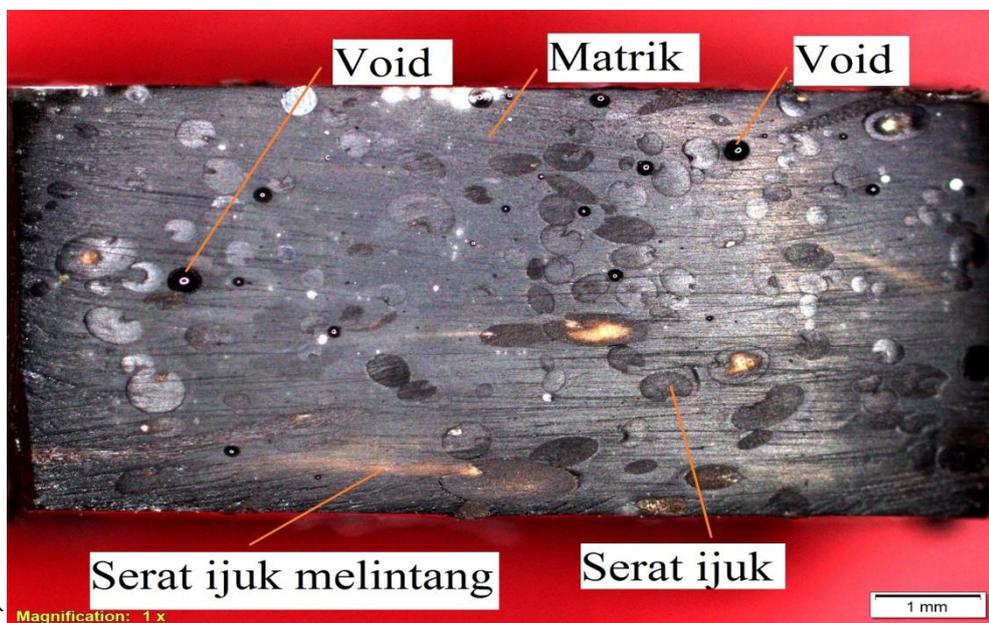


BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

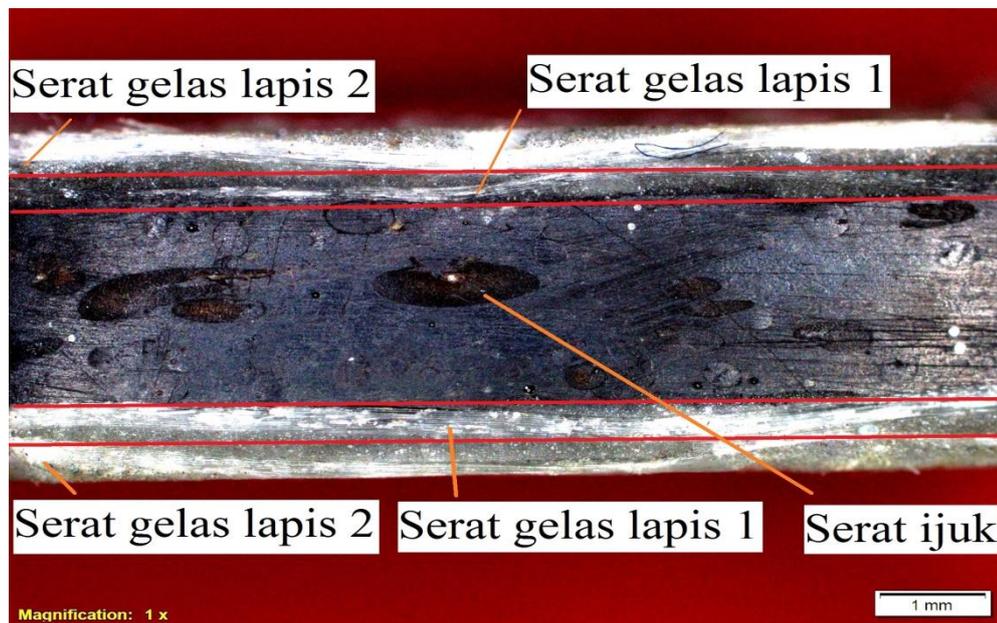
4.1. Pengamatan Distribusi Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, dan diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi. Dalam penelitian ini menggunakan komposit *hybrid* dimana merupakan komposit gabungan antara tipe serat anyam dan serat acak (random). Tipe ini digunakan supaya dapat menggantikan kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan nya. Distribusi serat dapat dilihat pada gambar 4.1.

Pada gambar terlihat bahwa serat ijuk terdistribusi secara acak kesegala arah dan Pada spesimen terdapat *void*, hal ini terjadi karena adanya gelembung udara yang terjebak diantara matrik kemudian pada saat penekanan gelembung udara tidak pecah.



(a)



(b)

Gambar 4.1. Distribusi serat pada sepanjang spesimen uji (a). spesimen tanpa lapis serat gelas; (b) spesimen lapis 4 serat gelas.

4.2. Hasil Pengujian Tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tekan, regangan tekan dan modulus elastisitas tekan material komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas anyam bermatrik epoksi.

4.2.1 Kekuatan tekan

Table 4.1 menunjukkan hasil pembebanan maksimal dari spesimen uji tekan dengan luasan penampang yang bervariasi. Selanjutnya dengan menggunakan pers. 2.6 maka tegangan untuk masing-masing variasi lapisan gelas dapat diketahui.

Contoh perhitungan kekuatan tekan variasi lapisan gelas tanpa lapis untuk spesimen 1 yaitu :

$$\sigma = \frac{950 \text{ N}}{53.55 \text{ mm}^2} = 17.74 \text{ Mpa}$$

Adapun rincian semua perhitungan kekuatan tekan untuk semua variasi lapisan gelas dan spesimen ada dilampiran.

Tabel 4.1. Ukuran spesimen uji tekan

variasi	spesimen	b (mm)	t (mm)	l (mm)	A (mm)
Tanpa lapis	1	10.5	5.1	149.3	53.55
	2	10.6	5.5	148.7	58.3
	3	10.6	5.6	149.6	59.36
	4	10.4	5.6	147.7	58.24
	5	10.3	5.1	149.2	52.53
lapis 1	1	10.1	5	149.3	50.5
	2	10.5	5	149.2	52.5
	3	10.4	5	149	52
	4	10.4	5.1	149.2	53.04
	5	10.2	5.2	149.2	53.04
lapis 2	1	10.6	4.3	149.8	45.58
	2	10.5	4.5	149.8	47.25
	3	10.3	4.1	150	42.23
	4	10.7	4.4	150	47.08
	5	10.6	4	150	42.4
Lapis 3	1	10.1	4.4	149.5	44.44
	2	10.1	4.1	149.3	41.41
	3	10.1	4.4	149.6	44.44
	4	10.2	4.4	149.3	44.88
	5	10.2	4.4	149.4	44.88
Lapis 4	1	10.1	3.6	148.2	36.36
	2	10.1	3.7	148.4	37.37
	3	10.1	3.5	148.3	35.35
	4	10.1	3.7	148.4	37.37
	5	10	3.6	148.2	36

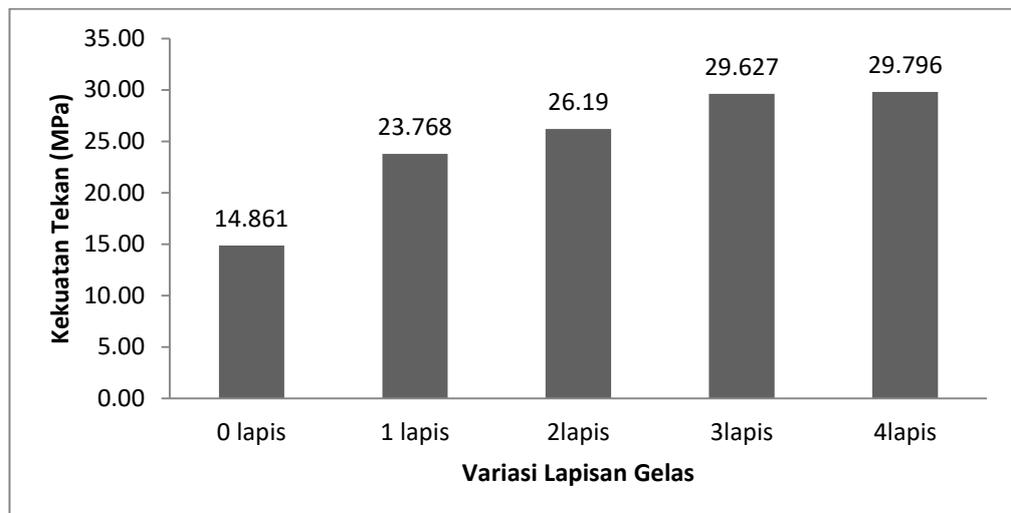
Tabel 4.2. Pembebanan maksimal spesimen tekan (N)

No.spes	tanpa lapis	lapis 1	lapis 2	lapis 3	lapis 4
1	950	1002	1239	1098	1532
2	625	1338	1076	779	895
3	510	1260	1215	1418	827
4	970	1200	1265	1708	1471
5	1082	1414	1075	1555	725
Rata-rata	827,4	1242,8	1174	1311,6	1090

Tabel 4.3. Kekuatan tekan (MPa)

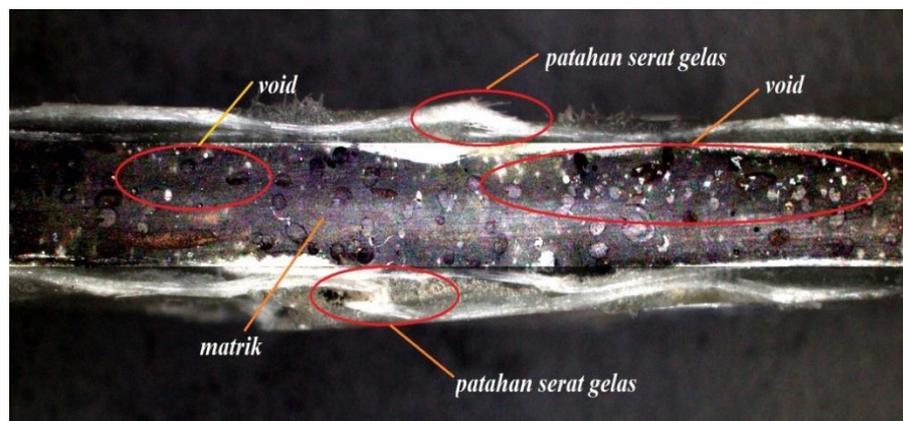
No.spes	tanpa lapis	lapis 1	lapis 2	lapis 3	lapis 4
1	17,740	19,842	27,183	24,707	42,134
2	10,720	25,486	22,772	18,812	23,95
3	8,592	24,231	28,771	31,908	23,395
4	16,655	22,624	26,869	38,057	39,363
5	20,598	26,659	25,354	34,648	20,139
Rata-rata	14,861	23,768	26,19	29,627	29,796
SD	5,0217	2,6574	2,2632	7,7886	10,151
Min	8,592	19,842	22,772	18,812	20,139
Max	20,598	26,659	28,771	38,057	42,134

Table 4.3 menunjukkan nilai kekuatan tekan untuk variasi lapisan gelas yang berbeda. Dari table 4.3 selanjutnya dibuat grafik hubungan antara variasi lapisan gelas dengan kekuatan tekan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2

**Gambar 4.2.** pengaruh lapisan serat gelas terhadap kekuatan tekan

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya lapisan serat gelas meningkatkan nilai kekuatan tekan. Nilai kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada spesimen lapis 4 yaitu sebesar 29,796 MPa dan nilai kekuatan tekan terendah diperoleh pada variasi lapisan tanpa gelas yaitu sebesar 14,861 MPa, hal tersebut membuktikan bahwa variasi lapisan serat gelas mampu meningkatkan kekuatan tekan pada komposit *hybrid*.

Kenaikan kekuatan tekan pada lapis 4 tidak terlalu signifikan dibandingkan pada lapis 3, dikarenakan pada variasi lapis 4 matrik tidak mampu mengisi keseluruhan pada bagian serat gelas sehingga serat gelas lebih dahulu mengalami kerusakan sebelum menerima beban tekan maksimal selain itu keberadaan *void* pada area patahan juga mempengaruhi kekuatan tekan. Dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Spesimen tekan lapis gelas 4

4.2.2 Regangan tekan

Nilai regangan tekan dapat diperoleh dari dua variabel yaitu panjang awal (L_0) dan perubahan panjang (ΔL). Kedua variabel tersebut dimasukkan pada pers. 2.7 kemudian diperoleh hasil seperti dalam tabel 4.3.

Contoh perhitungan regangan tekan variasi lapisan gelas tanpa lapis spesimen satu, yaitu :

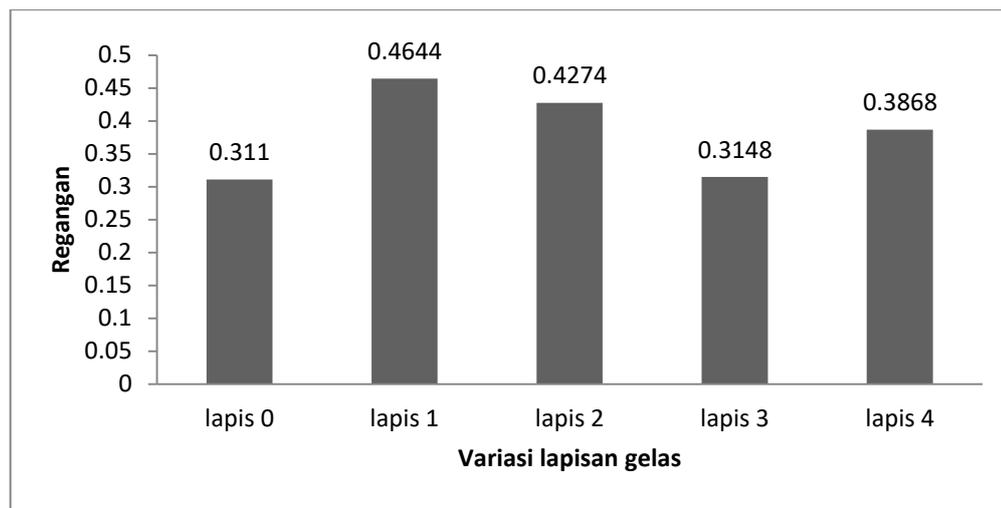
$$\varepsilon = \frac{3,18 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} = 31,8 \text{ mm/mm}$$

Adapun semua rincian regangan tekan untuk variasi lapisan gelas dan spesimen ada dilampiran.

Tabel 4.4. Regangan tekan (mm/mm)

No.spes	tanpa lapis	lapis 1	lapis 2	lapis 3	lapis 4
1	0,318	0,46	0,46	0,32	0,425
2	0,223	0,44	0,368	0,228	0,42
3	0,195	0,48	0,429	0,44	0,3
4	0,321	0,402	0,42	0,12	0,56
5	0,498	0,54	0,46	0,466	0,229
Rata-rata	0,311	0,464	0,427	0,315	0,3868
SD	0,119	0,051	0,038	0,145	0,127
Min	0,195	0,402	0,368	0,12	0,229
Max	0,498	0,54	0,46	0,466	0,56

Dari tabel 4.4 selanjutnya dibuat grafik pengaruh lapisan serat gelas terhadap regangan tekan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

**Gambar 4.4.** pengaruh lapisan serat gelas terhadap regangan tekan

Gambar 4.4. menunjukkan nilai rata-rata regangan tekan tertinggi diperoleh pada variasi lapis 1 yaitu sebesar 0,4644 dan nilai rata-rata regangan tekan terendah diperoleh pada variasi tanpa lapis yaitu sebesar 0,311. Hal ini disebabkan oleh kuat ikatan *interface* antara serat dengan matrik berbeda pada setiap spesimen, sehingga deformasi yang terjadi semakin besar. Dimana deformasi (ΔL) berbanding lurus dengan regangan (ϵ). Selain itu, keberadaan void juga mempengaruhi besar kecilnya regangan, karena dengan adanya void, kuat ikatan

interface antar serat dengan matriknya menjadi kurang sehingga memperbesar nilai regangannya.

4.2.3 Modulus elastisitas tekan

Untuk mendapat modulus elastisitas tekan diperlukan 2 variabel yaitu perubahan perubahan tegangan ($\Delta\sigma$) dan perubahan regangan ($\Delta\epsilon$) dari spesimen tekan. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan 2.8 dapat diketahui nilai modulus elastisitas (E) tekan. Table 4.4 menunjukkan nilai modulus elastisitas tekan.

Contoh perhitungan modulus elastisitas tekan variasi lapisan gelas tanpa lapis untuk spesimen satu yaitu :

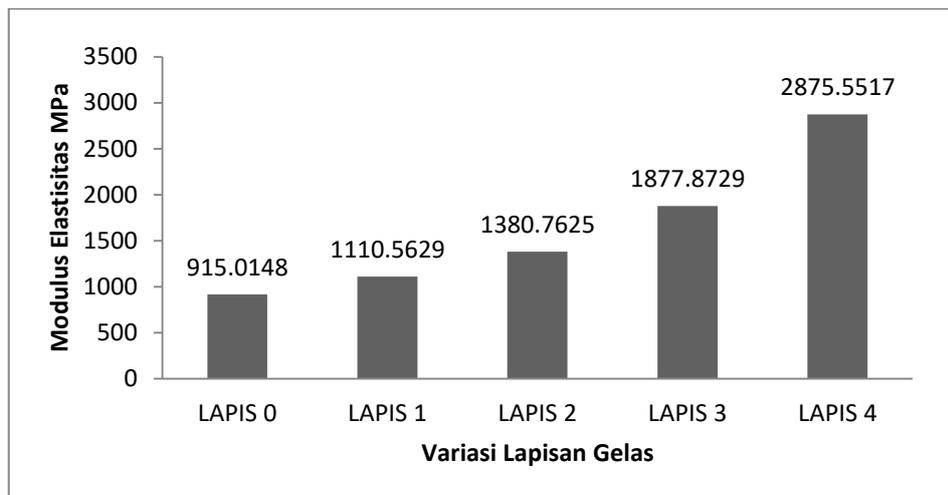
$$E = \frac{1.4005 \text{ Mpa}}{0.001273} = 1100.545 \text{ MPa}$$

Adapun rincian semua modulus elastisitas tekan untuk semua variasi lapisan gelas dan spesimen ada dilampiran.

Tabel 4.5 Modulus elastisitas tekan (MPa)

No.spes	tanpa lapis	lapis 1	lapis 2	lapis 3	lapis 4
1	1100,545	856,0426	1086,226	1766,145	6929,043
2	878,9231	1143,077	1134,017	1305,407	1330,488
3	720,0616	1335,939	1742,16	1949,67	1716,214
4	887,6202	1320,087	1766,532	2827,652	1886,272
5	987,9241	897,6688	1174,878	1540,491	2515,741
Rata-rata	915,0149	1110,563	1380,763	1877,873	2875,552
SD	141,242	226,8571	342,5821	583,3655	2305,982
Min	720,0616	856,0426	1086,226	1305,407	1330,488
Max	1100,545	1335,939	1766,532	2827,652	6929,043

Dari tabel 4.5 selanjutnya dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi lapisan serat gelas dengan modulus elastisitas tekan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.5 pengaruh lapisan serat gelas terhadap modulus elastisitas tekan

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas tekan tertinggi diperoleh pada lapis 4 yaitu sebesar 2875,55 dan nilai modulus elastisitas tekan terendah diperoleh pada variasi tanpa lapis yaitu sebesar 915,01. Hal ini membuktikan bahwa seiring bertambahnya variasi lapisan serat gelas secara kontinyu menaikkan nilai rata-rata modulus elastisitas tekan dan meningkatkan kekuatan komposit, selain itu membuat spesimen komposit semakin kaku.

4.3. Hasil Pengujian Impak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai energi terserap dan nilai ketangguhan impak material komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas anyam bermatrik epoksi. Hasil pengujian nantinya juga akan digunakan untuk mengetahui karakteristik patahan komposit tersebut.

4.3.1 Energi Terserap

Tabel 4.5 menunjukkan hasil energi terserap dari spesimen uji impak dengan luasan penampang yang bervariasi. Selanjutnya dengan menggunakan pers.2.8 maka nilai energi terserap masing-masing variasi lapisan gelas dapat diketahui.

Contoh perhitungan energi terserap variasi lapisan gelas tanpa lapis dan lapis 1 untuk spesimen satu, yaitu:

$$E_{impak} = 12,52 - \frac{(6,56 + 0,831)}{100.10} = \frac{12,52 - (6,56 + 0,831)}{100} \cdot 10 = 0,5129 J$$

$$E_{\text{impak}} = 20.10.0.8[(\cos 27.0 - \cos 30.0)] = 3,9967 \text{ J}$$

Adapun semua rincian ketangguhan impact untuk variasi lapisan gelas dan spesimen ada dilampiran.

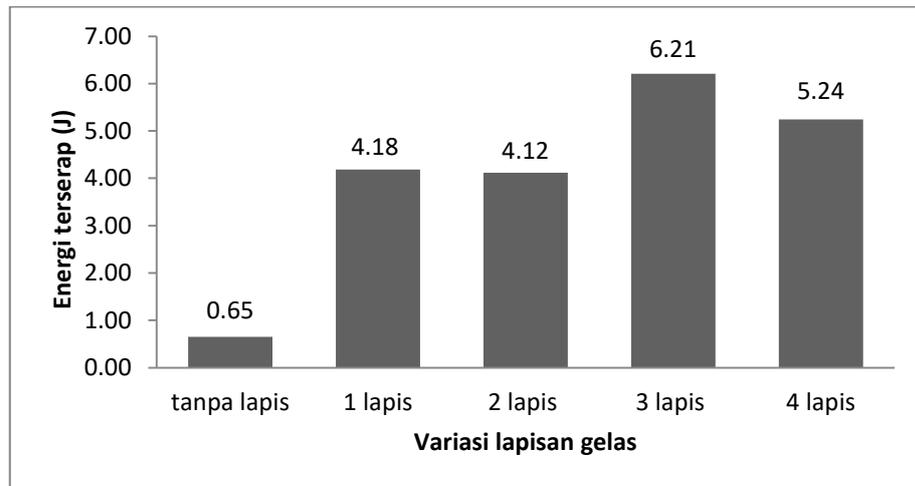
Tabel 4.6 Luas area spesimen pengujian impact

spesimen	A (mm ²)				
	tanpa lapis	lapis 1	lapis 2	lapis 3	lapis 4
1	58.5	72.79	67.46	59.18	59.76
2	56.7	73.47	69.84	60.57	60.51
3	57.2	76.54	67.60	63.36	58.02
4	57.2	70.32	64.71	62.33	58.03
5	57.2	73.36	69.95	62.42	60.37

Tabel 4.7 Energi terserap (J)

No.spes	tanpa lapis	1 lapis	2 lapis	3 lapis	4 lapis
1	0.51	4.00	3.36	5.85	5.55
2	0.90	4.94	4.31	6.15	5.55
3	0.88	4.31	4.63	6.15	5.24
4	0.45	4.00	4.00	6.74	4.63
5	0.50	3.68	4.31	6.15	5.24
Rata-rata	0.65	4.18	4.12	6.21	5.24
SD	0.22	0.48	0.48	0.32	0.38
Min	0.45	3.68	3.36	5.85	4.63
Max	0.90	4.94	4.63	6.74	5.55

Dari tabel 4.5 selanjutnya dibuat grafik pengaruh lapisan serat gelas terhadap energi terserap impact, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.6 Grafik pengaruh lapisan serat gelas terhadap energi terserap

Gambar 4.6 menunjukkan nilai rata-rata energi terserap impact pada setiap variasi lapisan gelas. Nilai rata-rata energi terserap impact meningkat seiring bertambahnya lapisan serat gelas, energi terserap impact tertinggi diperoleh pada variasi lapisan 3 yaitu sebesar 6,21 J dan rata-rata energi terserap impact terendah diperoleh pada variasi lapisan serat gelas tanpa lapis yaitu sebesar 0,65 J. Nilai rata-rata energi terserap pada variasi lapis gelas 2 lebih rendah dibandingkan variasi lapis serat gelas 1 dan variasi lapis serat gelas lapis 4 lebih rendah dibandingkan variasi lapis gelas 3, Hal ini disebabkan luas area penampang mempengaruhi nilai energi terserap pada setiap spesimennya dan keberadaan void juga mempengaruhi terhadap kekuatan serap pada spesimen terhadap beban kejut yang diberikan.

4.3.2 Ketangguhan Impact

Tabel 4.6 menunjukkan hasil nilai ketangguhan impact. Selanjutnya dengan menggunakan pers.2.9 maka nilai ketangguhan impact masing-masing variasi lapisan gelas dapat diketahui.

Contoh perhitungan ketangguhan impact variasi lapisan gelas tanpa lapis untuk spesimen satu, yaitu:

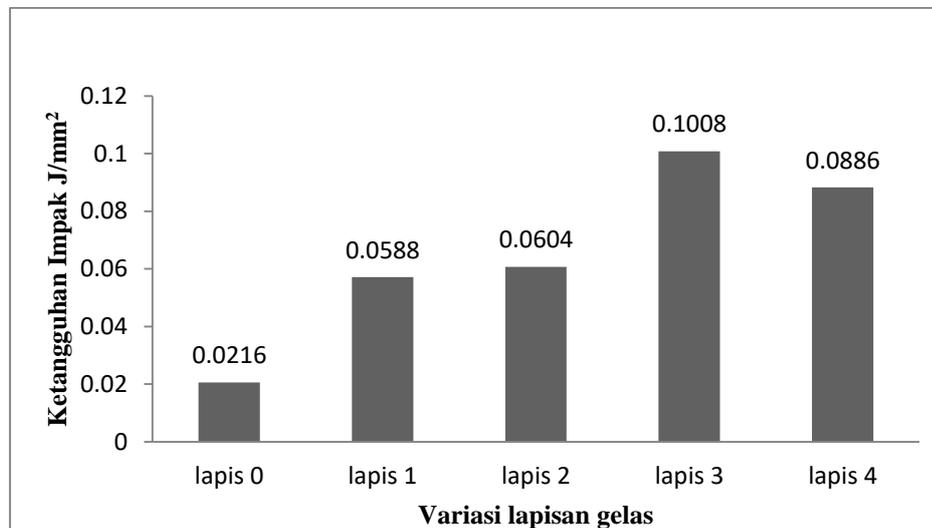
$$\sigma_{\text{impak}} = \frac{1,22 \text{ J}}{58,5 \text{ mm}^2} = \text{J/mm}^2$$

Adapun semua rincian ketangguhan impak untuk variasi lapisan gelas dan spesimen ada dilampiran.

Tabel 4.8 Ketangguhan impak

No.spes	lapis 0	lapis 1	lapis 2	lapis 3	lapis 4
1	0,02088	0,05491	0,04977	0,09884	0,09283
2	0,0225	0,06718	0,06175	0,10151	0,09168
3	0,02613	0,05634	0,06842	0,09704	0,09037
4	0,01711	0,05684	0,06176	0,10812	0,0797
5	0,01618	0,05015	0,06165	0,09851	0,08684
Rata-rata	0,021654	0,058819	0,060428	0,10080	0,088644
SD	0,003742	0,005634	0,007769	0,004852	0,006046
Min	0,017108	0,054912	0,049769	0,097042	0,079701
Max	0,026129	0,06718	0,068424	0,108116	0,092827

Dari tabel 4.6 selanjutnya dibuat grafik pengaruh lapisan gelas terhadap ketangguhan impak, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.7 Grafik pengaruh lapisan gelas terhadap ketangguhan impak

Dari Gambar 4.7 tampak bahwa nilai ketangguhan impak meningkat seiring bertambahnya lapisan gelas dan kemudian menurun pada lapisan gelas 4. Nilai ketangguhan impak tertinggi diperoleh pada variasi lapisan serat gelas lapis 3 yaitu sebesar 0,1008 J/mm² dan nilai ketangguhan komposit terendah diperoleh

pada variasi gelas tanpa lapis yaitu sebesar $0,0216 \text{ J/mm}^2$. Menurunnya ketangguhan impak pada variasi serat gelas 4 lapis diduga karena matrik tidak mengikat serat secara sempurna dan terjadi kekosongan serat ijuk pada daerah pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa ketangguhan impak komposit optimum pada variasi 3 lapis. Penambahan jumlah serat gelas menyebabkan peningkatan ketahanan komposit terhadap beban kejut pendulum. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar komposit bahwa serat berfungsi sebagai penguat, selama matrik mengikat secara baik. Selain itu nilai ketangguhan impak dipengaruhi oleh nilai energi terserap dan luas penampang komposit yang diuji.

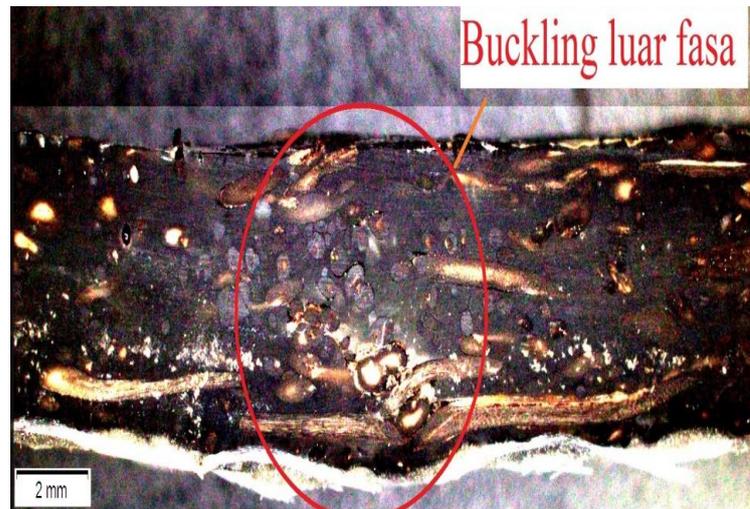
4.4. Hasil Pengamatan Foto Makro Penampang Patahan

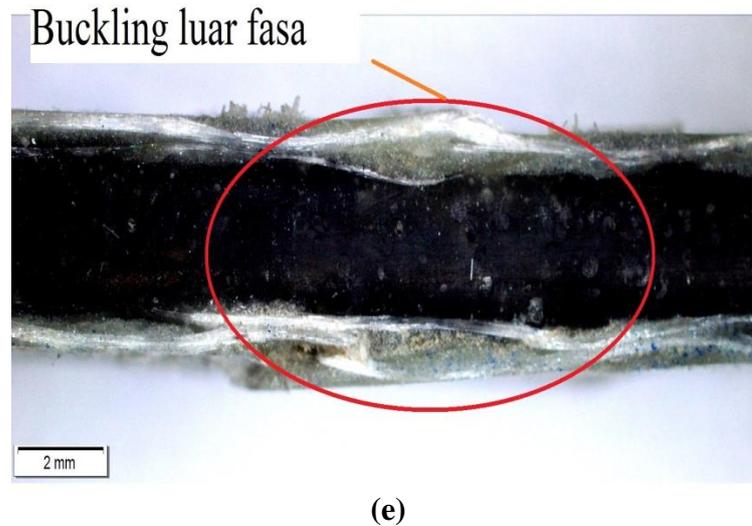
4.4.1 Penampang patahan spesimen tekan

Untuk mengetahui karakteristik penampang patahan pada material komposit dari spesimen benda uji setelah dilakukan pengujian tekan, maka dilakukan pengamatan foto makro pada patahan seperti terlihat pada Gambar 4.7.



(a)





Gambar 4.8 Foto makro patahan tekan variasi lapisan gelas (a) tanpa lapis, (b) lapis 1, (c) lapis 2, (d) lapis 3, (e) lapis 4

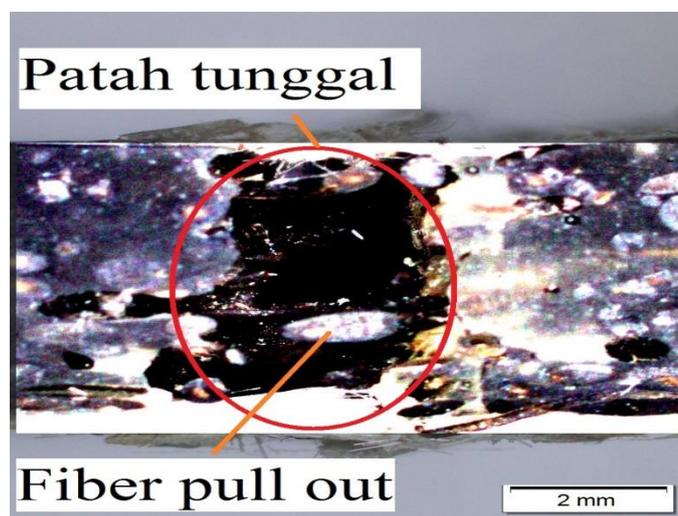
Gambar 4.8 menunjukkan *rosen* yang berbeda pada spesimen dari soesimen tekan. Spesimen a dan c mengalami tekuk dalam fasa dimana serat pada spesimen tertekuk pada arah yang sama. Hal ini disebabkan tegangan tekan serat berbanding lurus (proporsional) dengan tegangan geser matriknya. Sedangkan spesimen b,d dan e mengalami tekuk diluar fasa dimana serat pada spesimen tertekuk pada arah yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan tegangan tekan serat dan tegangan geser matriknya.

4.4.2 Penampang patahan spesimen impak

Untuk mengetahui karakteristik penampang patahan pada material komposit dari spesimen benda uji setelah dilakukan pengujian impak, maka dilakukan pengamatan foto makro pada patahan dan penampang patahan seperti terlihat pada Gambar 4.9.



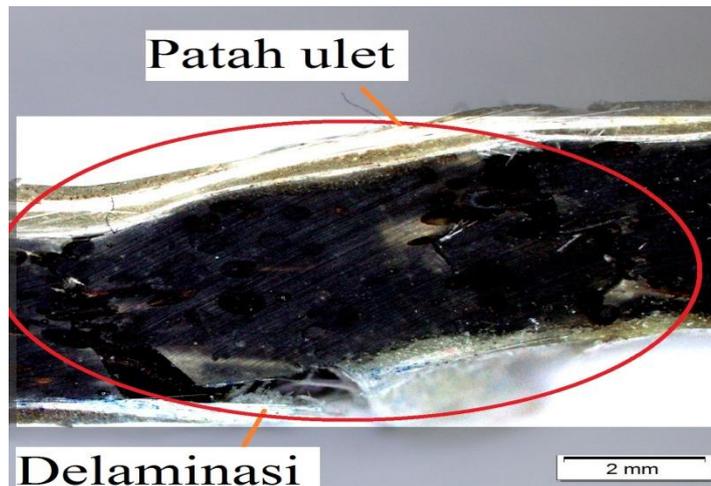
(a)



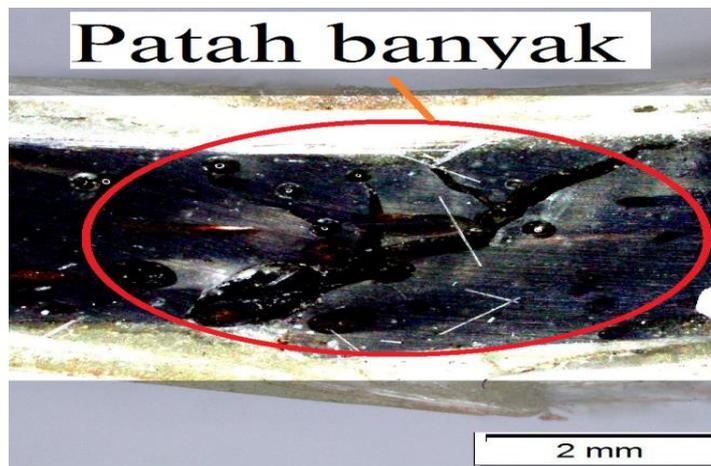
(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar 4.9 Foto makro patahan dampak variasi lapisan gelas (a) tanpa lapis, (b) lapis 1, (c) lapis 2, (d) lapis 3, (e) lapis 4

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa patahan yang terjadi pada setiap spesimen yaitu: patah getas, patah tunggal, patah banyak, dan patah ulet. Selain itu spesimen juga mengalami *fiber pull out* dan delaminasi, *Fiber pull out* yang terjadi dikarenakan permukaan pada serat ijuk masih terdapat lapisan lignin sehingga ikatan serat ijuk ke matriks tidak sempurna. Masih terdapatnya lapisan lignin karena dalam proses alkalisasi yang kurang tepat, hal ini mengakibatkan kekuatan pada komposit tidak maksimal. Delaminasi terjadi akibat terlepasnya lapisan serat gelas terhadap matriks yang disebabkan gaya adhesi antara penguat dan matriks yang lemah.