

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Spesimen multipurpose HDPE murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30, dan HDPE 50/50.

Berikut adalah foto spesimen *multipurpose* HDPE murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30 dan HDPE 50/50.



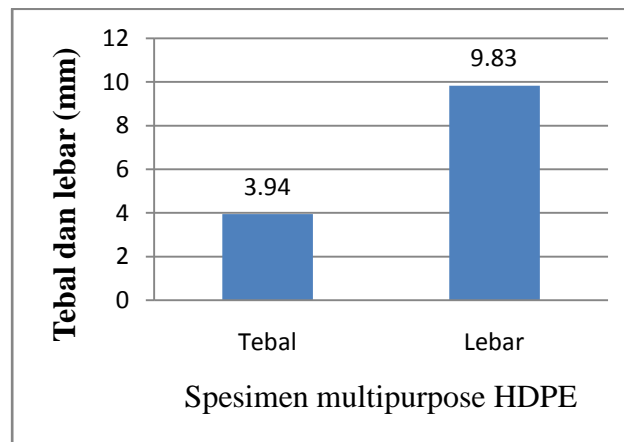
Gambar 4.1 Foto spesimen multipurpose HDPE (ISO 294)

### 4.2. Hasil Pengukuran Spesimen

#### 4.2.1 Hasil pengukuran tebal dan lebar spesimen HDPE murni, HDPE90/10, HDPE70/30, dan HDPE50/50.

Tabel 4.1 Nilai rata-rata hasil pengukuran tiap variasi

Nilai rata-rata pengukuran tebal dan lebar dari 9 spesimen			
No	Variasi	Tebal (mm)	Lebar (mm)
1	HDPE murni	3.96	9.82
2	HDPE 90/10	3.92	9.82
3	HDPE 70/30	3.92	9.86
4	HDPE 50/50	3.96	9.83
5	AVERAGE	3.94	9.83
6	STDEV	0.02	0.02
7	MAX	3.96	9.86
8	MIN	3.92	9.82



Gambar 4.2 grafik rata-rata tebal dan lebar 4 variasi HDPE.

Berdasarkan toleransi yang ditetapkan oleh ASTM D638-02a nilai lebar 0.5 mm dan tebal 0.4 mm. Setelah dilakukannya pengukuran dengan menggunakan alat ukur ketebalan atau biasa disebut *thickness gauge* terhadap 9 spesimen pada masing-masing variasi. Maka didapatkan nilai ketebalan minimum pada variasi HDPE 90/10 dan 50/50 yaitu 3.92 mm, sedangkan nilai ketebalan maksimum pada variasi HDPE murni dan HDPE 50/50 yaitu 3.96 mm.

Pengukuran lebar dengan menggunakan alat ukur jangka sorong terhadap 9 spesimen pada masing-masing variasi. Maka didapatkan nilai lebar minimum terjadi pada variasi HDPE murni dan HDPE 90/10 yaitu 9.82 mm, sedangkan nilai ketebalan maksimum terjadi pada variasi HDPE 70/30 yaitu 9.86 mm. Pengukuran ketebalan dan lebar dari 4 variasi tersebut bertujuan untuk mengetahui rata-rata ketebalan dan rata-rata lebar dari masing-masing spesimen. Dan hasilnya akan digunakan untuk menghitung luas area dari spesimen HDPE murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30 dan HDPE 50/50.

#### 4.2.2 Contoh perhitungan kuat tarik spesimen HDPE murni dengan kandungan daur ulang.

Untuk mengitung nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas dari specimen no.1 HDPE 90/10 dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} = \quad t &= 3.94 \text{ mm} & L_0 &= 75 \text{ mm} \\ & l &= 9.83 \text{ mm} & \Delta L_0 &= 27.29 \\ & F &= 919.37 \text{ N} & & \end{aligned}$$

Ditanyakan =

- a.  $A = \dots?$
- b.  $\sigma = \dots?$
- c.  $\varepsilon = \dots?$
- d.  $E = \dots?$

Dijawab =

- a.  $A = t \times l = 3.94 \text{ mm} \times 9.83 \text{ mm} = 38.73 \text{ mm}^2$
- b.  $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{919.37 \text{ N}}{38.73 \text{ mm}^2} = 23.74 \text{ MPa}$
- c.  $\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} = \frac{27.29 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} = 0.36 \text{ mm}$
- d.  $E = \frac{F \times L_0}{A \times \Delta L_0} = \frac{919.37 \text{ N} \times 75 \text{ mm}}{38.73 \text{ mm}^2 \times 27.29 \text{ mm}} = 65.24 \text{ MPa}$

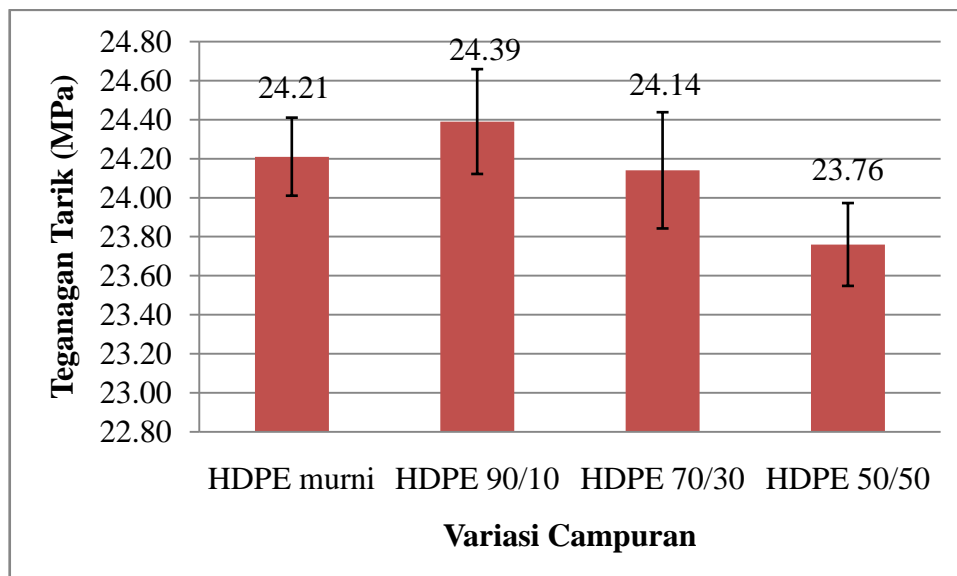
Keterangan :

T = Tebal specimen (mm)	$L_0$ = Panjang awal (mm)
l = lebar gauge length (mm)	$\Delta L_0$ = perubahan panjang keseluruhan (mm)
F =Beban tarik max (N)	$\varepsilon$ = Regangan
A = luas penampang (mm <sup>2</sup> )	$\sigma$ = tegangan tarik (MPa)
E = Modulus elastisitas (MPa)	

### 4.3 Hasil Pengujian Tarik spesimen HDPE murni dengan kandungan daur ulang 10, 30 dan 50% (ASTM D638)

Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai tegangan material HDPE murni dengan kandungan daur ulang.

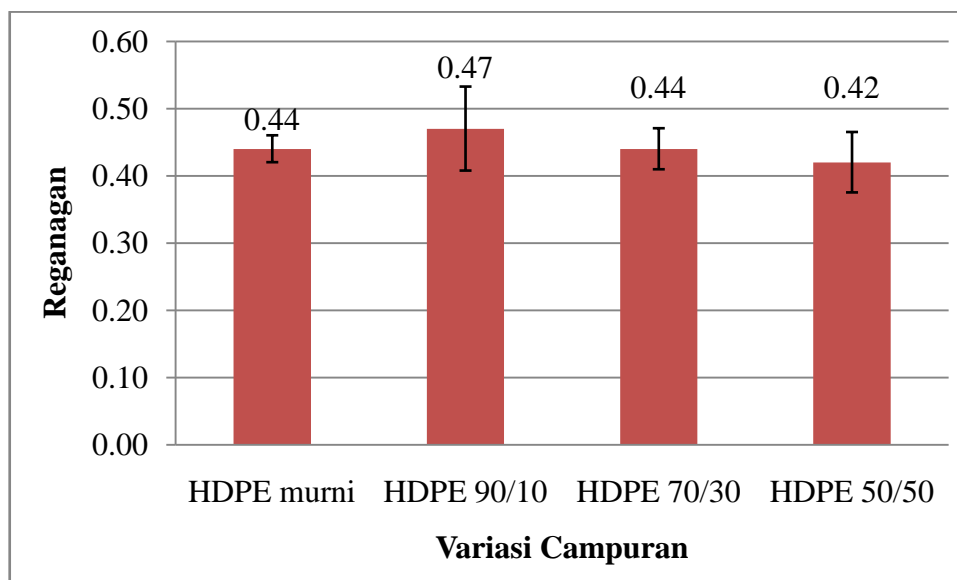
Nilai kuat tarik $\sigma$ (MPa)				
No spesimen	HDPE murni	Variasi 90/10	Variasi 70/30	Variasi 50/50
1	24.14	23.74	24.03	23.39
2	24.00	24.43	24.06	24.16
3	24.09	24.66	24.48	23.86
4	24.39	24.55	23.75	23.65
5	24.64	24.30	23.90	23.71
6	24.01	24.54	24.24	23.64
7	24.16	24.52	24.51	23.90
8	24.30	24.32	24.47	23.69
9	24.20	24.41	23.82	23.83
AVERAGE	24.21	24.39	24.14	23.76
STDEV	0.20	0.27	0.30	0.21
MAX	24.64	24.66	24.51	24.16
MIN	24.00	23.74	23.75	23.39



Gambar 4.3 Perbandingan nilai rata-rata tegangan tarik

Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai regangan material HDPE murni dengan kandungan daur ulang.

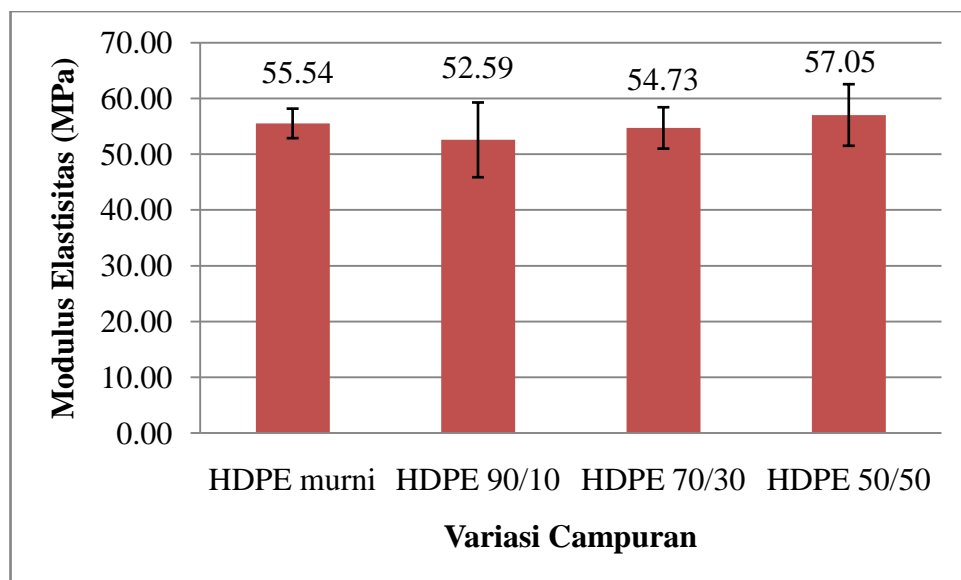
Nilai Regangan $\epsilon$				
No spesimen	HDPE murni	Variasi 90/10	Variasi 70/30	Variasi 50/50
1	0.45	0.36	0.45	0.40
2	0.42	0.43	0.44	0.44
3	0.43	0.57	0.47	0.36
4	0.42	0.53	0.49	0.42
5	0.49	0.48	0.41	0.40
6	0.42	0.44	0.46	0.53
7	0.42	0.45	0.42	0.41
8	0.45	0.45	0.44	0.42
9	0.43	0.52	0.40	0.41
AVERAGE	0.44	0.47	0.44	0.42
STDEV	0.02	0.06	0.03	0.04
MAX	0.49	0.57	0.49	0.53
MIN	0.42	0.36	0.40	0.36



Gambar 4.4 Perbandingan nilai rata-rata regangan tarik.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan nilai modulus elastisitas material HDPE murni dengan kandungan daur ulang

Nilai Modulus Elastisitas E ( MPa )				
No spesimen	HDPE murni	Variasi 90/10	Variasi 70/30	Variasi 50/50
1	53.2	65.24	53.46	57.92
2	57.53	56.88	54.33	55.52
3	55.67	43.05	51.67	66.19
4	58.76	46.66	48.09	56.98
5	49.99	50.21	59.00	59.70
6	57.09	55.56	53.15	44.83
7	57	54.68	58.13	57.75
8	54.6	54.24	55.26	56.79
9	56.05	46.79	59.46	57.75
AVERAGE	55.54	52.59	54.73	57.05
STDEV	2.65	6.71	3.71	5.52
MAX	58.76	65.24	59.46	66.19
MIN	49.99	43.05	48.09	44.83



Gambar 4.5 Perbandingan nilai rata-rata modulus elastisitas

Analisa hasil uji tarik :

Tabel 4.2 menerangkan bahwa dari variasi HDPE murni, HDPE 90/10, HDPE70/30 dan HDPE 50/50 mendapatkan nilai rata-rata tegangan sebesar 24.21 MPa, 24.39 MPa, 24.14 MPa dan 23.76 MPa dan nilai standar deviasi sebesar 0.20, 0.27, 0.30, dan 0.21. Dari data tersebut dapat di jelaskan bahwa terjadi penurunan nilai tegangan dari HDPE 90/10, HDPE 70/30 dan 50/50 yang disebabkan berkurangnya sifat *ductility* atau keuletan pada material. Berkurangnya sifat keuletan dari material disebabkan karena semakin banyak material daur ulang yang digunakan sebagai campuran pembuatan *specimen*. Badri M.G (2014) menjelaskan bahwa material daur ulang yang digunakan telah mengalami proses pemanasan dan pembentukkan sebelumnya sehingga mengalami degradasi sifat-sifatnya dan menurunkan kuat tariknya.

Kemudian pada HDPE murni nilainya lebih rendah dari HDPE 90/10. Hal tersebut dikarenakan pada bahan HDPE 90/10 terdapat kandungan bahan daur ulang yang memiliki warna merah. Kanu dkk (2001) menjelaskan bahwa penggunaan warna tingkat kristalisasinya dapat meningkat, sehingga apabila tingkat kristalisasi meningkat maka modulus elastisitas dan kekuatan tarik akan lebih tinggi.

Tabel 4.3 menerangkan bahwa dari variasi HDPE murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30 dan HDPE 50/50 mendapatkan nilai regangan sebesar 0.44, 0.47, 0.442, dan 0.412. Nilai standar devisi sebesar 0.02, 0.062, 0.030, dan 0.044. Dari data tersebut dapat dijelaskan bahwa dengan adanya penambahan bahan daur ulang sebagai campuran pembuatan produk akan mempengaruhi nilai tegangan tarik. Sehingga apabila nilai tegangan tariknya menurun maka nilai regangan juga akan menurun.

Tabel 4.4 memberikan keterangan bahwa nilai rata-rata modulus elastisitas dari variasi HDPE murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30 dan HDPE 50/50 mendapatkan nilai sebesar 55.54 MPa, 52.590 MPa, 54.727 MPa, dan 57.048 MPa. Nilai standar deviasi sebesar 2.65, 6.705, 3.709, dan 5.521. Dari analisis data dapat di jelaskan bahwa apabila nilai modulus elastisitasnya meningkat maka

specimen tersebut akan menjadi lebih kaku dan menjadi semakin getas. Karena modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan material.

#### 4.3.1 Analisa penurunan antara kuat tarik HDPE murni dengan HDPE 90/10, HDPE70/30, dan HDPE50/50

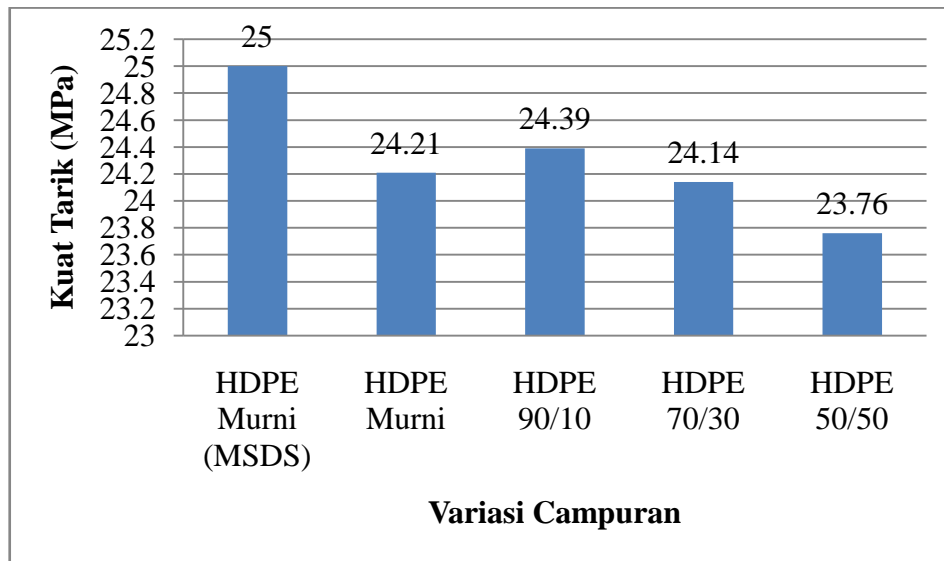
Berikut adalah contoh perhitungan nilai presentase penurunan kuat tarik dari HDPE murni dengan HDPE 90/10.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Diketahui : } H_{\text{murni(MSDS)}} &= 25 \text{ MPa} \\
 H_{\text{hdpe 90/10}} &= 24.38 \text{ MPa} \\
 \text{Ditanya : } H_{\text{penurunan}} &= \dots\dots\dots? \\
 \text{Dijawab: } H_{\text{penurunan}} &= \frac{(H_{\text{murni (MSDS)}} - H_{\text{hdpe90/10}})}{H_{\text{murni (MSDS)}}} \times 100 \% \\
 &= \frac{(24.21 \text{ MPa} - 24.38 \text{ MPa})}{25 \text{ MPa}} \times 100 \% \\
 &= 2.48 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Penurunan nilai kuat tarik HDPE Murni (MSDS *Lotte Chemical*), HDPE Murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30 dan HDPE 50/50.

Penurunan kuat Tarik			
No	Variasi Campuran	Kuat Tarik (MPa)	Penurunan ( %)
1	HDPE Murni (MSDS Lotte Chemical)	25	0%
2	HDPE Murni	24.21	3.16%
3	HDPE 90/10	24.39	2.48%
4	HDPE 70/30	24.14	3.44%
5	HDPE 50/50	23.76	4.96%





Gambar 4.6 Penurunan tegangan tarik HDPE

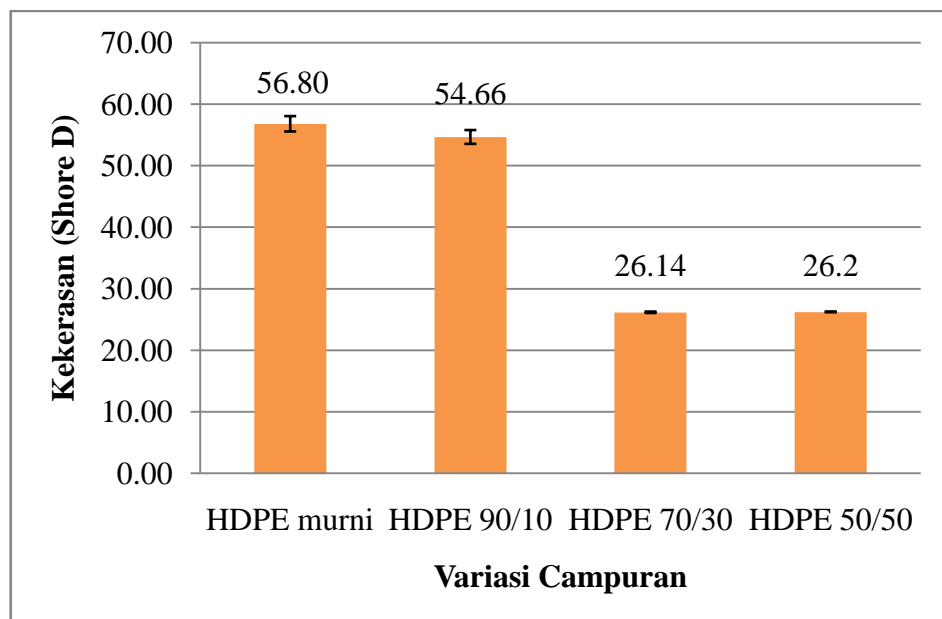
Dari perhitungan dan grafik 4.6 diatas menunjukkan hasil uji tarik HDPE murni sebesar 24.21 MPa yang kemudian mengalami peningkatan pada HDPE 90/10 sebesar 0.68 % dan nilai uji tarik minimal pada kandungan HDPE daur ulang 50% sebesar 23.76 MPa yang mengalami penurunan sebesar 4.96 %. Nilai tersebut mengacu pada kuat tarik HDPE murni ( MSDS *Lotte chemical*) sebesar 25 MPa.



#### 4.4 Hasil pengujian kekerasan specimen HDPE dengan kandungan daur ulang 10, 30 dan 50%

Tabel 4.6 Hasil pengujian kekerasan spesimen HDPE 90/10, HDPE 70/30, dan HDPE 50/50 (ASTM D2240)

<b>HASIL UJI KEKERASAN SHORE D</b>				
<b>No. Spesimen</b>	<b>Variasi HDPE Murni + daur ulang</b>			
	<b>HDPEmurni</b>	<b>HDPE90/10</b>	<b>HDPE70/30</b>	<b>HDPE50/50</b>
1	57.07	54.26	26.40	26.23
2	54.17	55.30	26.30	26.23
3	57.97	55.03	26.10	26.23
4	55.43	55.90	26.07	26.13
5	57.77	55.06	26.10	26.16
6	58.03	53.86	26.16	26.20
7	57.50	55.30	26.13	26.30
8	56.17	55.16	26.03	26.16
9	56.47	54.86	26.10	26.16
10	56.80	51.90	26.10	26.20
AVERAGE	56.80	54.66	26.15	26.20
STDEV	1.25	1.12	0.11	0.05
MAX	58.03	55.90	26.40	26.30
MIN	54.17	51.90	26.03	26.13



Gambar 4.8 Hasil rata-rata nilai kekerasan shore D

Analisa hasil uji kekerasan:

Dari hasil uji kekerasan pada material HDPE murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30 dan HDPE 50/50, masing - masing variasi terdapat 10 spesimen yang di uji. Dari ketiga variasi tersebut diambil nilai rata-rata dengan grafik pada gambar 4.8 terdapat nilai 56.80 Shore D, 54.663 Shore D, 26,148 Shore D, dan 26.2 Shore D bahwa nilai tersebut menunjukkan adanya penurunan sifat kekerasan dari HDPE murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30, dan HDPE 50/50. Penurunan nilai kekerasan dipengaruhi oleh bahan daur ulang yang digunakan sebelumnya telah mengalami pemanasan berkali-kali pada saat proses pencacahan plastik daur ulang. Kemudian terlihat pada variasi 70/30 dan 50/50 menunjukkan bahwa variasi 50/50 nilainya lebih tinggi dari variasi 70/30 hal tersebut dikarenakan pada proses pencampuran material HDPE daur ulang dan HDPE murni tidak merata. Di mungkinkan karena adanya perubahan temperatur pada *plasticizing unit* yang tidak diketahui.

M.F Asror (2003) menjelaskan bahwa peranan suhu sangat signifikan dalam proses fabrikasinya, karena menyangkut proses plastifikasi dan homogenisasi material didalam unit injeksi yang nantinya berpengaruh terhadap *melt flow rate*.

#### 4.4.1 Analisa penurunan antara kekerasan HDPE murni dengan HDPE 90/10, HDPE 70/30 dan HDPE 50/50.

Berikut adalah contoh perhitungan penurunan kekerasan HDPE Murni (*MSDS Lotte Chemical*), HDPE Murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30 dan HDPE 50/50.

1. Diketahui :  $H_{\text{murni (MSDS)}} = 65 \text{ Shore D}$

$H_{\text{hdpe murni}} = 56.80 \text{ Shore D}$

Ditanya :  $H_{\text{penurunan}} = \dots\dots\dots?$

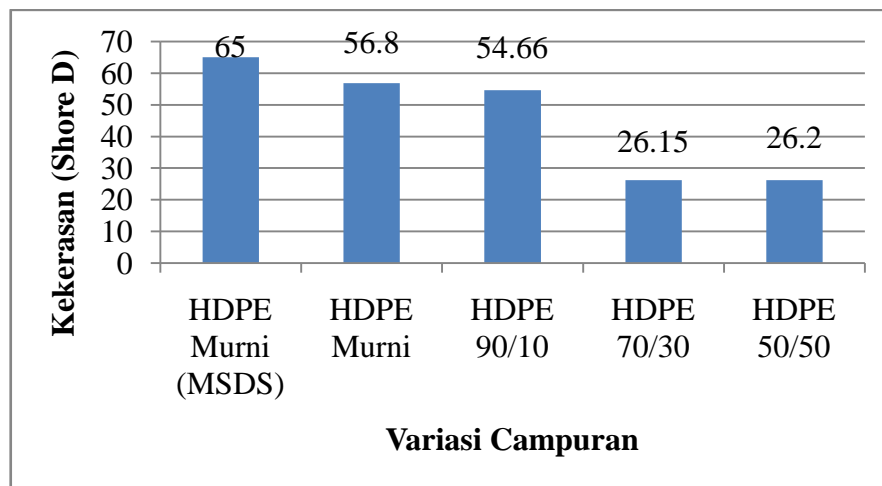
Dijawab:  $H_{\text{penurunan}} = \frac{(H_{\text{murni (MSDS)}} - H_{\text{hdpe murni}})}{H_{\text{murni (MSDS)}}} \times 100 \%$

$$= \frac{(65 \text{ Shore D} - 56.80 \text{ Shore D})}{65 \text{ Shore D}} \times 100 \%$$

$$= 12.61 \%$$

Tabel 4.7 Penurunan nilai kekerasan HDPE Murni (MSDS *Lotte Chemical*), HDPE Murni, HDPE 90/10, HDPE 70/30, dan HDPE 50/50.

Penurunan Kekerasan			
No	Variasi Campuran	Kekerasan (Shore D )	Penurunan ( %)
1	HDPE Murni (MSDS Lotte Chemical)	65	0%
2	HDPE Murni	56.8	12.61%
3	HDPE 90/10	54.66	15.91%
4	HDPE 70/30	26.15	59.71%
5	HDPE 50/50	26.2	59.69%



Gambar 4.9 perbandingan penurunan kekerasan

Dari perhitungan dan grafik 4.9 diatas menunjukkan bahwa terjadi penurunan dari HDPE murni( MSDS *Lotte Chemical*) sampai dengan HDPE 90/10 sebesar 15.91 %. Kemudia nilai kekerasan kandungan HDPE daur ulang 30% sebesar 26.15 shore D mengalami kenaikan nilai kekerasan terhadap HDPE 50/50 sebesar 0.2 %. Data nilai kekerasan yang mengacu pada HDPE murni (*Lotte chemical*) sebesar 65 shore D.