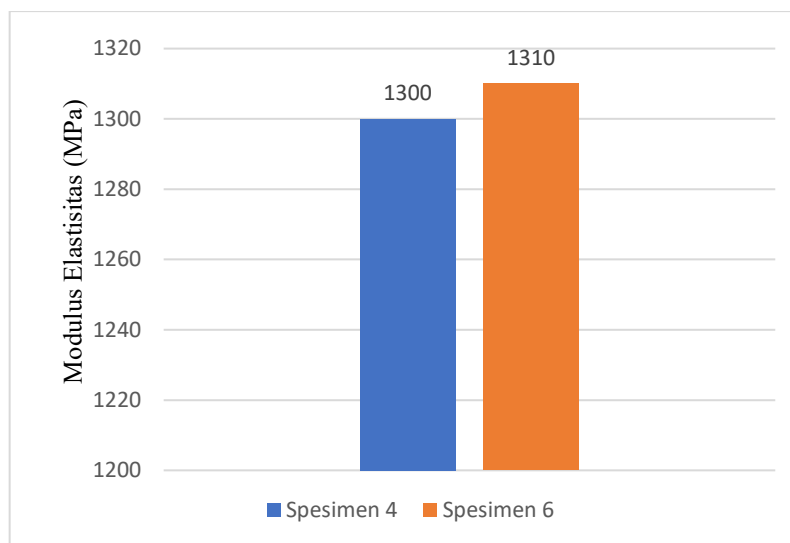


Gambar 4.6 Grafik Modulus Elastisitas pengujian tarik ABS Murni dan ABS/PC

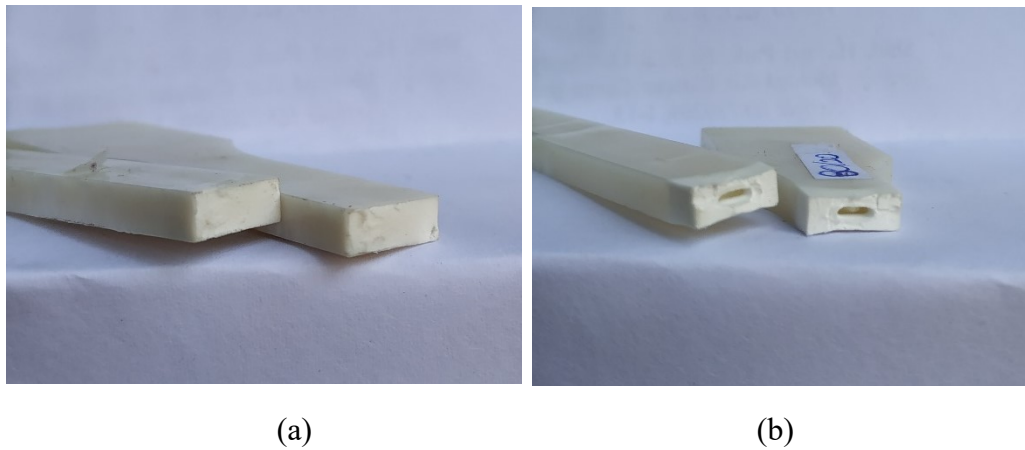
a. Tabel perbandingan nilai modulus elastisitas spesimen

Tabel 4.5 Nilai perbandingan pengujian spesimen ABS/PC 80/20

Nilai Pengujian Spesimen ABS/PC		
No spesimen	Modulus elastisitas (MPa)	Regangan (%)
Spesimen 4	1300	5,7
Spesimen 6	1310	5,4



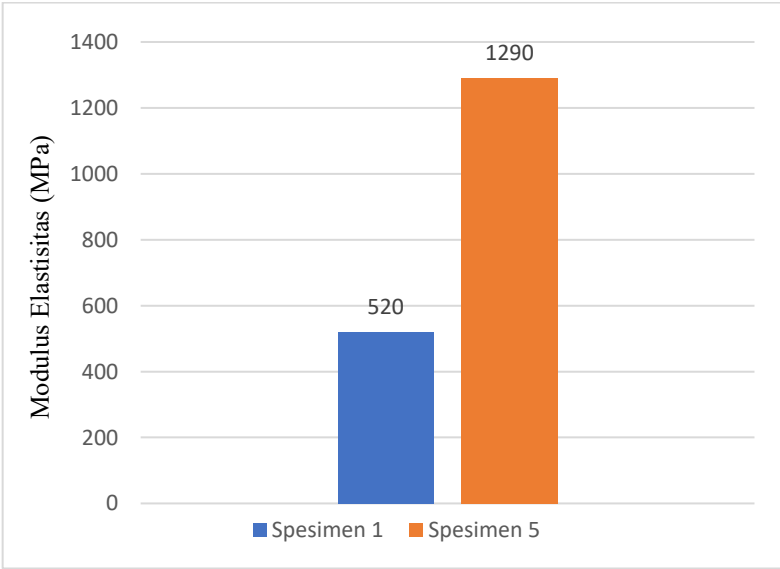
Gambar 4.7 Grafik perbandingan nilai spesimen ABS/PC 80/20

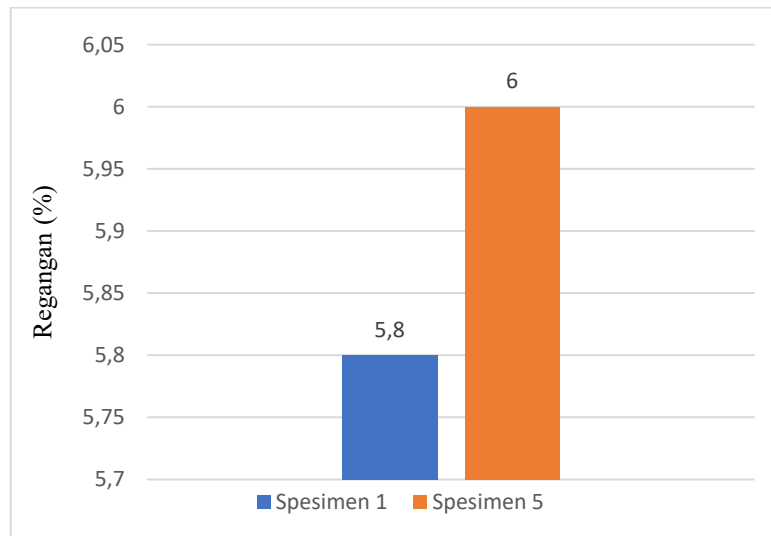


Gambar 4.8 Penampang patahan uji tarik ABS/PC 80/20 spesimen 4 (a) dan 6 (b)

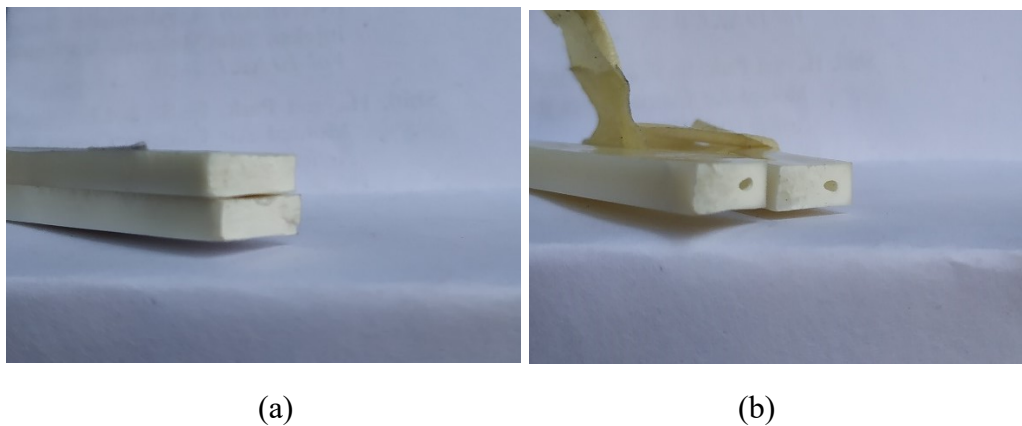
Tabel 4.6 Nilai perbandingan pengujian spesimen ABS/PC 70/30

Nilai Pengujian Spesimen ABS/PC		
No spesimen	Modulus elastisitas (MPa)	Regangan (%)
Spesimen 1	520	5,6
Spesimen 5	1290	6,0





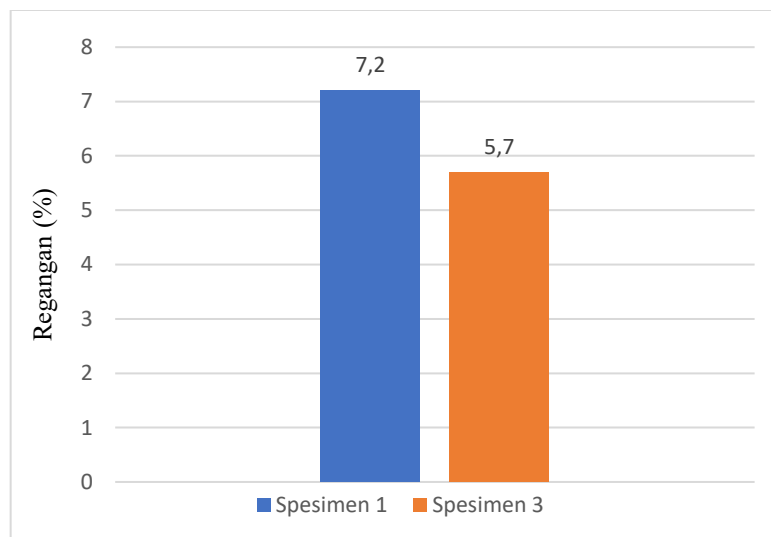
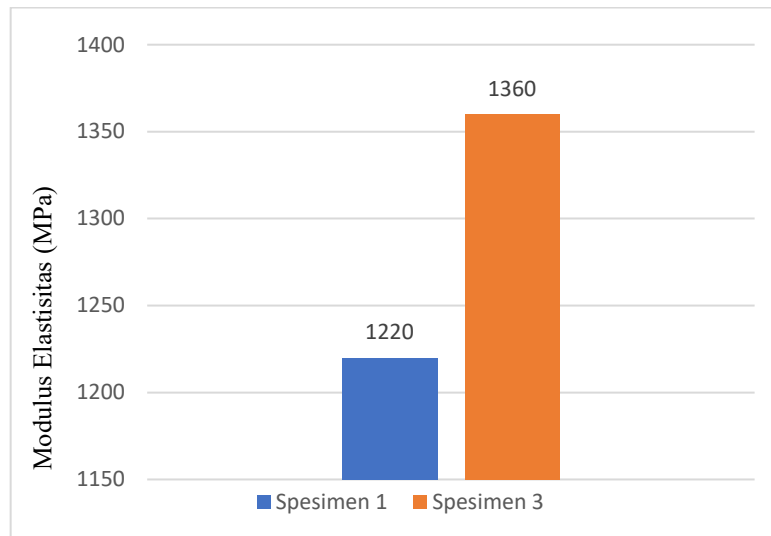
Gambar 4.9 Grafik perbandingan nilai spesimen ABS/PC 70/30



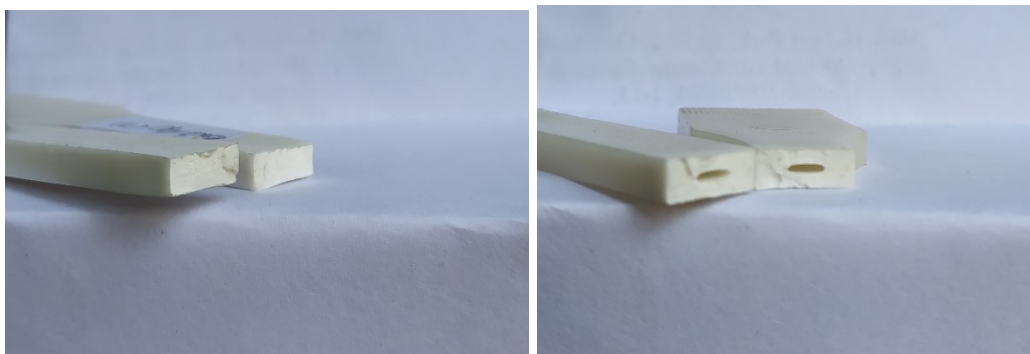
Gambar 4.10 Penampang patahan uji tarik ABS/PC 70/30 spesimen 5 (a) dan 1 (b)

Tabel 4.7 Nilai perbandingan pengujian spesimen ABS/PC 60/40

Nilai Pengujian Spesimen ABS/PC		
No spesimen	Modulus Elastisitas (MPa)	Regangan (%)
Spesimen 1	1220	7,2
Spesimen 3	1360	5,7



Gambar 4.11 Grafik perbandingan nilai spesimen ABS/PC 60/40



(a)

(b)

Gambar 4.12 Penampang patahan uji tarik ABS/PC 60/40 spesimen 1 (a) dan 3 (b)

4.3.3. Pembahasan pengujian tarik

Nilai teoritis pada tegangan tarik campuran ABS/PC variasi 80/20 sebesar 53,48 MPa, variasi 70/30 sebesar 54,92 MPa, dan variasi 60/40 sebesar 56,36 MPa. Dari nilai teoritis tersebut maka dapat diketahui bahwa hasil dari penelitian ini memiliki nilai tegangan tarik lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan tarik secara teoritis. Pada gambar 4.4 dijelaskan hasil dari data pengujian spesimen ABS Murni, dan ABS/PC.

Pada Gambar 4.4 dijelaskan hasil dari data pengujian spesimen ABS Murni memiliki nilai tegangan sebesar 50,6 MPa, ABS/PC variasi 80/20 sebesar 51,2 MPa, variasi 70/30 sebesar 52,4 MPa, dan variasi 60/40 sebesar 52,8 MPa. Dari 3 variasi tersebut dapat di analisis tidak mengalami kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan material ABS murni. Nilai tegangan tarik tertinggi pada campuran bahan daur ulang ABS/PC 60/40, kenaikan terjadi disebabkan oleh material PC yang memiliki sifat ulet. Semakin banyak kandungan material PC yang ditambahkan maka semakin besar sifat keuletan dari material campuran ABS/PC. Menurut Setiawan (2016) menjelaskan bahwa semakin banyak material ABS yang ada pada proses injeksi maka nilai *tensile strength* semakin rendah.

Nilai teoritis pada regangan campuran ABS/PC variasi 80/20 sebesar 6,48 %, variasi 70/30 sebesar 7,17 %, dan variasi 60/40 sebesar 7,86 %. Dari nilai teoritis tersebut maka dapat diketahui bahwa hasil dari penelitian ini memiliki nilai kenaikan yang tidak jauh berbeda dengan nilai regangan teoritis.

Pada Gambar 4.8 dijelaskan hasil rata-rata nilai regangan dari data pengujian spesimen ABS Murni, dan ABS/PC variasi campuran 80/20, 70/30, dan 60/40 mendapat nilai sebesar 5,1%, 5,6%, 60%, dan 6,5%. Dapat dianalisis bahwa semakin besar nilai tegangan dapat mengakibatkan spesimen menjadi ulet. Material PC mempengaruhi naiknya nilai regangan, karena semakin banyak material PC yang ditambahkan kedalam campuran ABS/PC, maka nilai regangan menjadi semakin naik.

Nilai teoritis pada modulus elastisitas campuran ABS/PC variasi 80/20 sebesar 1456 MPa, variasi 70/30 sebesar 1574 MPa, dan variasi 60/40 sebesar 1692 MPa. Dari nilai teoritis tersebut dapat diketahui bahwa hasil dari penelitian ini memiliki nilai modulus elastisitas yang kenaikannya tidak signifikan dibandingkan dengan nilai teoritis yang kenaikan nilai modulus elastisitasnya meningkat secara signifikan.

Pada penampang patahan dapat dilihat pada spesimen ABS/PC variasi 80/20 (gambar 4.8) spesimen nomor 6, variasi 70/30 (gambar 4.10) spesimen nomor 1, dan variasi 60/40 (gambar 4.12) spesimen nomor 3 memiliki penampang patahan yang memiliki lubang (*Bubbles*) adalah gelembung udara yang terperangkap pada produk saat proses injeksi molding. Ini disebabkan oleh udara yang terperangkap pada cavity yang belum sempat keluar dari *airvent* pada saat material plastik memasuki cavity membuat spesimen hasil cetakan menjadi berongga.

Gelembung udara yang terdapat pada spesimen inilah yang mempengaruhi nilai modulus elastisitas dan nilai regangan dalam pengujian tarik, dapat dilihat dari nilai modulus elastisitas yang mengalami kenaikan yang tidak signifikan, bahkan pada ABS/PC variasi 70/30 memiliki nilai modulus elastisitas lebih rendah dari material ABS Murni dan ABS/PC variasi 80/20.

Pada Gambar 4.6 dijelaskan hasil rata-rata dari data pengujian spesimen ABS Murni, dan ABS/PC variasi campuran 80/20, 70/30, dan 60/40 adalah 1220 MPa, 1304 MPa, 1168 MPa, dan 1294 MPa. dapat di analisis bahwa semakin tinggi nilai modulus elastisitasnya maka berpengaruh terhadap sifat kekakuan material tersebut. Kandungan material PC dapat meningkatkan modulus elastisitas pada campuran ABS/PC, karena material ABS memiliki sifat kaku.

Hassan dkk (2005) pada penelitiannya tentang uji tarik pada material campuran PC/ABS murni variasi 40/60 nilai kuat tarik sebesar 49 MPa, pada variasi 20/80 nilai kuat tarik sebesar 45 MPa. Sedangkan penelitian yang telah dilakukan dengan material daur ulang ABS/PC variasi 80/20 memiliki nilai kuat tarik 51,2 MPa, dan variasi 60/40 sebesar 52,36 MPa. Dengan kedua perbandingan

ini nilai kekuatan tarik pada material plastik daur ulang memiliki nilai kuat tarik lebih besar dibandingkan nilai kekuatan tarik pada material murni.

Krache (2011) Pada penelitian pengujian tarik yg telah dilakukan pada material PC/ABS mendapat nilai tegangan tarik tertinggi pada variasi 90/10 sebesar 56 MPa, nilai elongasi sebesar 7%, dan nilai modulus elastisitas sebesar 1780 MPa, dan nilai tegangan tarik terendah pada variasi 60/40 sebesar 40 MPa, nilai elongasi 3%, dan nilai modulus elastisitas 1700 MPa. Ini membuktikan bahwa semakin banyak campuran PC pada ABS/PC maka dapat meningkatkan nilai tegangan tarik, regangan, dan modulus elastisitas.

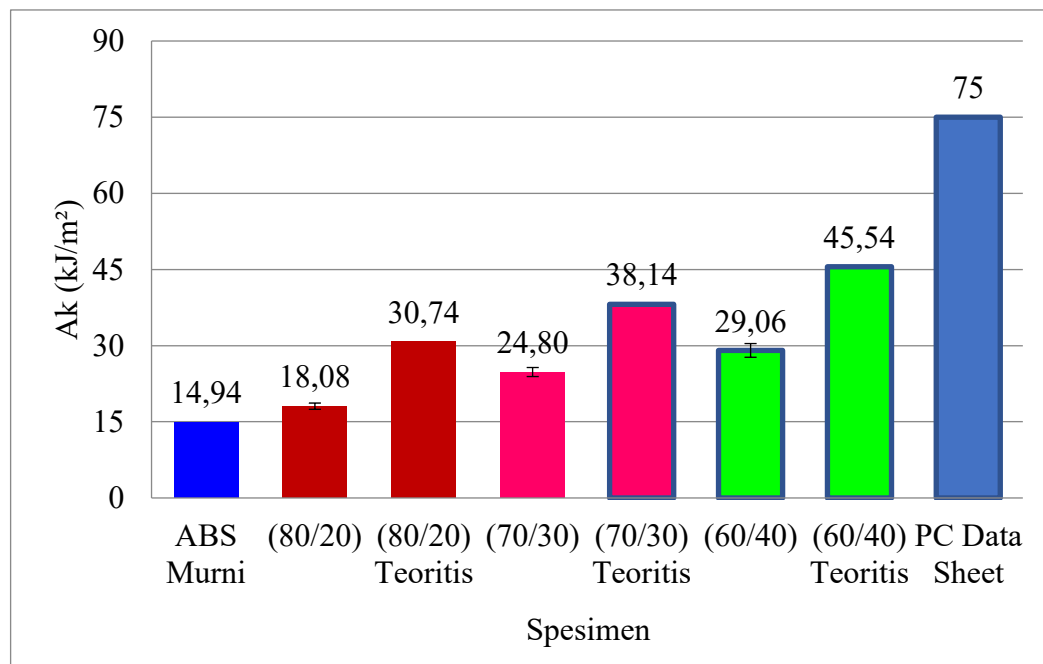


Gambar 4.13 Spesimen hasil pengujian tarik

4.4 Hasil Pengujian Impak

Tabel 4.8 Hasil perhitungan nilai energi material ABS Murni, dan ABS/PC

Nilai Energi impak ($A_k = \text{kJ/m}^2$)								
No spesimen	ABS		ABS: PC					
	Murni	Tipe	80:20	Tipe	70:30	Tipe	60:40	Tipe
Spesimen 1	14,94	C	18,78	C	23,55	C	28,51	H
Spesimen 2	-	-	17,19	C	24,67	C	29,94	H
Spesimen 3	-	-	18,54	C	25,21	C	27,47	H
Spesimen 4	-	-	17,98	C	24,57	C	30,89	H
Spesimen 5	-	-	17,89	C	25,98	C	28,51	H
AVERAGE	14,94	C	18,08	C	24,80	C	29,06	H
STDEV	0		0,62		0,89		1,35	
MAX	-		18,78		25,98		30,89	
MIN	-		17,19		23,55		27,47	



Gambar 4.14 Grafik nilai rata – rata uji impak ABS Murni, dan ABS/PC

4.4.1 Pembahasan Pengujian Impak

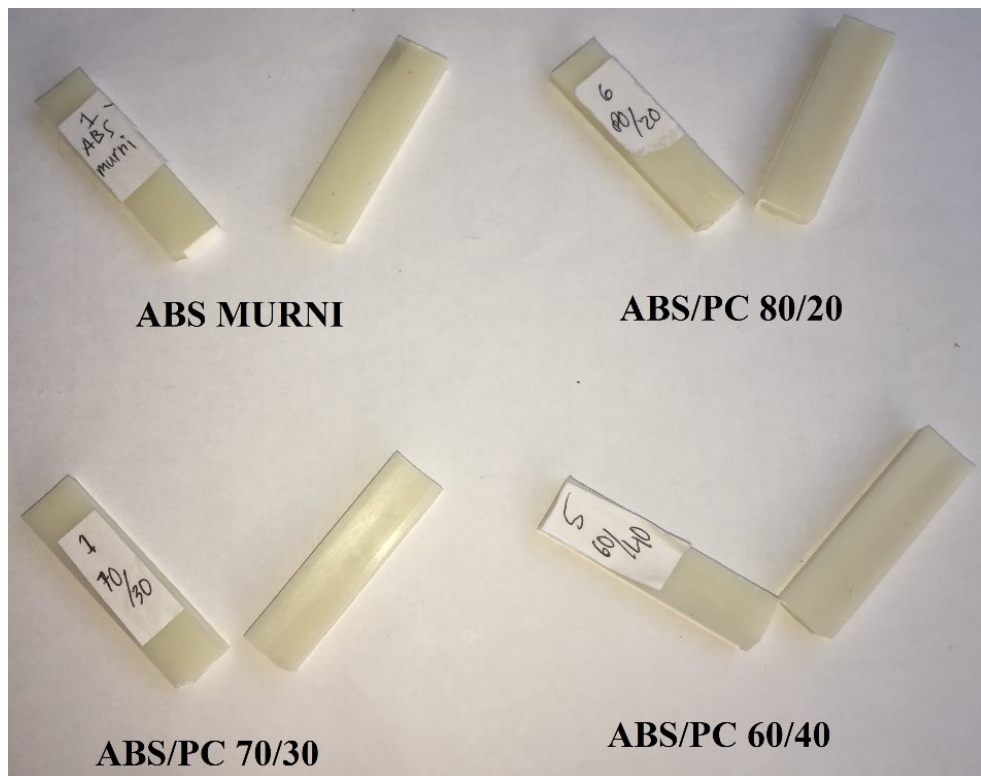
Nilai teoritis pada pengujian impak campuran ABS/PC variasi 80/20 sebesar 30,74 kJ/m², variasi 70/30 sebesar 38,14 kJ/m², variasi 60/40 sebesar 45,54 kJ/m². Dari nilai teoritis tersebut maka dapat diketahui bahwa hasil dari penelitian ini memiliki nilai uji impak yang mengalami perbedaan yang sangat signifikan dari nilai uji impak secara teoritis, akan tetapi nilai pengujian impak dengan nilai uji impak secara teoritis mengalami kenaikan yang stabil.

Pada gambar 4.8 dijelaskan hasil dari data spesimen ABS Murni, dan ABS/PC variasi campuran 80/20, 70/30, dan 60/40 dapat di analisis bahwa semakin rendah nilai kekuatan impak yang dihasilkan pada spesimen ABS/PC maka semakin buruk ketahanan dalam menerima beban kejut yang datang dan semakin lunak. Bentuk patahan dari spesimen ABS Murni, dan PC/ABS variasi 80/20 70/30 di kategorikan C (*Complete break*) (Gambar 4.15), artinya pendulum sangat kuat melukai spesimen hingga spesimen tersebut mengalami putus yang sempurna. Spesimen yang mengalami patahan *Complete Break* memiliki sifat yang getas. Bentuk patahan spesimen ABS/PC Variasi 60/40 di kategorikan H (*Hinge*) (Gambar 4.15), Spesimen yang mengalami patahan *Hinge* memiliki sifat yang ulet, artinya pendulum cukup kuat untuk melukai spesimen, tetapi tidak sampai putus atau bentuk patahannya seperti engsel.

Tekanan pada saat melakukan proses injeksi material ABS/PC (pada Tabel 3.8, Tabel 3.9, Tabel 3.10, dan Tabel 3.11) mempengaruhi kekuatan energi impak menjadi turun. Menurut Asror (2003) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa nilai kekuatan energi impak dengan standar ISO 179-1 berpengaruh dengan tekanan injeksi pada proses pembuatan spesimen. Semakin besar tekanan injeksi pada saat proses produksi, maka semakin meningkat amorphous yang terbentuk pada material plastik tersebut.

Hassan dkk (2005) pada penelitian pengujian impak pada material campuran PC/ABS variasi 40/60 sebesar 45 kJ/m², dan 20/80 sebesar 18 kJ/m². Sedangkan pada penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan material daur ulang ABS/PC variasi 80/20 memiliki nilai impak sebesar 18,08 kJ/m², variasi 60/40 nilai

impak sebesar $29,06 \text{ kJ/m}^2$. Pada penelitian penggunaan material daur ulang ABS/PC memiliki nilai impact lebih rendah daripada nilai impact material ABS/PC murni. Namun dengan ini menunjukkan bahwa semakin banyak material PC pada campuran ABS/PC meningkatkan nilai kekuatan impact pada sebuah produk.



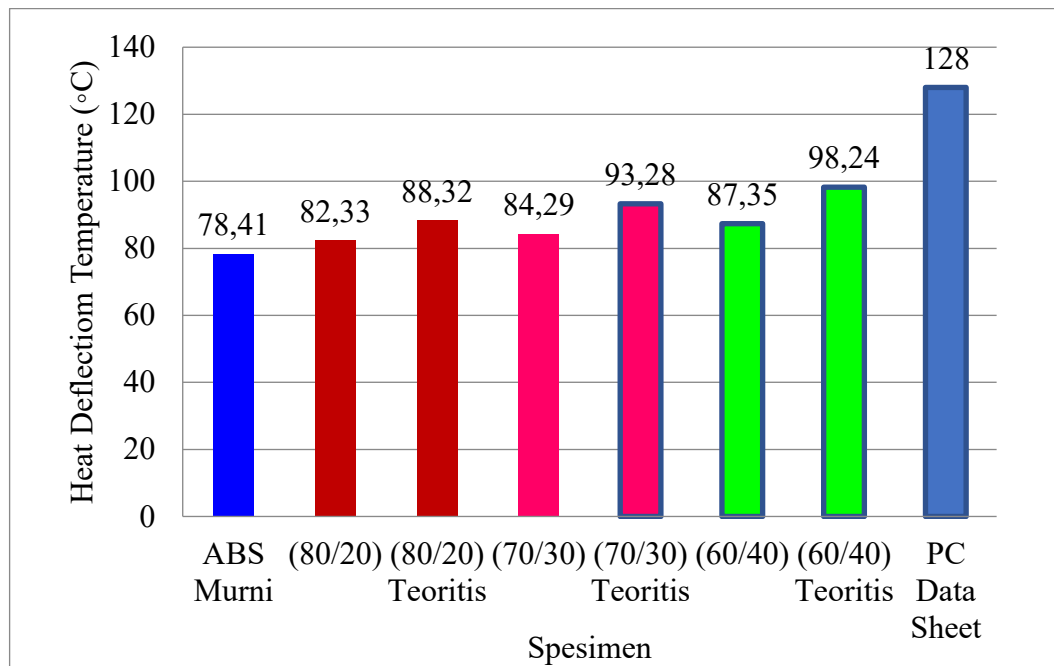
Gambar 4.15 Spesimen hasil pengujian impact

4.5 Hasil Dan Pembahasan Pengujian HDT

4.5.1 Grafik ABS Murni, ABS/PC (80:200), (70:30), (60:40)

Tabel 4.9 hasil pengujian HDT ABS Murni, dan ABS/PC

Variasi	HDT °C	Average Value	Load MPa	Set travel mm	h mm	b mm
ABS murni	78,41	78,41	1,82	0,34	4,03	9,95
ABS/PC 80/20	82,33	82,33	1,82	0,34	4,035	9,96
ABS/PC 70/30	84,29	84,29	1,82	0,34	4,045	9,96
ABS/PC 60/40	87,35	87,35	1,82	0,34	4,04	9,95



Gambar 4.16 grafik pengujian HDT ABS Murni, dan ABS/PC

4.5.2 Pembahasan Pengujian HDT

Nilai teoritis pada uji HDT campuran ABS/PC variasi 80/20 sebesar 88,32 C, variasi 70/30 sebesar 93,28 C, variasi 98,24 C. Dari nilai teoritis tersebut dapat diketahui bahwa hasil dari penelitian ini memiliki nilai uji HDT mengalami kenaikan yang stabil dan tidak berbeda jauh dari nilai uji HDT secara teoritis.

Pada Gambar 4.16 dijelaskan dari data spesimen ABS Murni, ABS/PC variasi campuran 80/20, 70/30, 60/40. Dari grafik dapat analisis semakin tinggi campuran *polycarbonate* maka akan mempengaruhi nilai defleksi dari bahan ABS. Semakin banyak bahan campuran *polycarbonate* yang ditambahkan maka suhu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu defleksi semakin tinggi, ini dikarenakan suhu defleksi dari *polycarbonate* tinggi nilai suhu defleksi bahan ABS.

Nilai HDT yang baik adalah nilai yang mendekati atau lebih tinggi dari nilai suhu standar (tabel 2.3), nilai parameter suhu dengan suhu aktual yang berbeda membuat laju aliran dan tekanan injeksi pada proses *injection molding* berpengaruh terhadap nilai defleksi pada sikap mekanis dan ketahanan terhadap beban terpusat.



Gambar 4.17 spesimen pengujian thermal HDT