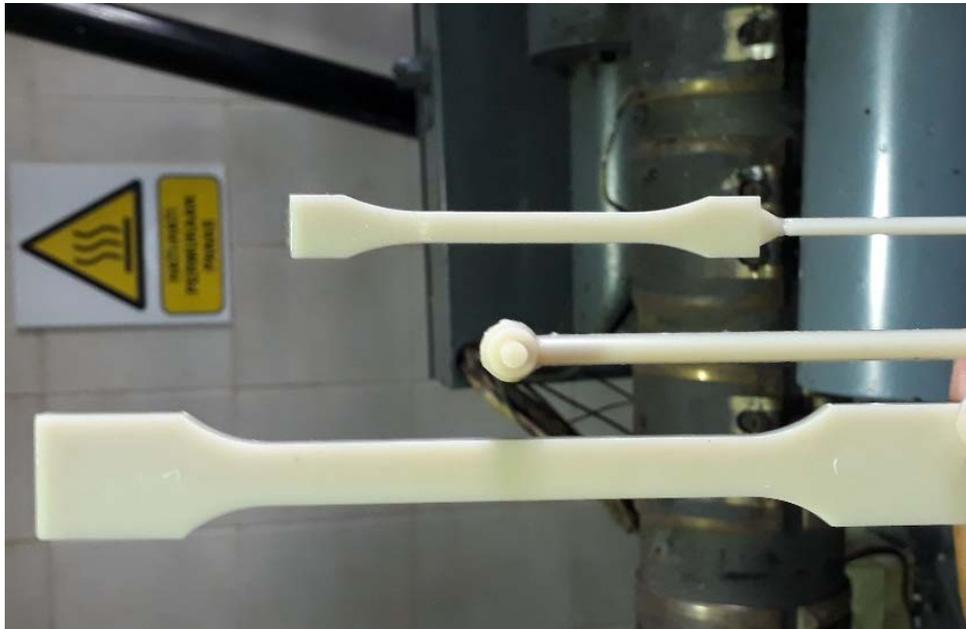


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Spesimen *Multipurpose*

Proses pembuatan spesimen *multipurpose* yang sudah memenuhi standar ISO 294-1:2012 ditunjukkan pada Gambar 4.1 (yang menggunakan mesin *injection molding*). Hasil spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Spesimen *Multipurpose* ABS T700 314 NAT

Keterangan:

- Produk : Spesimen *Multipurpose* ABS T700 314 NAT
- Mesin : *Injection Molding Machine* 70 MEIKI
- Proses injeksi : 36,50 detik/spesimen
- Massa : 88,6 gram
- Panjang : 150 mm
- Lebar : 10 mm
- Tebal : 4 mm



Gambar 4.2 Spesimen *Multipurpose* ABS Daur Ulang 1, 3, dan 6 Kali

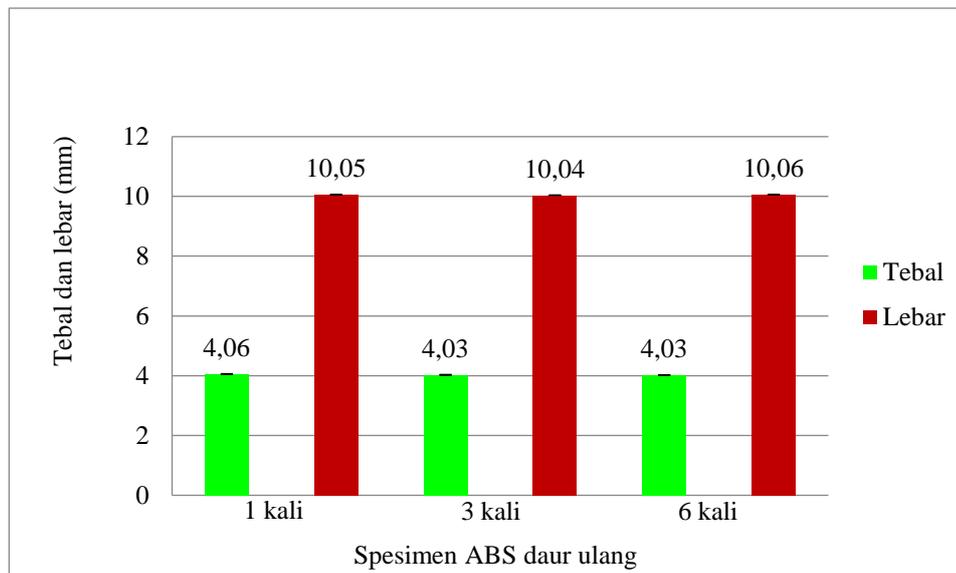
Keterangan:

- Posisi kiri : Spesimen ABS daur ulang 1 kali
- Posisi tengah : Spesimen ABS daur ulang 3 kali
- Posisi kanan : Spesimen ABS daur ulang 6 kali

#### 4.2 Hasil Pengukuran Tebal dan Lebar Spesimen ABS Daur Ulang

Tabel 4.1 Nilai rata – rata hasil pengukuran tiap variasi

No spesimen	Daur ulang 1 kali		Daur ulang 3 kali		Daur ulang 6 kali	
	Tebal	Lebar	Tebal	Lebar	Tebal	Lebar
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Spesimen 1	4,08	10,06	4,05	10,04	4,03	10,06
Spesimen 2	4,05	10,05	4,03	10,04	4,02	10,06
Spesimen 3	4,06	10,06	4,03	10,05	4,02	10,06
Spesimen 4	4,05	10,06	4,03	10,04	4,03	10,06
Spesimen 5	4,05	10,05	4,02	10,05	4,02	10,06
AVERAGE	4,06	10,05	4,03	10,04	4,03	10,06
STDEV	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
MAX	4,08	10,06	4,05	10,05	4,03	10,06
MIN	4,05	10,05	4,02	10,04	4,02	10,06



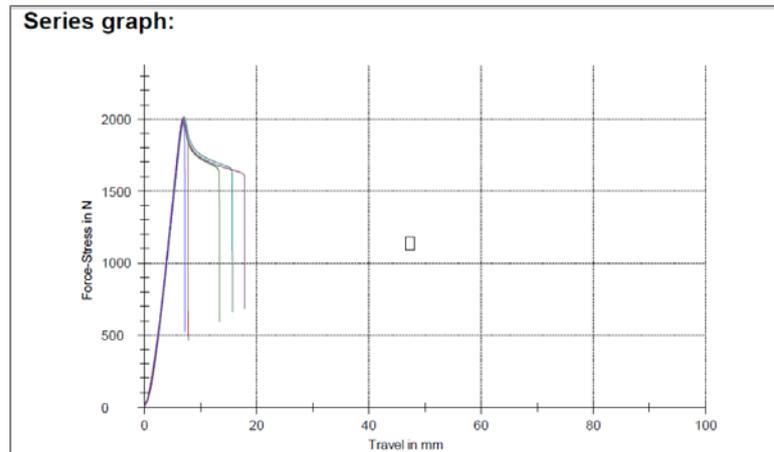
Gambar 4.3 Grafik rata – rata tebal dan lebar ABS daur ulang 3 variasi

Berdasarkan Tabel 4.1 menjelaskan bahwa sesuai standar 527-2 dapat ditetapkan toleransi untuk dimensi spesimen *multipurpose* tersebut adalah nilai tebal  $4,0 \text{ mm} \pm 0,2$  dan lebar  $10 \text{ mm} \pm 0,2$ . Setelah melakukan pengukuran ketebalan dengan menggunakan alat ukur tebal atau *thickness gauge* pada 5 sampel spesimen ABS daur ulang tiap variasi. Maka dapat disimpulkan nilai ketebalan minimum pada tiga variasi ABS yaitu ABS daur ulang 1 kali 4,05 mm, daur ulang 3 kali 4,02 mm, dan daur ulang 6 kali 4,02 mm sedangkan untuk nilai ketebalan maksimum pada tiga variasi ABS yaitu ABS daur ulang 1 kali 4,08 mm, daur ulang 3 kali 4,05 mm, dan daur ulang 6 kali 4,03 mm.

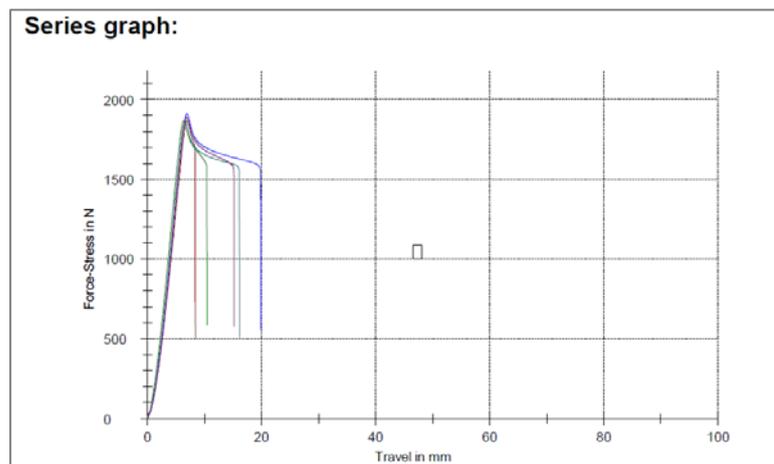
Pengukuran lebar menggunakan alat jangka sorong atau *vernier caliper* pada 5 sampel spesimen ABS daur ulang tiap variasi. Maka dapat disimpulkan nilai lebar minimum pada tiga variasi ABS yaitu ABS daur ulang 1 kali 10,05 mm, daur ulang 3 kali 10,04 mm, dan daur ulang 6 kali 10,06 mm sedangkan untuk nilai lebar maksimum pada tiga variasi ABS yaitu ABS daur ulang 1 kali 10,06 mm, daur ulang 3 kali 10,05 mm, dan daur ulang 6 kali 10,06 mm. Dari pengukuran ketebalan dan lebar spesimen ABS daur ulang tiga variasi dapat dihitung rata – rata dan selanjutnya untuk mencari luas area dari spesimen tersebut.

### 4.3 Hasil Pengujian Tarik

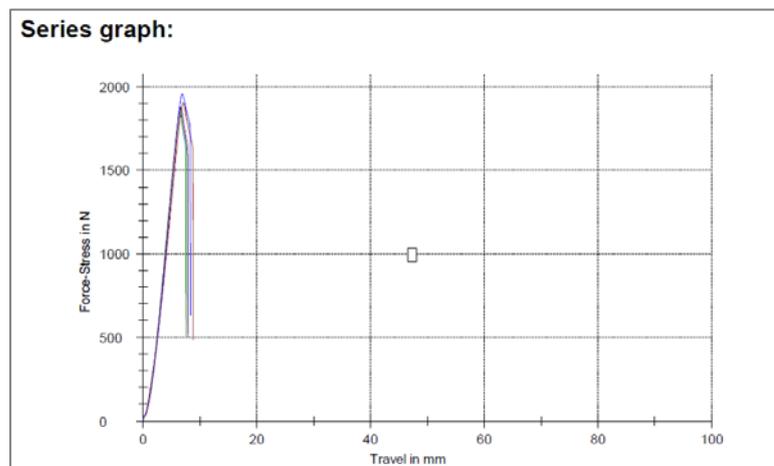
#### 4.3.1 Grafik Daur Ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali



Gambar 4.4 Grafik Tegangan dan Regangan Uji tarik Daur Ulang 1 kali



Gambar 4.5 Grafik Tegangan dan Regangan Uji tarik Daur Ulang 3 kali



Gambar 4.6 Grafik Tegangan dan Regangan Uji tarik Daur Ulang 6 kali

Analisis pada gambar 4.4 menjelaskan bahwa grafik uji tarik diatas yang mengenai 5 spesimen masih dalam satuan *kilo gram force* (Kgf). Untuk mendapatkan nilai kuat tarik maka dikonversi ke satuan *Newton* (N) sebagai gayanya dan dibagi luas area. Maka nilai uji tarik masing – masing spesimen sebesar 48,289 MPa, 49,308 MPa, 48,601 MPa, 48,641 MPa, dan 49,342 MPa. Dari 5 spesimen yang di uji tarik didapatkan nilai maksimum pada spesimen yang ke-5 sebesar 37,077 MPa.

Analisis pada gambar 4.5 menjelaskan bahwa grafik uji tarik diatas yang mengenai 5 spesimen masih dalam satuan *kilo gram force* (Kgf). Untuk mendapatkan nilai kuat tarik maka dikonversi ke satuan *Newton* (N) sebagai gayanya dan dibagi luas area. Maka nilai uji tarik masing – masing spesimen sebesar 46,834 MPa, 46,426 MPa, 48,352 MPa, 45,838 MPa, dan 46,414 MPa. Dari 5 spesimen yang di uji tarik didapatkan nilai maksimum pada spesimen yang ke-3 sebesar 37,077 MPa.

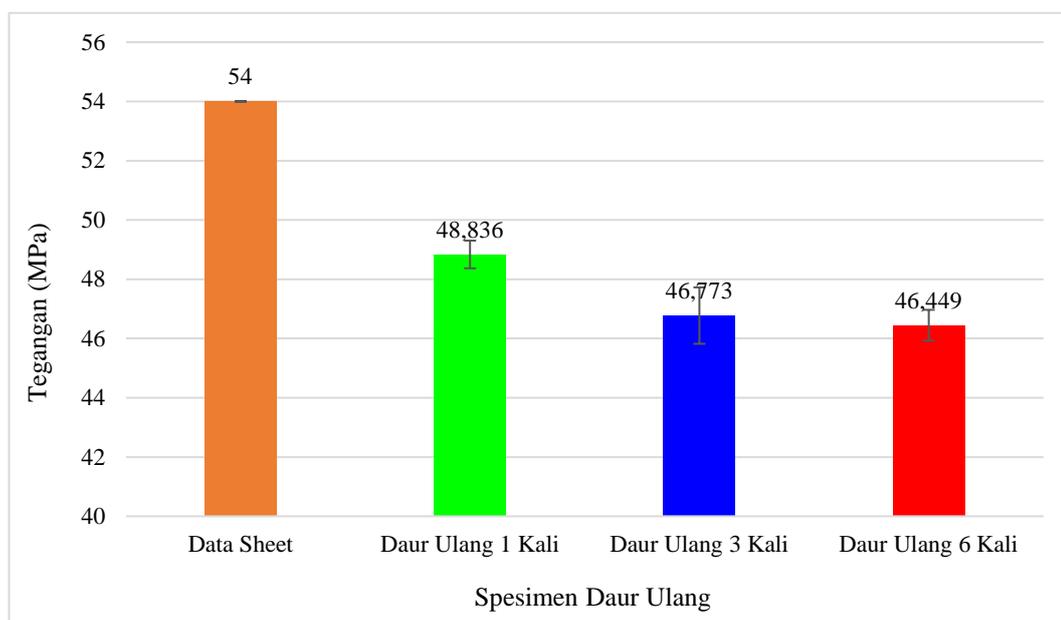
Analisis pada gambar 4.6 menjelaskan bahwa grafik uji tarik diatas yang mengenai 5 spesimen masih dalam satuan *kilo gram force* (Kgf). Untuk mendapatkan nilai kuat tarik maka dikonversi ke satuan *Newton* (N) sebagai gayanya dan dibagi luas area. Maka nilai uji tarik masing – masing spesimen sebesar 46,157 MPa, 46,179 MPa, 47,219 MPa, 45,943 MPa, dan 46,731 MPa. Dari 5 spesimen yang di uji tarik didapatkan nilai maksimum pada spesimen yang ke-3 sebesar 37,077 MPa.

### 4.3.2 Hasil Tabel dan Grafik

#### a. Tegangan

Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai tegangan material ABS daur ulang

Nilai kuat tarik $\sigma$ (MPa)			
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Spesimen 1	48,289	46,834	46,173
Spesimen 2	49,308	46,426	46,179
Spesimen 3	48,601	48,352	47,219
Spesimen 4	48,641	45,838	45,943
Spesimen 5	49,342	46,414	46,731
AVERAGE	48,836	46,773	46,449
STDEV	0,467	0,952	0,519
MAX	49,342	48,352	47,219
MIN	48,289	45,838	45,943

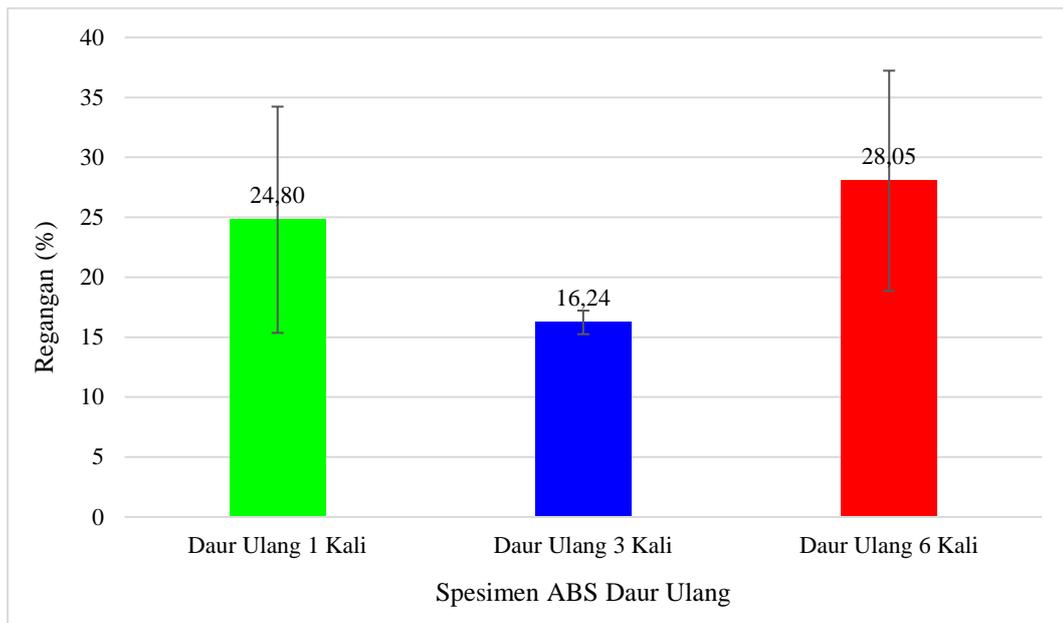


Gambar 4.7 Grafik nilai rata – rata kekuatan tarik

## b. Regangan

Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai regangan material ABS daur ulang

Nilai regangan $\epsilon$ (%)			
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Spesimen 1	15,62	17,68	16,82
Spesimen 2	26,74	15,14	20,94
Spesimen 3	14,52	16,72	39,76
Spesimen 4	31,38	15,76	32,32
Spesimen 5	35,72	15,88	30,40
AVERAGE	24,80	16,24	28,05
STDEV	9,44	0,98	9,19
MAX	35,72	17,68	39,76
MIN	14,52	15,14	16,82

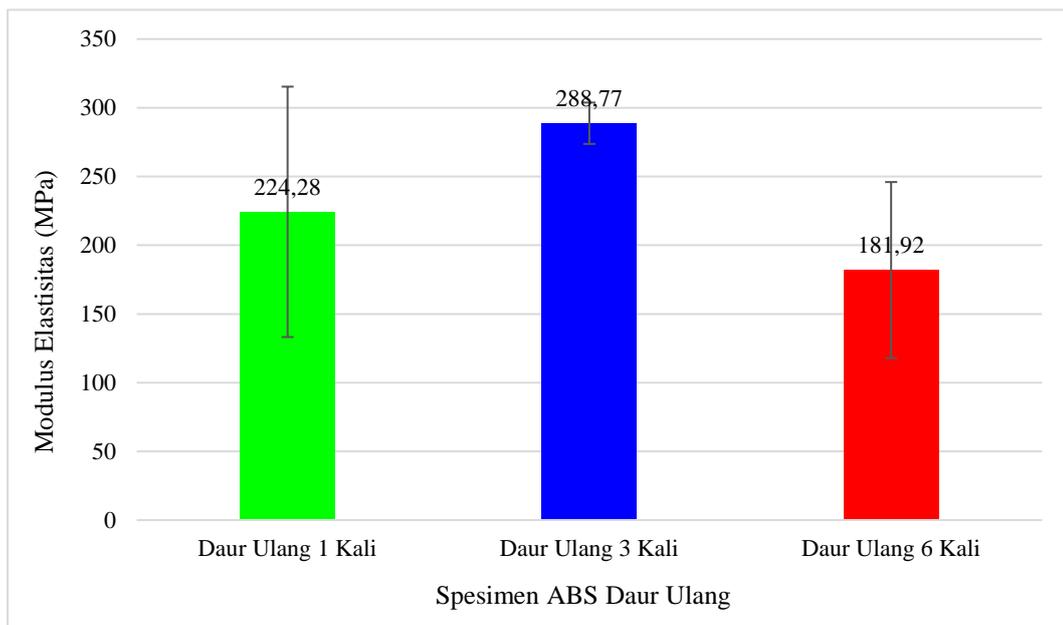


Gambar 4.8 Grafik nilai rata – rata regangan

## d. Modulus Elastisitas

Tabel 4.4 Hasil perhitungan nilai modulus elastisitas material ABS daur ulang

Nilai Modulus Elastisitas (MPa)			
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Spesimen 1	309,15	264,90	274,42
Spesimen 2	184,40	306,64	220,53
Spesimen 3	334,72	289,19	118,76
Spesimen 4	155,01	290,85	142,15
Spesimen 5	138,14	292,28	153,72
AVERAGE	224,28	288,77	181,92
STDEV	91,12	15,05	64,06
MAX	334,72	306,64	274,42
MIN	138,14	264,90	118,76



Gambar 4.9 Grafik nilai rata – rata modulus elastisitas

### 4.3.3 Pembahasan Uji Tarik

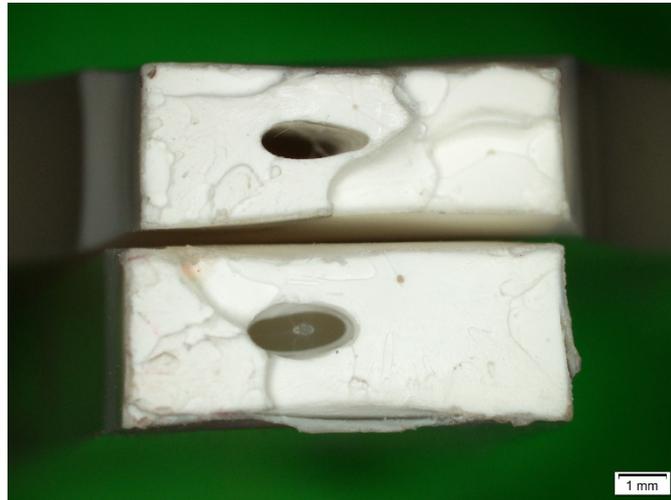
Pada Gambar 4.7 dijelaskan dari hasil data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa penurunan nilai tegangan dari material ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali terjadi penurunan disebabkan sifat material tersebut adalah *brittle* atau getas. Semakin kecil sifat keuletan material ABS daur ulang tersebut dikarenakan daur ulang yang digunakan adalah homogen dan material sudah melalui proses daur ulang sampai 6 kali. Menurut Tiwang (2008) menjelaskan bahwa semakin banyak material ABS daur ulang yang ditambahkan pada proses injeksi maka memengaruhi nilai kekuatan tariknya menjadi rendah dan secara kasat mata juga mengalami perubahan warna menjadi gelap karena sudah mengalami proses *crusher* dan injeksi berlanjutan.

Pada Gambar 4.8 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa semakin rendah nilai regangan dapat mengakibatkan spesimen daur ulang tersebut menjadi getas. perubahan terjadi pada material ABS daur ulang 6 kali yaitu mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Menurut Asror (2003) perubahan temperatur dan tekanan injeksi pada proses *injection molding* terhadap material plastik daur ulang berpengaruh signifikan dengan hasil regangan produk tersebut. Hal ini terjadi karena proses pemanasan dan tekanan pada saat injeksi (Tabel 3.10 dan Tabel 3.13) secara terus – menerus dan cenderung getas (*brittle*) kemudian pengaruh banyaknya kadar amorf pada material dapat meningkatkan kekerasan.

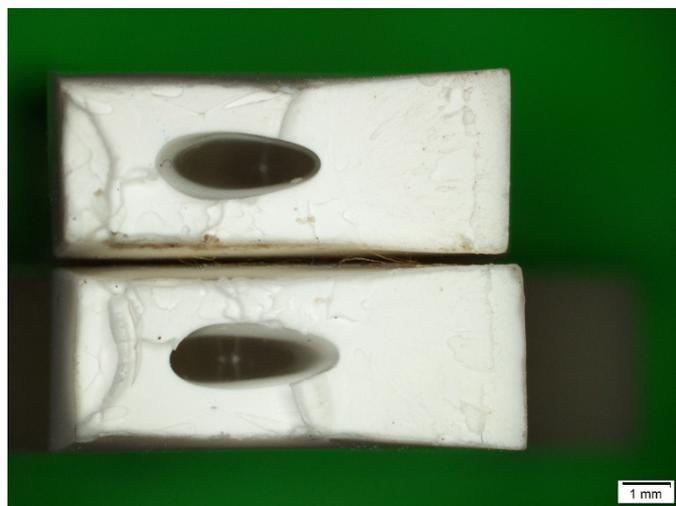
Pada Gambar 4.9 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa semakin meningkat nilai modulus elastisitasnya maka berpengaruh terhadap sifat kekakuan material tersebut. Pada daur ulang 6 kali terjadi penurunan yang drastis disebabkan adanya gelembung udara pada patahan spesimen (Gambar 4.12) dibandingkan daur ulang 1 (Gambar 4.10) dan 3 kali (Gambar 4.11) saat proses *injection molding*. Menurut Hakim (2016) penurunan modulus elastisitas disebabkan adanya *air bubble* (gelembung udara) dalam material plastik tersebut yang dipengaruhi oleh temperatur rendah, tekanan injeksi tinggi, dan pendinginan kurang pada saat proses *injection molding*.



Gambar 4.10 Patahan Uji Tarik Spesimen ABS Daur Ulang 1 Kali



Gambar 4.11 Patahan Uji Tarik Spesimen ABS Daur Ulang 3 Kali



Gambar 4.12 Patahan Uji Tarik Spesimen ABS Daur Ulang 6 Kali

#### 4.3.4 Analisis Penurunan Nilai Kuat Tarik

Tabel 4.5 Hasil penurunan kuat tarik material ABS daur ulang

Nilai Penurunan Kuat Tarik			
No	Variasi	Kuat Tarik (MPa)	Penurunan (%)
1.	ABS Daur Ulang 1 Kali	48,836	9,56 %
2.	ABS Daur Ulang 3 Kali	46,773	13,38 %
3.	ABS Daur Ulang 6 Kali	46,446	13,99 %

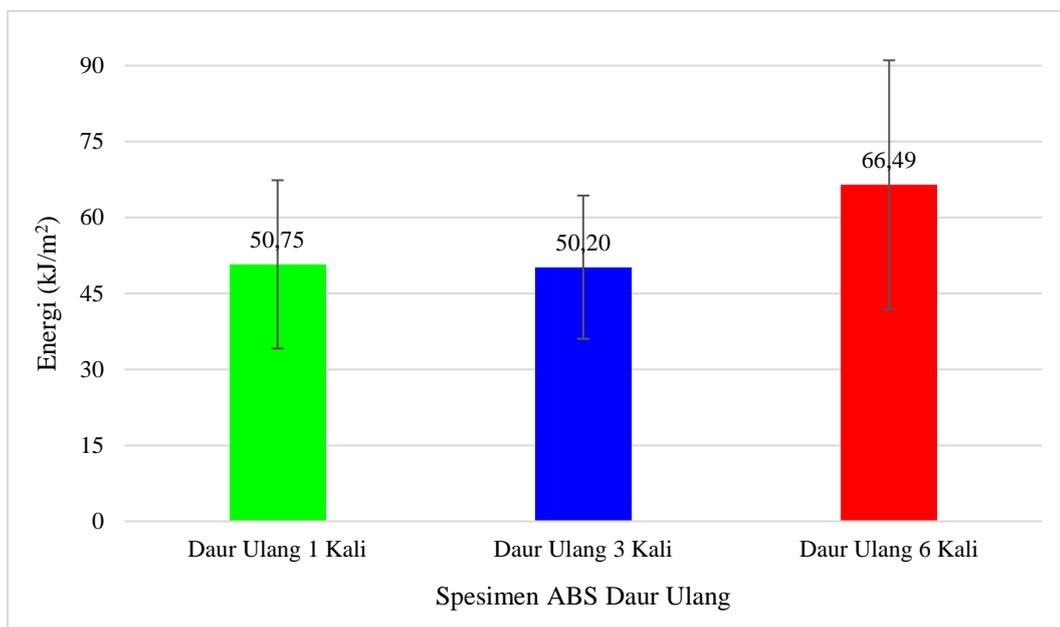
Pada Tabel 4.5 dijelaskan dari data perbandingan ketiga variasi tersebut dapat di analisis bahwa semakin tinggi nilai kekuatan tariknya maka semakin menurun juga nilai presentasenya dan sebaliknya. Pada variasi ABS daur ulang 1 kali memperoleh nilai kekuatan tarik yang mendekati dengan data sheet ABS sebesar 54 MPa (Tabel 2.2).

## 4.4 Hasil Pengujian Impak

### 4.4.1 Hasil Tabel dan Grafik

Tabel 4.6 Hasil perhitungan nilai energi material ABS daur ulang

Nilai Energi impak ( $A_k = \text{kJ/m}^2$ )				
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali	Type of failure
Spesimen 1	49,58	60,01	33,97	C
Spesimen 2	44,64	65,60	51,96	C
Spesimen 3	26,79	54,61	92,16	C
Spesimen 4	64,93	33,28	88,53	C
Spesimen 5	67,81	37,49	65,81	C
AVERAGE	50,75	50,20	66,49	
STDEV	16,62	14,15	24,57	
MAX	67,81	65,6	92,16	
MIN	26,79	33,28	33,97	

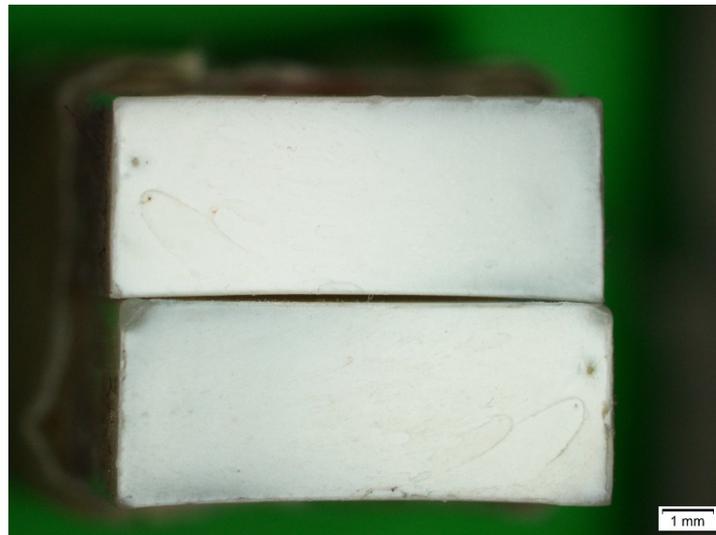


Gambar 4.13 Grafik nilai rata – rata uji impak

#### 4.4.2 Pembahasan Uji Impak

Pada Gambar 4.13 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa semakin tinggi nilai kekuatan impact yang dihasilkan pada spesimen ABS daur ulang maka semakin baik ketahanan dalam menerima beban kejut yang datang dan semakin lunak. Bentuk patahan dari spesimen ABS daur ulang tersebut dikategorikan C (*complete break*), artinya patahan yang dihasilkan adalah sempurna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.14, Gambar 4.15, dan Gambar 4.16 ketika diberi energi dari pendulum sebesar 4 joule yang disesuaikan dengan standar ISO 179-1, sehingga material plastik tersebut dikatakan cenderung getas.

Tekanan saat proses injeksi pada ABS daur ulang 3 kali (pada Tabel 3.12) memengaruhi kekuatan energi impact menjadi menurun. Hal ini dapat dihubungkan menurut Asror (2003) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa nilai kekuatan energi impact dengan standar ISO 179-1 (tanpa takikan) berpengaruh dengan tekanan injeksi pada proses pembuatan spesimen, semakin besar tekanan injeksi saat proses produksi, maka semakin meningkat amorphous yang terbentuk pada material plastik tersebut.



Gambar 4.14 Patahan Uji Impact Spesimen ABS Daur Ulang 1 Kali



Gambar 4.15 Patahan Uji Impak Spesimen ABS Daur Ulang 3 Kali



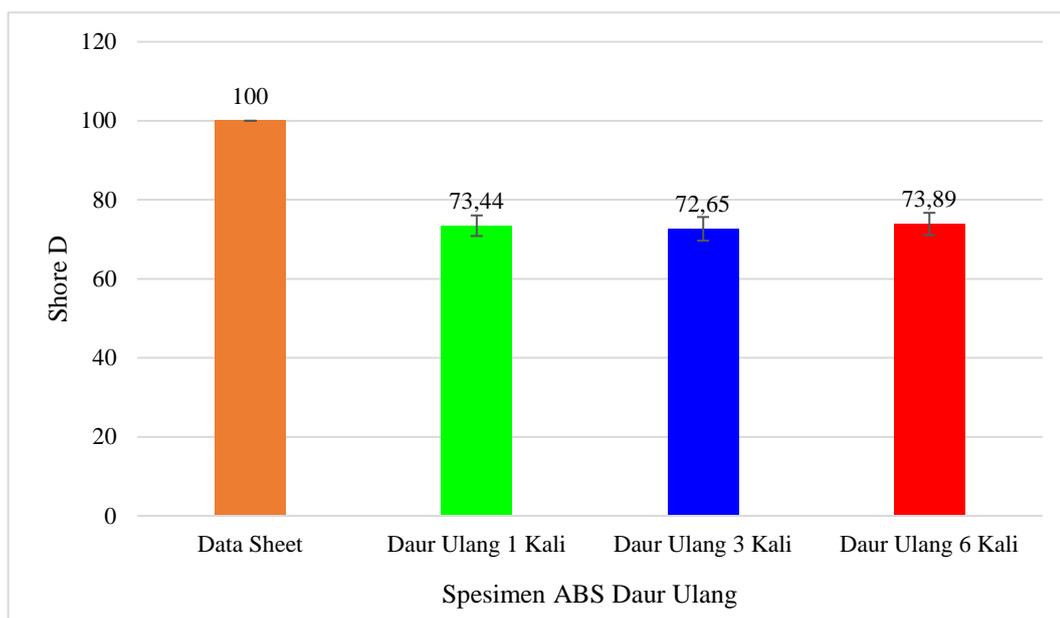
Gambar 4.16 Patahan Uji Impak Spesimen ABS Daur Ulang 6 Kali

## 4.5 Hasil Pengujian Kekerasan

### 4.5.1 Hasil Tabel dan Grafik

Tabel 4.7 Hasil perhitungan nilai kekerasan material ABS daur ulang

Nilai kekerasan Shore D			
No spesimen	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Spesimen 1	77,00	70,77	75,13
Spesimen 2	71,50	77,40	73,63
Spesimen 3	70,57	70,13	69,17
Spesimen 4	75,00	73,73	76,30
Spesimen 5	73,13	71,20	75,23
AVERAGE	73,44	72,65	73,89
STDEV	2,61	2,99	2,81
MAX	77,00	77,40	76,30
MIN	70,57	70,13	69,17



Gambar 4.17 Grafik nilai rata – rata uji kekerasan

#### 4.5.2 Pembahasan Uji Kekerasan

Pada Gambar 4.17 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa nilai kekerasan pada ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali relatif stabil disebabkan adanya penurunan temperatur pada saat proses injeksi. Pada Tabel 4.7 hasil dari ketiga variasi menunjukkan nilai rata – rata tidak berbeda jauh dengan hasil data *sheet* ABS sebesar 100 Shore D (pada lampiran). Selain itu adanya proses *crusher* dan proses injeksi secara berlanjutan mengakibatkan material ABS daur ulang 6 kali semakin getas karena mengalami pemanasan berulang – ulang.

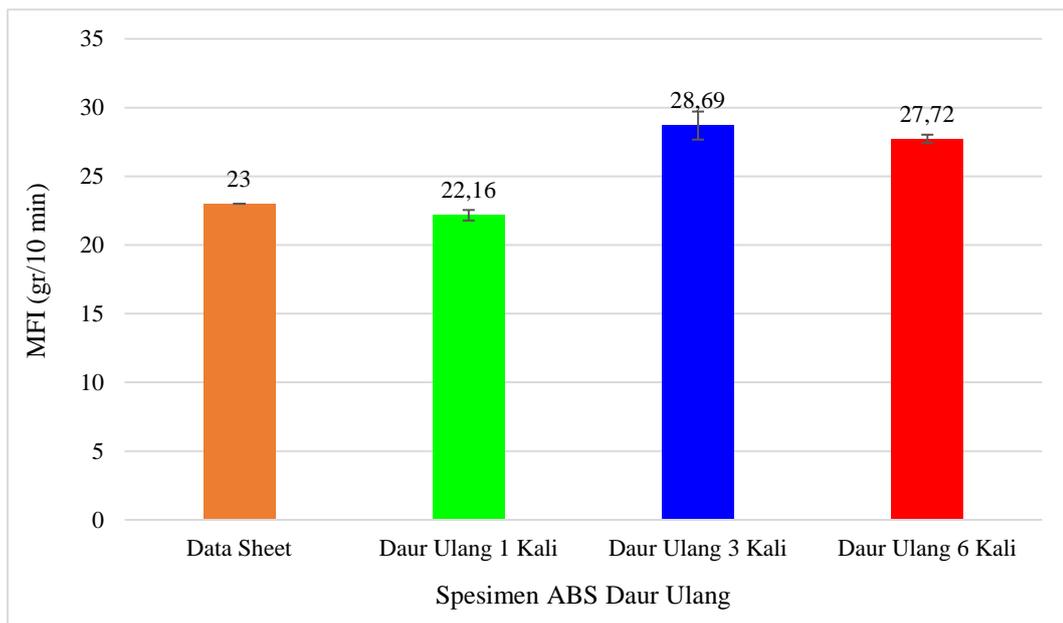
Menurut Asror (2003) menjelaskan bahwa temperatur dan tekanan injeksi dalam proses *injection molding* sangat berpengaruh penting terhadap kualitas produk tersebut. Penurunan temperatur pada material homogen akan semakin tinggi nilai kekerasan (*hardness*) dan proses plastisifikasi dengan material homogen juga memengaruhi terhadap *Melt Flow Rate* (MFR).

## 4.6 Hasil Pengujian MFI

### 4.6.1 Hasil Tabel dan Grafik

Tabel 4.8 Hasil perhitungan nilai MFI material ABS daur ulang

Nilai <i>Melt Flow Index</i> (g/10 min)			
<i>Cut off time</i>	Daur ulang 1 kali	Daur ulang 3 kali	Daur ulang 6 kali
Ekstrudat 1	21,81	27,60	28,08
Ekstrudat 2	22,11	28,87	27,53
Ekstrudat 3	22,57	29,62	27,57
AVERAGE	22,16	28,69	27,72
STDEV	0,38	1,02	0,31
MAX	22,57	29,62	28,08
MIN	21,81	27,60	27,53

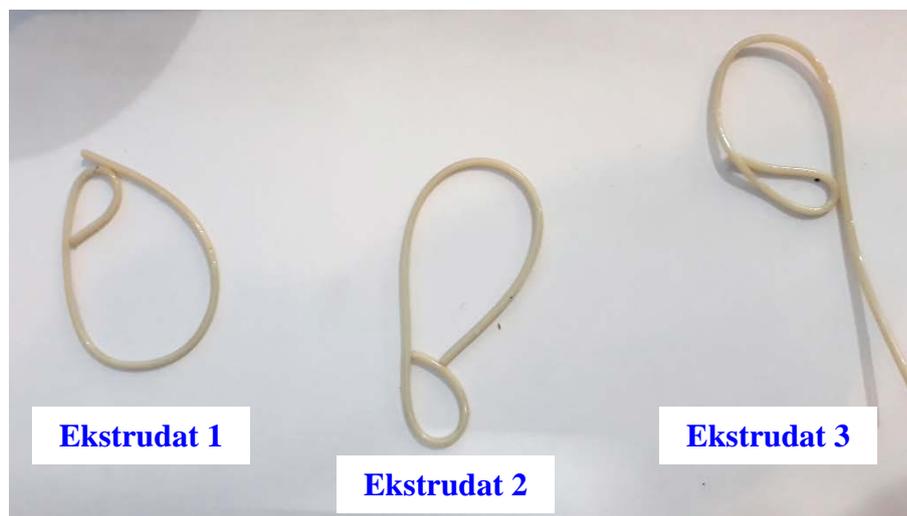


Gambar 4.18 Grafik nilai rata – rata uji MFI

#### 4.6.2 Pembahasan Uji MFI

Pada Gambar 4.18 dijelaskan dari data variasi spesimen ABS daur ulang 1 kali, 3 kali, dan 6 kali tersebut dapat di analisis bahwa semakin tinggi nilai MFI berpengaruh terhadap kekentalan aliran laju material (Gambar 4.19) saat proses injeksi. Nilai MFI yang mendekati standar data *sheet* material ABS sebesar 23 gr/10 min (Tabel 3.13) adalah ABS daur ulang 1 kali sebesar 22,16 gr/10 min. Sedangkan untuk ABS daur ulang 3 kali dan 6 kali sudah berkurang untuk aliran kekentalannya karena berpengaruh terhadap hasil produk sehingga perlu adanya pengaturan suhu dan tekanan pada proses *injection molding*. Kemudian perlunya komposisi antara material murni dan daur ulang untuk hasil ekstrudat yang kental untuk mengurangi biaya pembelian material murni yang disesuaikan dengan perbandingan tertentu dan aplikasinya.

Menurut Asror (2003) menjelaskan bahwa terjadinya penurunan viskositas aliran material dari nilai normal disebabkan adanya penurunan temperatur dan tekanan injeksi saat proses *injection molding* sehingga nilai *Melt Flow Index* (MFI) berpengaruh terhadap sifat mekanis yaitu pada ketahanan benturan dan kekerasan suatu produk.



Gambar 4.19 Ekstrudat Hasil Uji MFI