

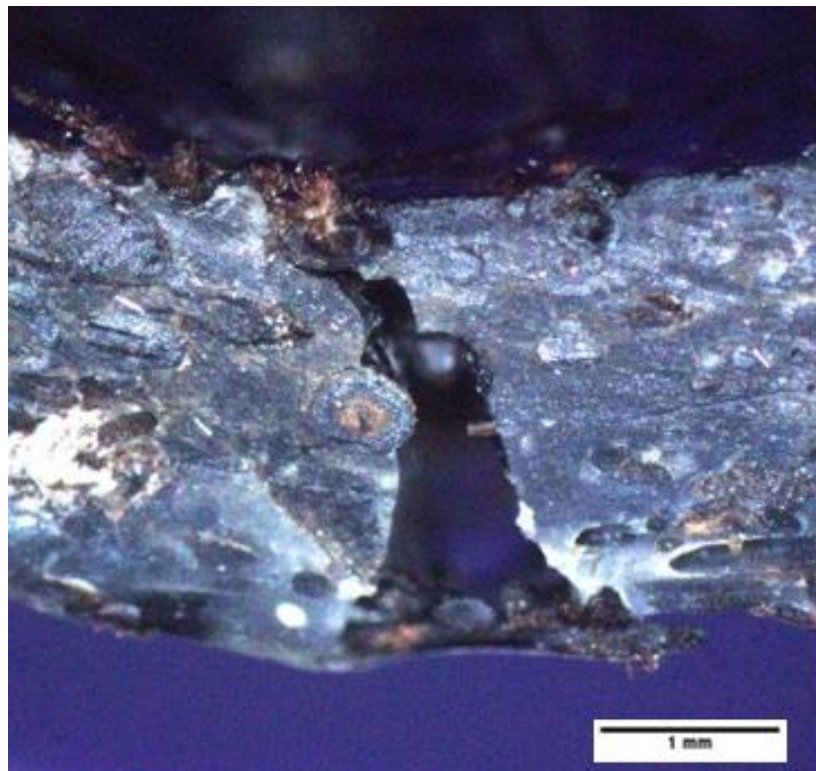
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian

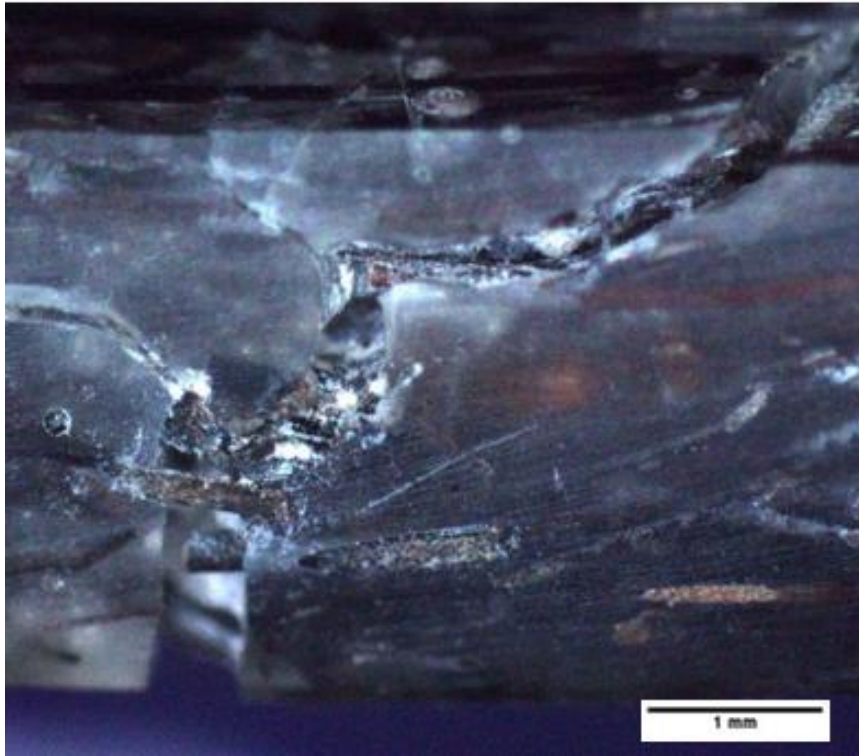
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan *bending*, regangan *bending*, modulus elastisitas *bending* yang mengacu pada ASTM D790 dan foto makro penampang patahan dari material komposit serat ijuk acak/serat gelas searah bermatrik *polyester* pada balok panjang L/d 32 dan L/d 40. Selain pengujian *bending*, pengujian lain yang dilakukan adalah pengujian impak *Izod* untuk mengetahui serapan energi dan ketangguhan impak yang mengacu pada ASTM D4812.

### 4.2 Hasil Pengamatan Foto Makro

Pengamatan foto makro ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik penampang patahan pada pengujian *bending* maupun impak. Hasil pengamatan foto makro pengujian *bending* disajikan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



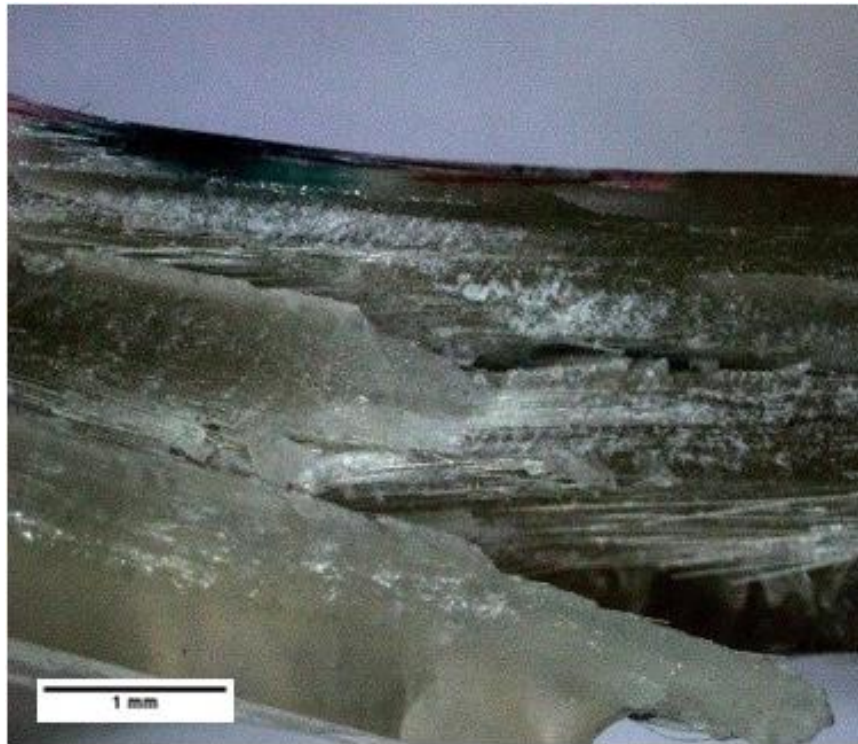
(a) 0 Lapis serat gelas L/d = 40



(b) 1 Lapis serat gelas  $L/d = 32$



(c) 1 Lapis serat gelas  $L/d = 40$



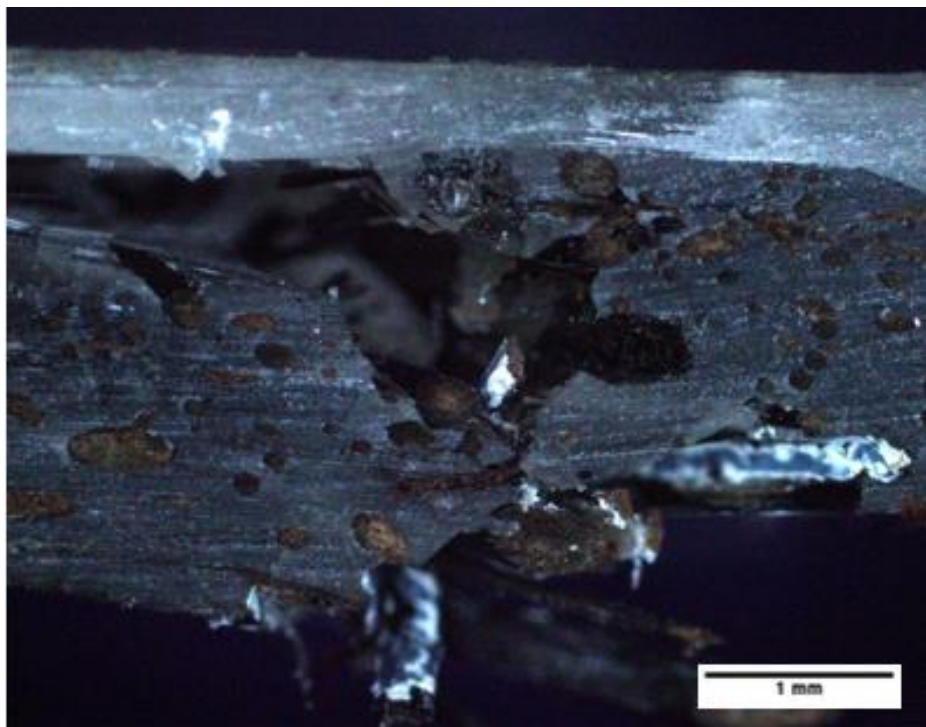
(d) 8 Lapis serat gelas  $L/d = 32$

**Gambar 4.1.** Foto makro penampang patahan pengujian *bending*

Gambar 4.1. menunjukkan karakteristik permukaan patahan pada uji bending dengan panjang  $L/d = 32$  dan 40. Patahan yang dialami pada spesimen pengujian *bending* mengalami retak pada bagian permukaan bawah, hal ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik pada komposit ini lebih rendah daripada kekuatan tekannya. Gambar (a) dan (c) patahan yang mendominasi adalah patah tunggal, hal ini dikarenakan serat putus akibat beban tarik namun matriks tidak mampu menerima lagi beban tambahan, patahan yang terjadi pada satu bidang kontak. Gambar (b) dan (d) spesimen mengalami patah banyak dikarenakan jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interface* masih baik, resin mampu mendukung beban yang diterima dengan mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Gambar (d) juga mengalami delaminasi yang terjadi akibat terlepasnya lapisan serat gelas terhadap matrik yang disebabkan gaya adhesi antara penguat dan matrik yang lemah.



(a) 8 lapis serat gelas



(b) 2 lapis serat gelas

**Gambar 4.2.** Foto makro pengujian impak

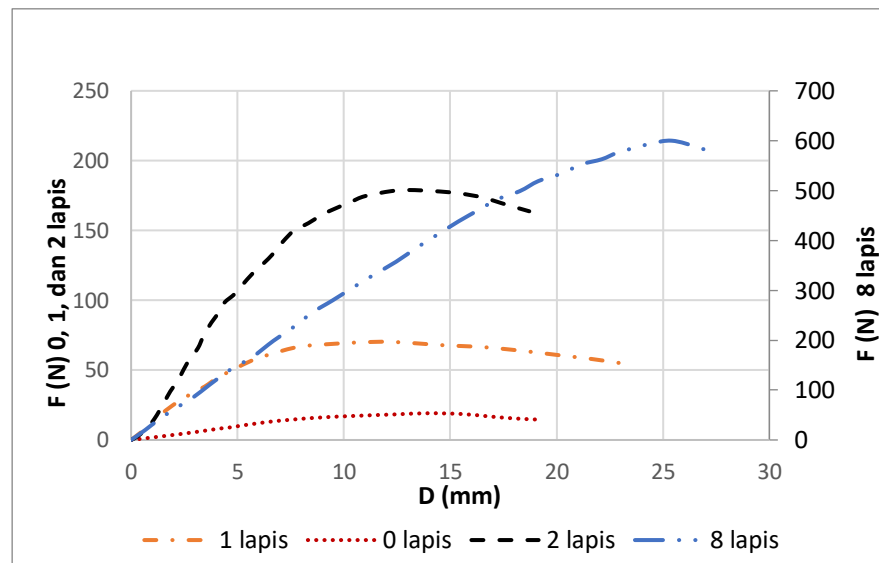
Gambar 4.2 merupakan spesimen komposit 8 lapis serat gelas dan 2 lapis serat gelas. Pada gambar (a) mengalami patah banyak hal ini terjadi karena beban yang diberikan mampu didistribusikan oleh matrik di sekitarnya, apabila matriks mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban keserat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak sehingga patahan yang terjadi lebih dari satu bidang. Begitu juga dengan gambar (b) yang mengalami patah banyak dikarenakan jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan resin mampu mendukung beban yang diterima dengan mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya.

### 4.3 Pengujian *Bending*

#### 4.3.1 Hubungan Gaya Lintang (F) dengan Defleksi (D)

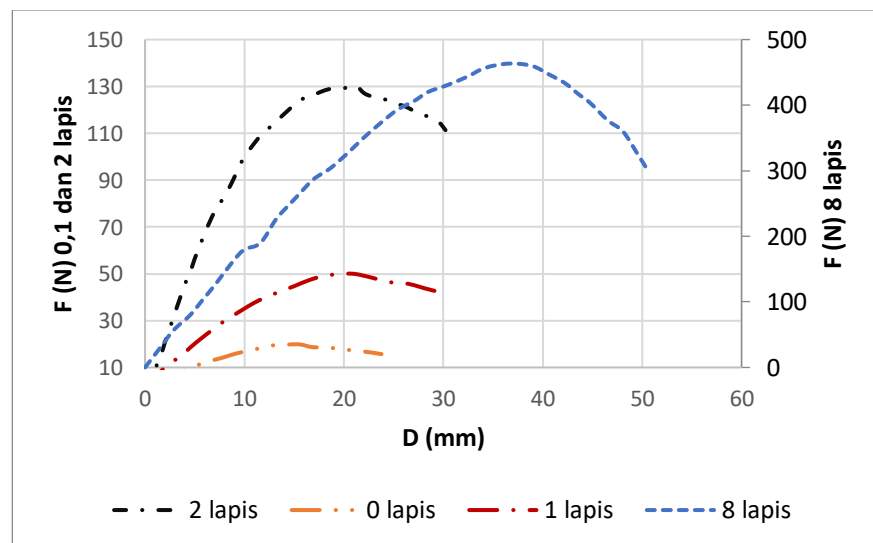
Grafik hubungan F-D spesimen variasi panjang  $L/d = 32$  dapat dilihat pada gambar 4.3., sedangkan spesimen variasi panjang  $L/d = 40$  dapat dilihat pada gambar 4.4.

##### 1. Variasi panjang $L/d = 32$



**Gambar 4.3.** F-D pada panjang  $L/d = 32$

##### 2. Variasi panjang $L/d = 40$



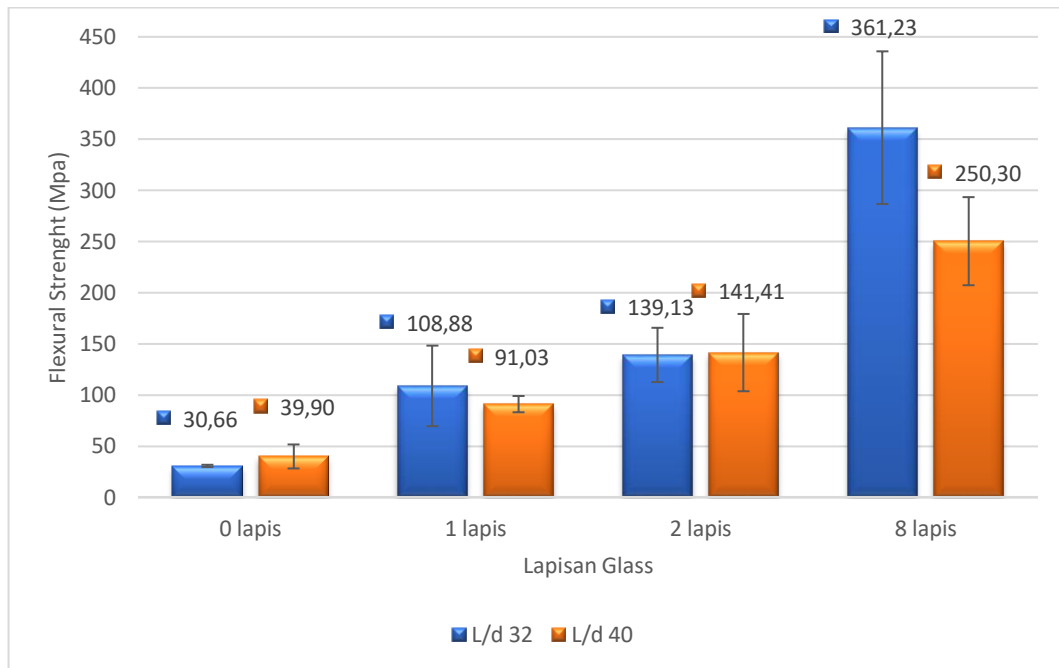
**Gambar 4.4.** F-D pada panjang  $L/d = 40$

### 4.3.2 Kekuatan *Bending* ( $\sigma_f$ )

Setelah melakukan pengujian *bending*, didapatkan nilai rata – rata kekuatan *bending* material komposit yang dapat dilihat dalam Tabel 4.1. Sedangkan grafik hubungan antara lapisan serat gelas terhadap kekuatan *bending* ditunjukkan pada Gambar 4.5.

**Tabel 4.1.** Nilai rata-rata kekuatan *bending*

L/d	No. Spesimen	Kekuatan Bending $\sigma_f$ (MPa)			
		Lapisan serat gelas			
		0 Lapis	1 Lapis	2 Lapis	8 Lapis
32	1	31,78	103,80	145,14	469,5
	2	29,60	95,52	175,12	285,45
	3	30,60	71,87	102,70	319,97
	4	-	164,32	144,60	326,51
	5	-	-	128,10	404,72
	Max	31,78	164,32	175,12	469,50
	Min	29,60	71,87	102,70	285,45
	Rata-rata	30,66	108,87	139,13	361,23
40	1	35,42	93,66	107,78	240,76
	2	31,06	80,20	145,40	274,60
	3	53,22	91,14	119,54	291,78
	4	-	99,13	192,93	194,08
	5	-	-	-	-
	Max	53,22	99,13	192,93	291,78
	Min	31,06	80,20	107,78	194,08
	Rata-rata	39,90	91,03	141,41	250,30



**Gambar 4.5.** Hubungan antara lapisan serat gelas terhadap kekuatan *bending*

Gambar 4.5. komposit *hybrid* dengan panjang  $L/d = 32$  menunjukkan nilai rata-rata kekuatan *bending* terendah terjadi pada lapisan 0 serat gelas dengan nilai 30,66 MPa. Kemudian untuk kekuatan *bending* dengan nilai rata-rata tertinggi terjadi pada lapisan 8 serat gelas dengan nilai 361,23 MPa. Secara keseluruhan untuk  $L/d = 32$  nilai kekuatan *bending* mengalami kenaikan seiring bertambahnya volume serat gelas. Pada komposit *hybrid* dengan  $L/d = 40$  menunjukkan nilai rata-rata kekuatan *bending* terendah terjadi pada lapisan 0 serat gelas dengan nilai 30,66 MPa sedangkan untuk rata-rata nilai tertinggi yaitu pada lapisan 8 serat gelas dengan nilai 250,30 MPa. Secara keseluruhan baik pada  $L/d = 32$  atau  $L/d = 40$ , nilai rata-rata kekuatan *bending* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya volume serat gelas.

Kemudian yang perlu diketahui bahwa pada  $L/d = 32$  dengan 8 lapis serat gelas dan  $L/d = 32$  dengan 1 lapis serat gelas memiliki nilai rata-rata kekuatan *bending* lebih tinggi dibanding dengan  $L/d = 40$ , kecuali untuk variasi 0 lapis dan 2 lapis serat gelas, yang nilai rata-rata kekuatan *bending*  $L/d = 40$  justru lebih tinggi



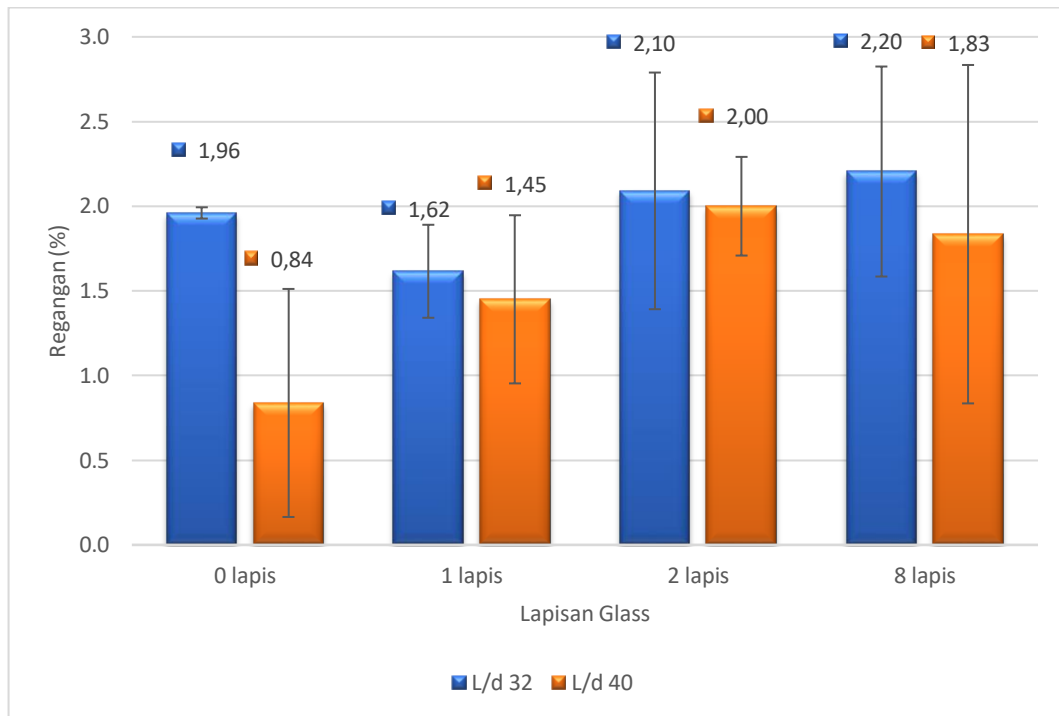
daripada  $L/d = 32$  dengan nilai 39,90 MPa dan 141,41 MPa. Hasil pengujian bending bermatrik *polyester* tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sakti dkk, (2018) yang meneliti tentang pengaruh fraksi volume berpenguat serat *E-Glass* dan serat ijuk terhadap kekuatan tarik dengan matrik *polyester*. Pada fraksi volume serat 10:35 memperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 129,02 MPa, sehingga untuk matrik *polyester* sangat cocok untuk diterapkan pada komponen yang kemungkinan mendapatkan beban *bending* yang lebih dominan. Sedangkan penelitian Riyanto dan Arif (2018) yang meneliti tentang kekuatan bending berpenguat serat bambu acak dan serat *E-Glass* anyam dengan matrik *polyester*. Pada penelitian tersebut nilai rata-rata tertinggi yaitu pada fraksi volume 40 % sebesar 102 MPa. Dengan demikian serat ijuk memiliki nilai kekuatan *bending* lebih tinggi dibanding dengan serat bambu.

#### 4.3.3 Regangan *Bending* ( $\epsilon$ )

Nilai rata – rata regangan *bending* material komposit dapat dilihat dalam Tabel 4.2. Sedangkan grafik hubungan antara lapisan serat gelas terhadap regangan *bending* ditunjukkan pada Gambar 4.6.

**Tabel 4.2.** Nilai rata-rata Regangan *bending*

No. Spesimen	Nilai Regangan $\epsilon$ (%)							
	0 lapis gelas		1 lapis gelas		2 Lapis gelas		8 lapis gelas	
	L/d 32	L/d 40	L/d 32	L/d 40	L/d 32	L/d 40	L/d 32	L/d 40
1	1,92	1,60	1,60	1,90	3,10	2,05	1,72	1,20
2	2,00	0,43	2,04	1,10	2,40	1,81	2,00	1,40
3	2,00	0,50	1,30	0,90	1,20	2,40	2,70	3,32
4	-	-	1,56	1,96	1,80	1,75	1,61	1,50
5	-	-	-	-	2,03	-	3,04	-
Rata-rata	1,96	0,84	1,62	1,45	2,10	2,00	2,20	1,83
STDEV	0,03	0,65	0,31	0,60	0,70	0,30	0,62	1,00
Max	2,00	1,60	2,04	1,96	3,10	2,40	3,04	3,32
Min	1,92	0,43	1,30	0,90	1,20	1,75	1,61	1,20



**Gambar 4.6.** Hubungan antara lapisan serat gelas terhadap regangan *bending*

Dari Gambar 4.4. menunjukkan bahwa panjang  $L/d = 32$  memiliki nilai rata-rata regangan *bending* yang lebih tinggi dibandingkan dengan panjang  $L/d = 40$ , kecuali pada variasi 2 lapis serat gelas yang memiliki nilai sama yaitu 2 %.

Pada panjang  $L/d = 32$  dengan 8 lapis serat gelas memiliki nilai rata-rata regangan *bending* sebesar 2,20 % dan untuk 1 lapis serat gelas memiliki nilai rata-rata regangan *bending* terendah yaitu sebesar 1,61 %.

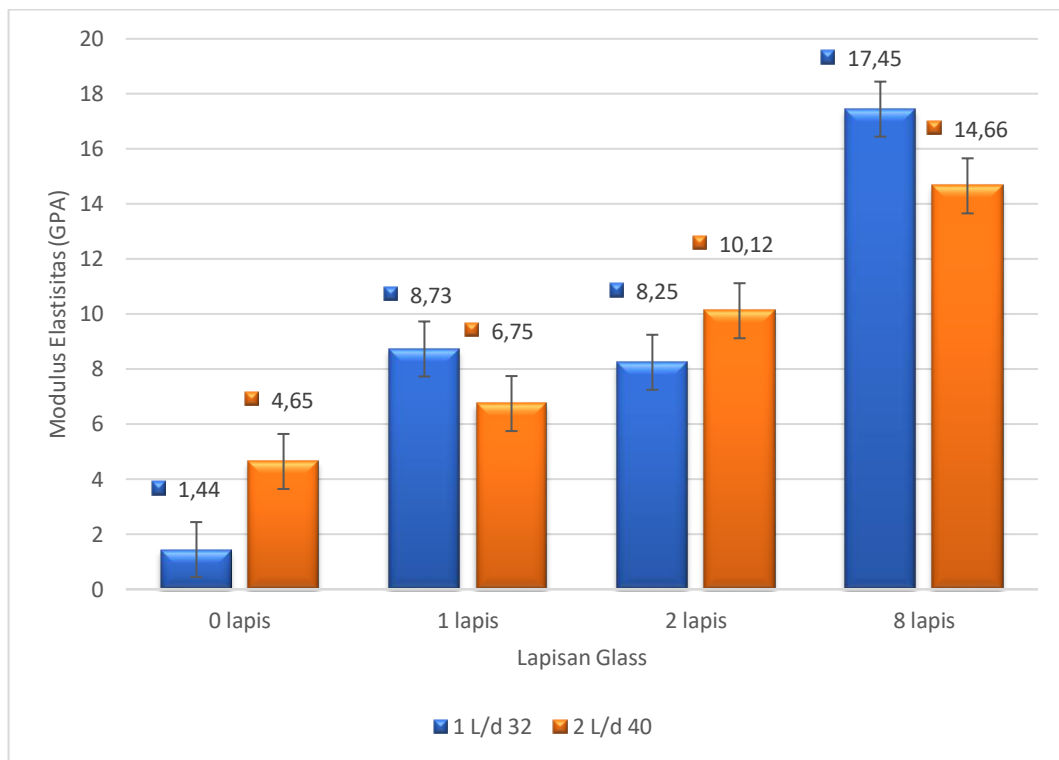
Pada panjang  $L/d = 40$  nilai rata-rata regangan *bending* terendah dimiliki oleh 0 lapis serat gelas yaitu sebesar 0,8 % dan untuk 1 dan 2 lapis serat gelas mengalami kenaikan yaitu sebesar 1,45 % dan 2,00 % dan turun kembali pada 8 lapis serat gelas yaitu sebesar 1,83 %.

#### 4.3.4 Modulus Elastisitas (E)

Nilai rata – rata modulus elastisitas bending material komposit dapat dilihat dalam Tabel 4.3. Sedangkan grafik hubungan antara lapisan serat gelas terhadap modulus elastisitas ditunjukkan pada Gambar 4.7.

**Tabel 4.3.** Nilai rata-rata Modulus Elastisitas

No. Spesimen	Nilai Modulus Elastisitas E (GPa)							
	0 lapis gelas		1 lapis gelas		2 lapis gelas		8 lapis gelas	
	L/d 32	L/d 40	L/d 32	L/d 40	L/d 32	L/d 40	L/d 32	L/d 40
1	1,31	2,65	6,45	6,89	7,24	6,54	27,3	20,28
2	1,71	3,40	5,62	9,50	10,55	11,22	14,31	18,75
3	1,31	7,88	4,71	5,85	7,43	8,30	12,04	6,91
4	-	-	18,2	5,02	8,71	14,42	20,27	12,70
5	-	-	-	-	7,31	-	13,31	-
Rata - rata	1,44	4,65	8,73	6,75	8,25	10,12	17,45	14,66
STDEV	0,23	2,83	6,32	1,95	1,42	3,46	6,35	6,11
Max	1,71	7,88	18,2	9,50	10,55	14,42	27,3	20,28
Min	1,31	2,65	4,71	5,02	7,24	6,54	12,04	6,91



**Gambar 4.7.** Hubungan antara lapisan serat gelas terhadap modulus elastisitas

Dari Gambar 4.7 dapat diketahui pada panjang  $L/d = 32$  nilai rata-rata modulus elastisitas terendah dimiliki oleh 0 lapis serat gelas yaitu sebesar 1,44 GPa. Kemudian nilai rata-rata modulus elastisitas meningkat pada variasi 1 lapis serat gelas sebesar 8,73 dan pada dan pada 8 lapis serat gelas diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 17,45 GPa. Namun pada variasi 2 lapis serat gelas nilai rata-rata modulus elastisitas menurun, yaitu sebesar 8,25 GPa.

Pada panjang  $L/d = 40$  nilai rata-rata modulus elastisitas terendah dimiliki oleh 0 lapis serat gelas yaitu sebesar 4,65 GPa dan nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi dimiliki oleh 8 lapis serat gelas yaitu sebesar 14,66 GPa. Kemudian nilai rata-rata modulus elastisitas meningkat seiring dengan penambahan volume serat gelas.

#### 4.4 Pengujian Impak

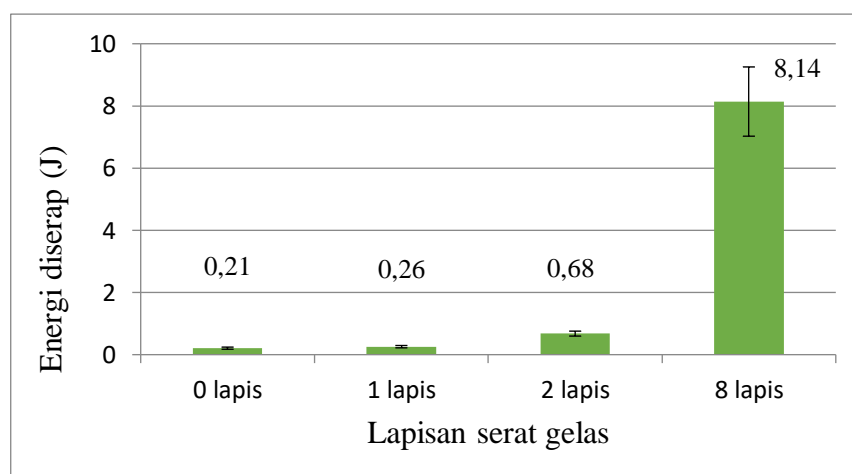
Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui nilai serapan energi dan ketangguhan impak material komposit serat ijuk acak/serat gelas searah bermatrik *polyester*. Pada uji impak kali ini, posisi menguji spesimen dilakukan pada permukaan depan.

##### 4.4.1 Serapan Energi (W)

Hasil pengujian impak menghasilkan nilai rata-rata serapan energi yang dapat dilihat pada tabel 4.4. Sedangkan grafik serapan energi dapat dilihat pada gambar 4.7.

**Tabel 4.4** Nilai Rata-rata Serapan Energi

Serapan Energi (J)				
No Sps.	0 Lapis	1 Lapis	2 Lapis	8 Lapis
1	0,19	0,31	0,68	7,00
2	0,17	0,28	0,55	7,60
3	0,26	0,25	0,76	9,80
4	0,19	0,21	0,70	8,70
5	0,22	0,24	0,70	7,60
Rata-rata	0,21	0,26	0,68	8,14
Min	0,17	0,21	1,68	7,00
Max	0,26	0,24	0,76	9,80
SD	0,035	0,038	0,080	1,11



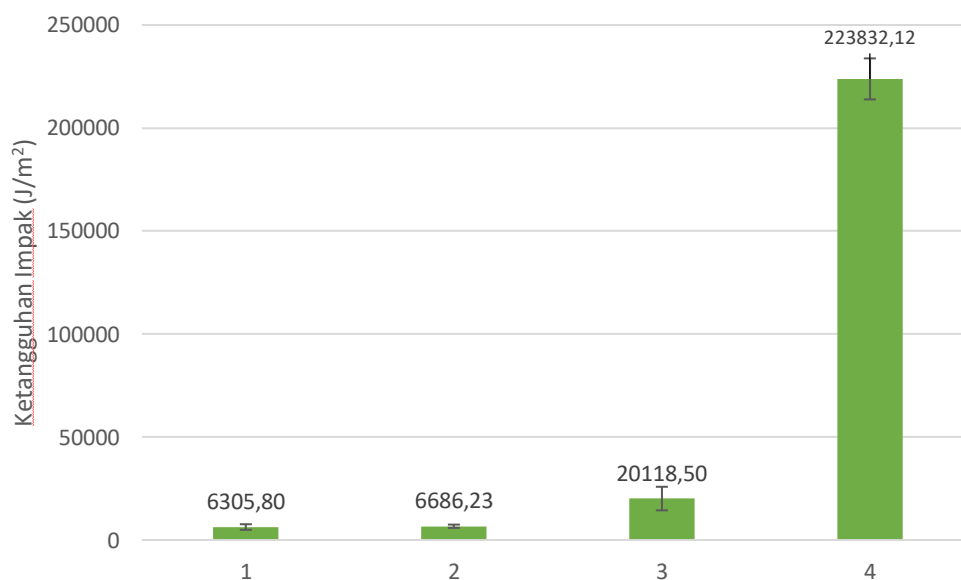
**Gambar 4.8.** Grafik Serapan Energi

#### 4.4.2 Ketangguhan Impak (Is)

Setelah melakukan pengujian impact, diperoleh nilai rata – rata ketangguhan impact material komposit yang dapat dilihat dalam Tabel 4.5. Sedangkan grafik hubungan antara lapisan serat gelas terhadap ketangguhan impact ditunjukkan pada Gambar 4.8.

**Tabel 4.5.** Nilai Rata-rata Ketangguhan Impact

Nilai Ketangguhan Impact (J/m <sup>2</sup> )				
No Sps	0 Lapis	1 Lapis	2 Lapis	8 Lapis
1	5918,51	7443,16	19354,95	210828,13
2	5057,98	6769,30	14894,93	215761,98
3	8225,85	7270,91	29916,49	228083,08
4	5170,01	5427,79	18156,32	233449,25
5	7156,68	6520,00	18269,75	231038,15
Rata-rata	6305,80	6686,23	20118,49	223832,12
Max	8225,85	7443,16	29916,49	233449,25
Min	5057,98	5427,79	14894,93	210828,13
SD	1360,85	795,77	5725,76	9958,88



**Gambar 4.9.** Hubungan antara lapisan serat gelas terhadap ketangguhan impact

Gambar 4.9. menunjukkan hasil nilai rata-rata ketangguhan impact tertinggi pada variasi lapisan serat gelas 8 lapis sebesar  $223832,12 \text{ J/m}^2$ , sedangkan nilai rata-rata ketangguhan impact terendah pada variasi lapisan 0 lapis sebesar  $6305,80 \text{ J/m}^2$ . Nilai rata-rata ketangguhan impact dipengaruhi oleh luas penampang dan energi yang diserap oleh spesimen. Selain itu, jumlah lapisan serat gelas juga dapat meningkatkan ketahanan material komposit terhadap beban kejut dari pendulum. Hasil untuk 2 lapis serat gelas bermatrik *polyester* di atas memperoleh nilai rata-rata  $62347,26 \text{ J/m}^2$ , hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hamzah dkk, (2018) yang meneliti tentang ketangguhan impact variasi 2 lapis serat gelas bermatrik *epoxy* dengan nilai rata-rata ketangguhan impact sebesar  $60428 \text{ J/m}^2$ .