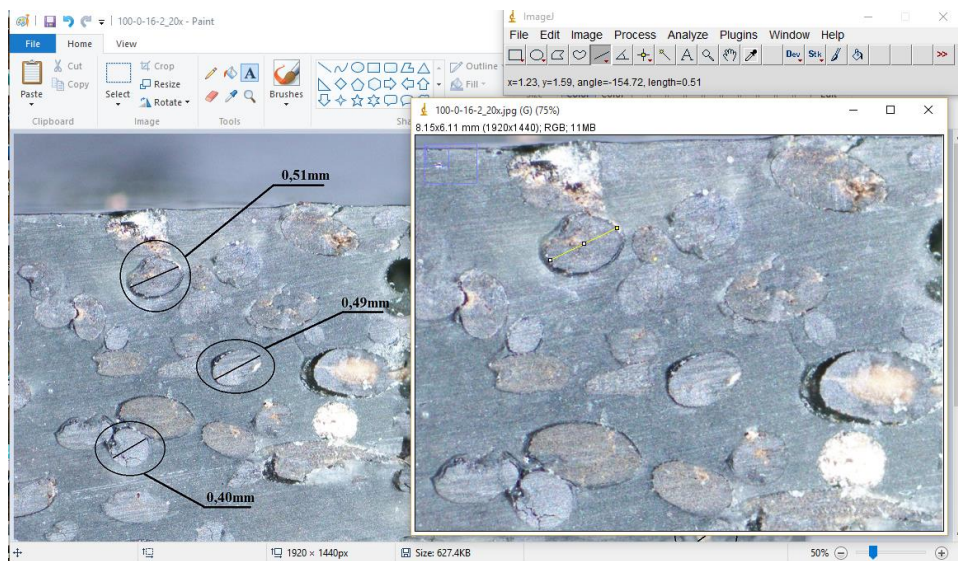


BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Diameter Serat

Diameter serat adalah diameter serat ijuk yang diukur setelah mengalami perlakuan alkali, karena pada dasarnya serat alam memiliki dimensi bentuk yang berbeda-beda (Rao dan Rao, 2007) sehingga perlu adanya pengukuran diameter serat. Dalam penelitian ini pengukuran diameter serat menggunakan foto makro dan program ImageJ. Sampel serat yang diukur berjumlah tujuh pada ukuran serat yang berbeda-beda, sehingga diperoleh nilai rata-rata ukuran diameter serat 0,21-0,51 (mm). Proses pengukuran diameter rata-rata serat dapat dilihat pada Gambar 4.1.



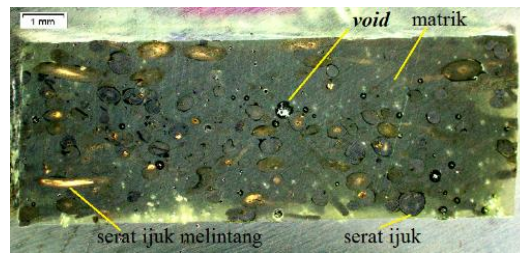
Gambar 4.1. Proses pengukuran diameter serat ijuk

Hal yang pertama dilakukan adalah mengukur skala dan menyesuaikan satuan yang digunakan pada program imageJ, lalu kemudian gunakan straight line untuk membuat garis panjang. Buat garis pada bagian lingkaran serat sehingga dapat diketahui ukuran diameter serat, nilai ukuran dapat dilihat pada bagian kiri atas.

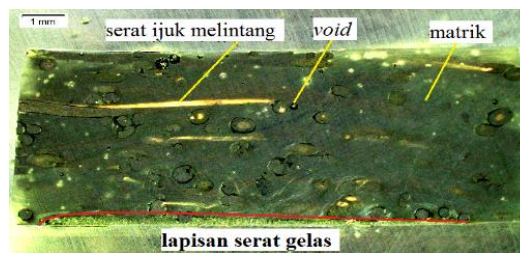
4.2. Pengamatan Distribusi Serat

Serat adalah bahan pengisi matrik yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi. Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana tata letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan komposit *hybrid* dimana merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus (searah) dengan serat acak (*random*). Tipe ini digunakan supaya dapat menggantikan kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihanannya. Distribusi serat dapat dilihat pada Gambar 4.2.

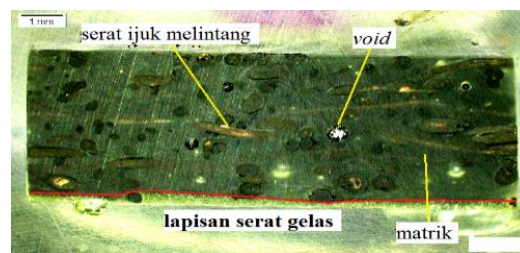
Pada gambar terlihat bahwa serat ijuk terdistribusi secara acak kesegala arah, menurut Gibson (1994) bila tiap arah seratnya menyebar maka kekuatannya akan menyebar kesegala arah sehingga kekuatan mekanisnya akan meningkat. Namun semakin acak orientasi seratnya maka sifat mekanik pada satu arah serat akan semakin melemah. Kemudian pada lapisan serat gelas terlihat bahwa tebalnya lapisan serat yang tidak merata pada tiap *hybrid ratio*-nya. Hal ini dikarenakan pada saat penyusunan serat gelas *unidirectional* yang kurang baik, sehingga tebalnya lapisan berbeda-beda. Hal ini mengakibatkan kekuatan pada komposit menjadi tidak maksimal. Pada spesimen terdapat *void*, hal ini terjadi karena adanya gelembung udara yang terjebak diantara matrik kemudian pada saat penekanan gelembung udara tidak pecah.



(a)



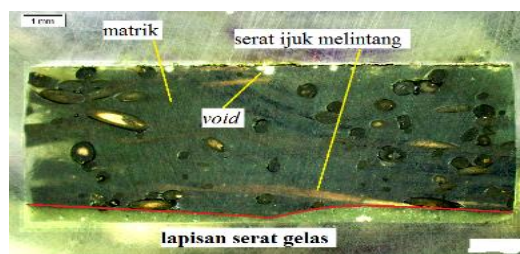
(b)



(c)



(d)



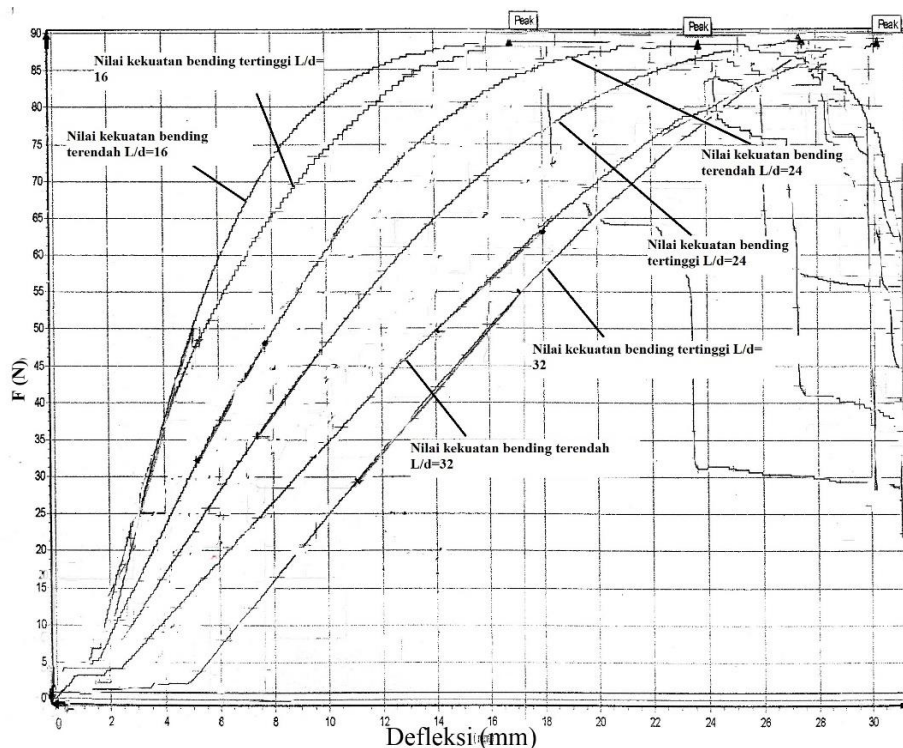
(e)

Gambar 4.2. Distribusi serat pada spesimen uji (a). *hybrid ratio* (r_h) 0,0; (b). *hybrid ratio* (r_h) 0,1; (c). *hybrid ratio* (r_h) 0,2; (d). *hybrid ratio* (r_h) 0,3; (e). *hybrid ratio* (r_h) 0,4

4.3. Hasil Pengujian *Bending*

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan *bending*, regangan *bending* dan modulus elastisitas *bending* material komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas searah bermatrik epoksi. Hasil pengujian nantinya juga akan digunakan untuk mengetahui karakteristik patahan komposit tersebut sehingga didapat kesimpulan tentang pengaruh *hybrid ratio* terhadap karakteristik lentur.

Dari hasil pengujian *bending* akan didapatkan dua data numerik yaitu: harga gaya lateral (F_{max}) dan defleksi (D). Harga kekuatan *bending* yaitu didapat dari besarnya gaya lateral maksimum sampai spesimen patah, sedangkan defleksi didapat dari perpindahan kepala silang mesin uji. Penunjukan harga gaya lateral dan defleksi terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Penunjukan gaya lateral dan defleksi dari beberapa spesimen

Dalam Tabel 4.1., 4.2. dan 4.3. nilai kekuatan *bending* (σ_b) didapat dari persamaan 2.6. atau 2.7., nilai regangan *bending* (ϵ_b) didapat dengan menggunakan persamaan 2.8. dan nilai modulus elastisitas (E_b) dari persamaan 2.9.

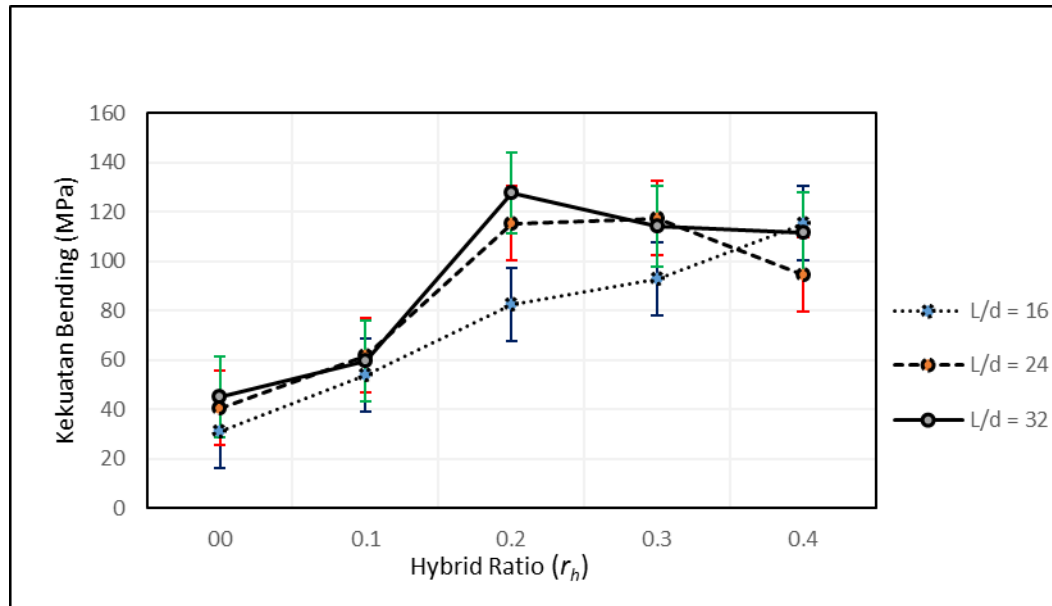
4.3.1. Pengaruh *Hybrid Ratio* Terhadap Kekuatan *Bending*

Setelah dilakukan proses pengujian *bending* maka didapatkan harga kekuatan *bending* material komposit *hybrid* yang disajikan dalam Tabel 4.1. Sedangkan hubungan antara *hybrid ratio* (r_h) terhadap kekuatan *bending* digambarkan dalam sebuah grafik, adapun grafik tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 4.4.

Tabel 4.1. Data kekuatan *bending* rata-rata komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas searah bermatrik epoksi

NO	L/d	Kekuatan <i>Bending</i> (MPa)					
		<i>Hybrid Ratio</i> (r_h)					
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	
1	16		27,185	54,023	83,543	86,742	117,386
			31,310	54,719	69,390	99,274	109,145
			33,066	55,465	81,593	104,508	104,161
			29,783	51,761	94,400	80,886	130,977
			32,312				
		Min	27,185	51,761	69,39	80,886	104,161
		Max	33,066	55,465	94,40	104,508	130,977
		Rata-rata	30,731	53,992	82,232	92,853	115,417
		SD	2,332	1,600	10,249	10,918	11,719
		2	24		31,670	78,697	123,764
	37,444			42,527	118,937	125,537	79,384
	44,006			62,659	96,933	101,585	90,131
	48,370			63,462	121,603	138,564	100,497
Min	31,670			42,527	96,933	101,585	79,384
Max	48,370			78,697	123,764	138,564	108,357
Rata-rata	40,373			61,836	115,309	117,452	94,592
SD	7,336			14,837	12,409	17,706	12,590
3	32				42,379	90,475	126,852
			53,833	69,210	150,800	97,450	126,257
			31,586	34,811	124,727	136,903	83,839
			48,492	43,645	108,258	94,350	104,367
			48,860				
		Min	31,586	34,811	108,258	94,35	83,839
		Max	53,833	90,475	150,8	136,903	131,727
		Rata-rata	45,030	59,535	127,659	113,911	111,548
		SD	8,543	25,263	17,523	21,229	21,931

Pada Tabel 4.1. dapat diketahui nilai rata-rata kekuatan *bending* tertinggi terdapat pada *hybrid ratio* (r_h) 0,2 pada $L/d = 32$, yaitu sebesar 127,659 MPa.



Gambar 4.4. Grafik hubungan antara *hybrid ratio* (r_h) terhadap kekuatan *bending*

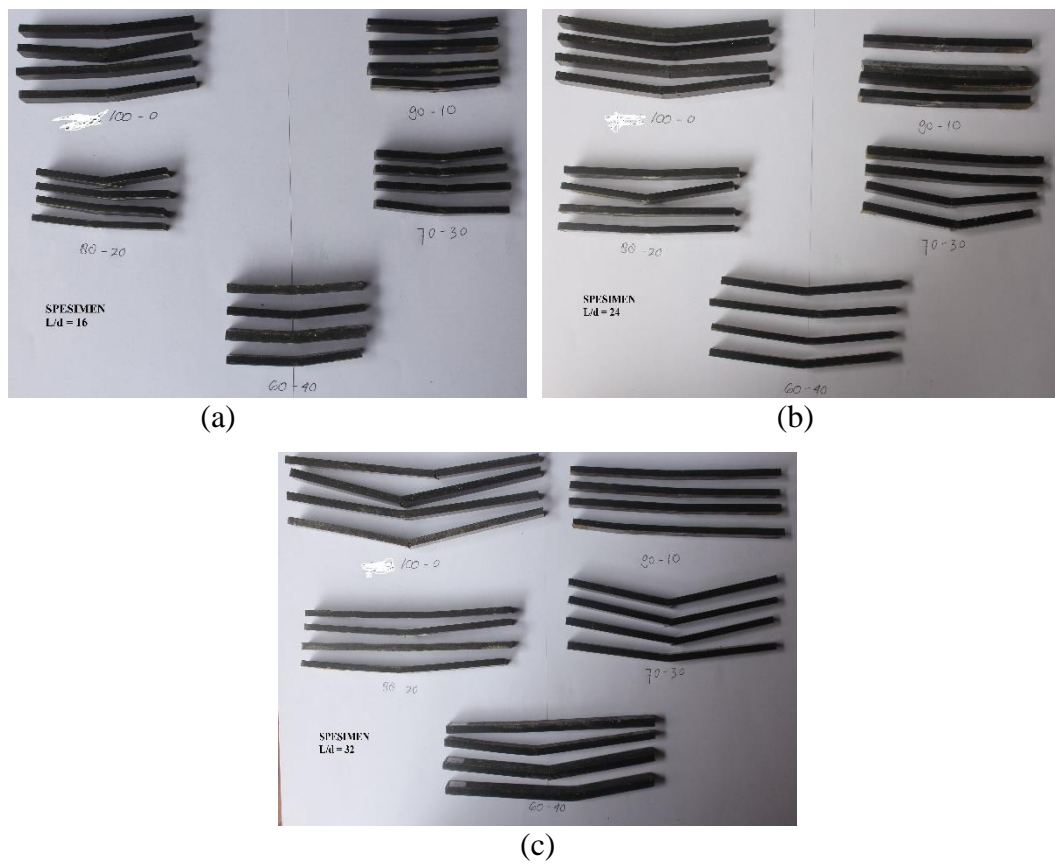
Dari grafik perbandingan di atas dapat diketahui bahwa variasi panjang span (L) mempengaruhi hasil nilai rata-rata kekuatan *bending* komposit *hybrid*. Pada span (L) yang lebih panjang khususnya pada $L/d = 32$ memiliki nilai rata-rata kekuatan *bending* relatif lebih tinggi dibandingkan span (L) yang lebih pendek yaitu $L/d = 24$ dan $L/d = 16$. Sedangkan pada keseleruhan spesimen uji nilai rata-rata kekuatan *bending* cenderung mengalami peningkatan seiring penambahan volume serat gelas, namun pada $L/d = 32$ dan $L/d = 24$ peningkatan memiliki titik maksimal sehingga setelah itu menurun.

Pada komposit *hybrid* dengan $L/d = 16$ menunjukkan peningkatan nilai rata-rata kekuatan *bending* meningkat secara kontinyu. Dari data yang telah diolah, maka diperoleh nilai rata-rata kekuatan *bending* terendah sebesar 30,731 MPa dimiliki oleh spesimen uji dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,0. Kemudian untuk hasil nilai rata-rata kekuatan *bending* tertinggi dimiliki oleh spesimen uji dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,4, yaitu sebesar 115,417 MPa.

Pada komposit dengan $L/d = 24$ memiliki karakteristik peningkatan nilai rata-rata kekuatan *bending* berbeda dengan komposit *hybrid* $L/d = 16$. Terlihat bahwa pada *hybrid ratio* (r_h) 0,0 memiliki nilai rata-rata kekuatan *bending* terendah yaitu sebesar 40,373 MPa, kemudian nilai rata-rata kekuatan *bending* meningkat pada *hybrid ratio* (r_h) 0,1, 0,2 dan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,3 diperoleh nilai rata-rata kekuatan *bending* tertinggi, yaitu sebesar 117,452 MPa. Kemudian nilai rata-rata kekuatan *bending* mengalami penurunan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,4 yaitu sebesar 94,592 MPa.

Selanjutnya pada komposit *hybrid* dengan $L/d = 32$ juga memiliki karakteristik peningkatan nilai rata-rata kekuatan *bending* berbeda dengan komposit *hybrid* $L/d = 16$. Pada grafik kekuatan menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekuatan *bending* terendah dimiliki pada spesimen uji dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,0 yaitu sebesar 45,030 MPa. Kemudian nilai rata-rata kekuatan *bending* meningkat pada *hybrid ratio* (r_h) 0,1 dan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,2 diperoleh nilai rata-rata kekuatan *bending* tertinggi yaitu sebesar 127,659 MPa. Selanjutnya nilai rata-rata kekuatan *bending* mengalami penurunan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,3 dan 0,4.

Naik turunnya nilai kekuatan *bending* dikarenakan distribusi serat yang kurang merata (tidak homogen), tebal spesimen yang tidak seragam dan ikatan serat kematriks yang tidak sempurna sehingga mengakibatkan titik pusat patahan tidak seragam. Foto-foto patahan spesimen setelah diuji *bending* diperlihatkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Foto spesimen setelah pengujian *bending* (a) $L/d = 16$, (b) $L/d = 24$, dan (c) $L/d = 32$

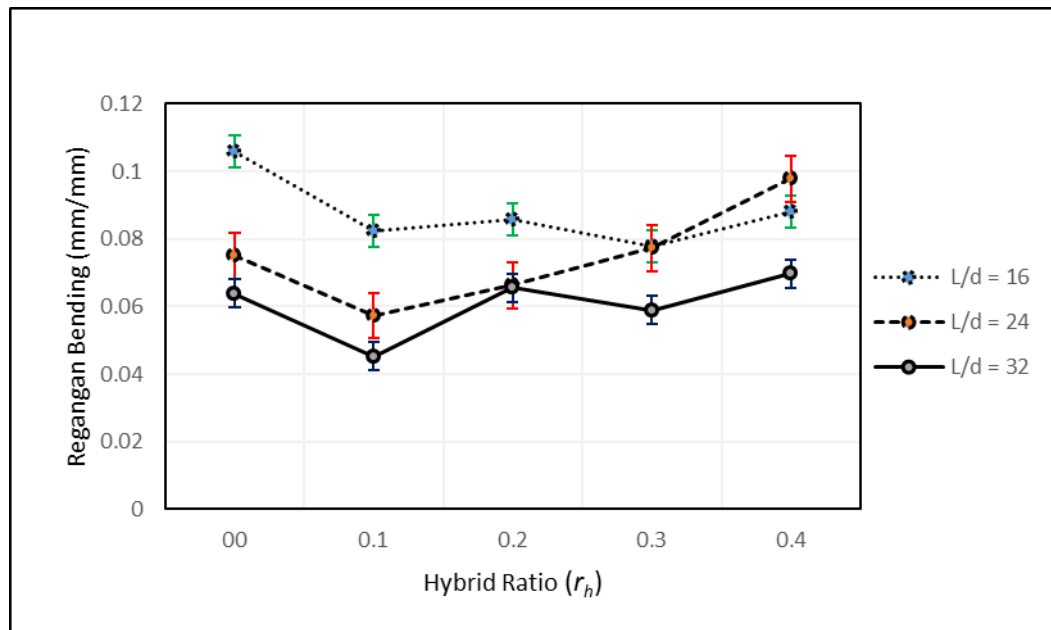
Gambar di atas menunjukkan patahan spesimen setelah pengujian *bending*, idealnya patahan terjadi pada titik tengah spesimen karena momen *bending* maksimal terpusat pada titik tengah sehingga hasil yang diharapkan akan lebih maksimal. Namun pada hasil patahan menyimpang dari titik tengah, hal ini dikarenakan tebal pada spesimen tidak seragam, sehingga titik patahan terjadi ditebal spesimen yang lebih tipis karena memiliki kekuatan yang lemah.

4.3.2. Pengaruh *Hybrid Ratio* Terhadap Regangan *Bending*

Setelah menghitung rata-rata kekuatan *bending* selanjutnya menghitung regangan *bending*. Hasil dari perhitungan rata-rata regangan *bending* dapat dilihat pada Tabel 4.2., sedangkan grafik dari regangan *bending* dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Tabel 4.2. Data regangan *bending* rata-rata komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas searah bermatriks epoksi

NO	L/d	Regangan <i>Bending</i> (mm/mm)					
		<i>Hybrid Ratio</i> (r_h)					
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	
1	16		0,126	0,081	0,100	0,055	0,086
			0,096	0,103	0,068	0,090	0,091
			0,096	0,068	0,088	0,064	0,083
			0,104	0,077	0,087	0,102	0,092
			0,107				
		Min	0,096	0,068	0,068	0,055	0,083
		Max	0,126	0,103	0,1	0,102	0,092
		Rata-rata	0,106	0,082	0,086	0,078	0,088
		SD	0,012	0,015	0,013	0,022	0,004
2	24		0,085	0,068	0,061	0,070	0,099
			0,089	0,057	0,075	0,083	0,103
			0,060	0,057	0,065	0,073	0,088
			0,066	0,047	0,064	0,083	0,101
		Min	0,060	0,047	0,061	0,070	0,088
		Max	0,089	0,068	0,075	0,083	0,103
		Rata-rata	0,075	0,057	0,066	0,077	0,098
		SD	0,014	0,009	0,006	0,007	0,007
3	32		0,060	0,050	0,071	0,067	0,070
			0,066	0,054	0,068	0,047	0,072
			0,061	0,034	0,068	0,070	0,068
			0,068	0,043	0,055	0,052	0,069
			0,064				
		Min	0,060	0,034	0,055	0,047	0,068
		Max	0,068	0,054	0,071	0,070	0,072
		Rata-rata	0,064	0,045	0,066	0,059	0,070
		SD	0,003	0,009	0,007	0,011	0,002



Gambar 4.6. Grafik hubungan antara *hybrid ratio* (r_h) terhadap regangan *bending*

Pada Gambar 4.6 menunjukkan nilai rata-rata regangan *bending* pada variasi $L/d = 16$, $L/d = 24$ dan $L/d = 32$. Terlihat bahwa pada span (L) yang panjang yaitu $L/d = 32$ memiliki nilai rata-rata regangan *bending* lebih rendah dibandingkan span (L) yang lebih pendek $L/d = 24$ dan $L/d = 16$. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin panjang span maka nilai rata-rata regangan akan semakin kecil.

Pada $L/d = 16$ nilai rata-rata regangan *bending* tertinggi dimiliki oleh spesimen uji dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,0 yaitu sebesar 0,106 mm/mm. kemudian nilai rata-rata regangan *bending* menurun pada *hybrid ratio* (r_h) 0,1, sedangkan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,2 nilai rata-rata regangan *bending* meningkat sebesar 0,086 mm/mm, lalu menurun kembali di *hybrid ratio* (r_h) 0,3 yaitu sebesar 0,078 mm/mm. Pada *hybrid ratio* (r_h) 0,4 nilai rata-rata regangan *bending* meningkat kembali yaitu sebesar 0,088 mm/mm, naik dan turunnya nilai regangan *bending* pada *hybrid ratio* (r_h) 0,2, 0,3 dan 0,4 dapat dibuktikan pada foto makro. Karena pada semestinya nilai rata-rata regangan *bending* pada *hybrid ratio* (r_h) 0,3 lebih besar dibandingkan dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,2. Foto makro *hybrid ratio* (r_h) 0,2, 0,3 dan 0,4 dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Pada Gambar 4.8 (c – d – e) terlihat bahwa foto makro patahan *hybrid ratio* (r_h) 0,3 mengalami patah banyak dan retak, kondisi patah ini lebih parah dibandingkan pada foto makro patahan *hybrid ratio* (r_h) 0,2 dan 0,4. Sehingga membuktikan bahwa nilai rata-rata regangan *bending* pada *hybrid ratio* (r_h) 0,3 menurun akibat karakteristik patahan yang disebabkan oleh ikatan serat dengan matrik yang kurang kuat.

Pada $L/d = 24$ nilai rata-rata regangan *bending* terendah dimiliki oleh spesimen uji dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,1 yaitu sebesar 0,057 mm/mm. kemudian nilai rata-rata regangan *bending* meningkat secara kontinyu pada *hybrid ratio* (r_h) 0,2, 0,3 dan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,4 diperoleh nilai rata-rata regangan *bending* tertinggi yaitu sebesar 0,098 mm/mm.

Sedangkan pada $L/d = 32$ nilai rata-rata regangan *bending* terendah dimiliki oleh spesimen uji dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,1 yaitu sebesar 0,045 mm/mm. kemudian nilai rata-rata regangan *bending* meningkat signifikan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,2 yaitu sebesar 0,065 mm/mm. pada *hybrid ratio* (r_h) 0,3 nilai rata-rata regangan *bending* menurun yaitu sebesar 0,059 mm/mm lalu pada *hybrid ratio* (r_h) 0,4 diperoleh nilai rata-rata regangan *bending* tertinggi yaitu sebesar 0,070 mm/mm. Naik dan turunnya nilai regangan *bending* pada *hybrid ratio* (r_h) 0,1, 0,2 dan 0,3 dapat dibuktikan pada foto makro patahan. Karena pada semestinya nilai rata-rata regangan *bending* pada *hybrid ratio* (r_h) 0,2 lebih kecil dari *hybrid ratio* (r_h) 0,3. Foto makro patahan *hybrid ratio* (r_h) 0,1, 0,2 dan 0,3 dapat dilihat pada Gambar 4.10.

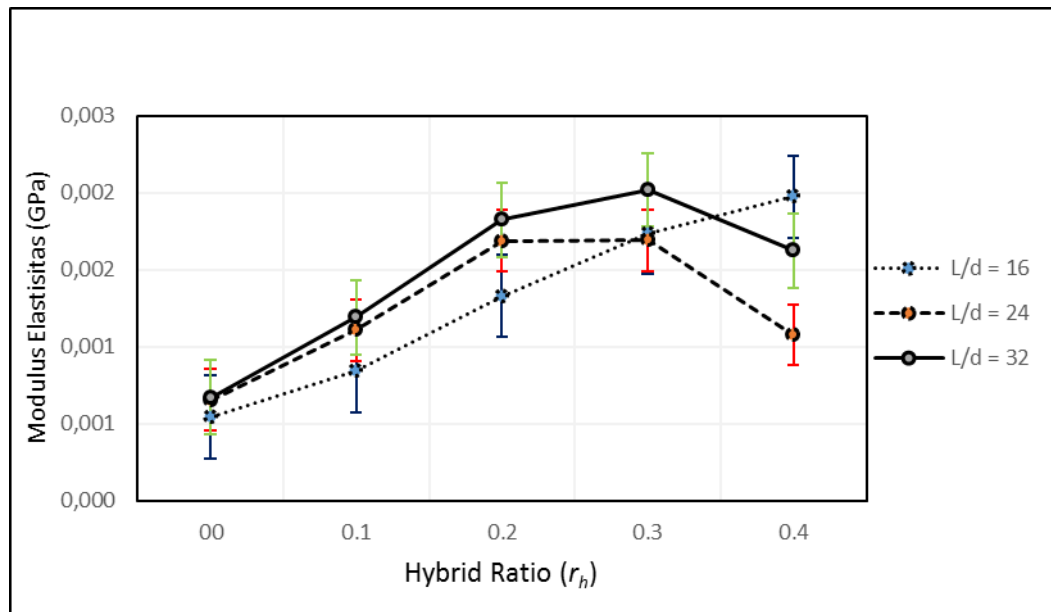
Pada Gambar 4.10 (b – c – d) terlihat bahwa foto makro patahan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,2 mengalami deliminasi, kondisi berbeda diperlihatkan pada foto makro patahan *hybrid ratio* (r_h) 0,1 dan 0,3 yang mengalami patah banyak. Sehingga pada hasil yang didapat nilai regangan *bending* pada *hybrid ratio* (r_h) 0,2 lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai regangan *bending* pada *hybrid ratio* (r_h) 0,1 dan 0,3.

4.3.3. Pengaruh *Hybrid Ratio* Terhadap Modulus Elastisitas

Perhitungan terakhir dalam pengujian *bending* adalah menghitung modulus elastisitas. Hasil perhitungan rata-rata modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 4.3., sedangkan grafik dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Tabel 4.3. Data modulus elastisitas *bending* rata-rata komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas searah bermatriks epoksi

NO	L/d	Modulus Elastisitas (GPa)					
		<i>Hybrid Ratio</i> (r_h)					
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	
1	16		0,520	0,906	1,107	1,986	2,016
			0,551	0,691	1,421	1,775	1,811
			0,588	0,969	1,263	2,012	1,789
			0,516	0,790	1,518	1,176	2,280
			0,543				
		Min	0,516	0,691	1,107	1,176	1,789
		Max	0,588	0,969	1,518	2,012	2,280
		Rata-rata	0,544	0,839	1,327	1,737	1,974
		SD	0,029	0,123	0,180	0,389	0,228
2	24		0,487	1,139	2,203	1,619	1,143
			0,456	0,806	1,151	1,803	1,097
			0,868	1,159	1,557	1,422	1,081
			0,803	1,326	1,833	1,912	0,986
		Min	0,456	0,806	1,151	1,422	0,986
		Max	0,868	1,326	2,203	1,912	1,143
		Rata-rata	0,654	1,108	1,686	1,689	1,077
		SD	0,212	0,218	0,444	0,215	0,066
		3	32		0,560	1,630	1,740
	0,730			1,158	2,147	2,111	1,643
	0,547			1,030	1,983	2,208	1,397
	0,715			0,941	1,419	1,926	1,662
	0,801						
Min	0,547			0,941	1,419	1,827	,397
Max	0,801			1,630	2,147	2,208	1,796
Rata-rata	0,671			1,190	1,822	2,018	1,624
SD	0,112			0,307	0,317	0,173	0,166



Gambar 4.7. Grafik hubungan antara *hybrid ratio* terhadap modulus elastisitas *bending*

Dari grafik hubungan antara modulus elastisitas komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas searah bermatriks epoksi dapat diketahui bahwa grafik di atas menunjukkan nilai modulus elastisitas meningkat seiring bertambahnya fraksi volume serat gelas pada $L/d = 16$, namun pada $L/d = 32$ dan $L/d = 24$ peningkatan nilai modulus elastisitas memiliki titik maksimal di *hybrid ratio* (r_h) 0,3. Panjang span mempengaruhi nilai modulus elastisitas yang didapat, terlihat pada grafik span yang lebih panjang yaitu $L/d = 32$ memiliki nilai rata-rata modulus elastisitas lebih tinggi dibandingkan dengan span yang lebih pendek $L/d = 24$ dan $L/d = 16$.

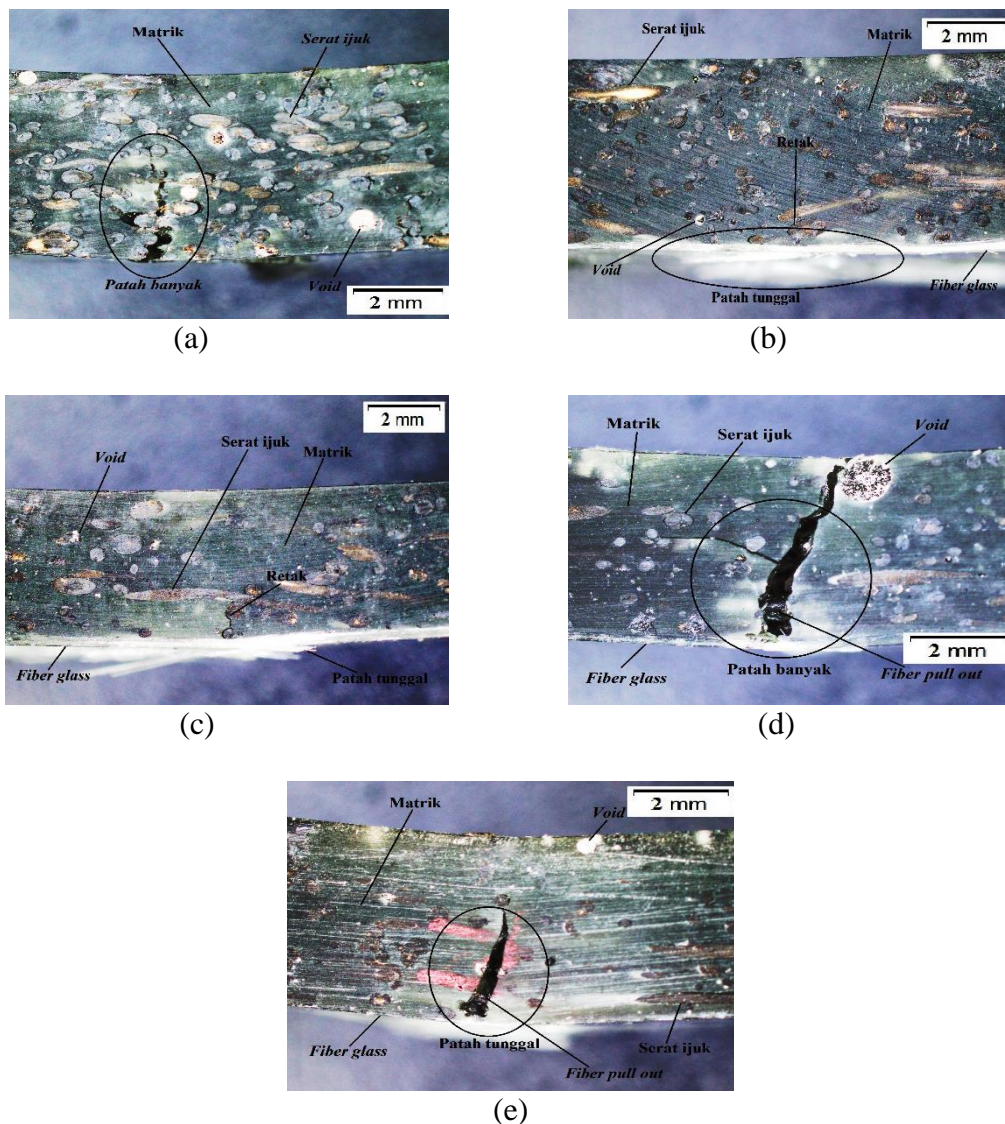
Pada $L/d = 16$ nilai rata-rata modulus elastisitas terendah dimiliki spesimen uji dengan *hybrid ratio* (r_h) 0,0 yaitu sebesar 0,544 GPa, kemudian nilai rata-rata modulus elastisitas meningkat secara kontinyu pada *hybrid ratio* (r_h) 0,1, 0,2, 0,3 dan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,4 diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 1,974 GPa. Pada $L/d = 24$ nilai rata-rata modulus elastisitas terendah dimiliki spesimen uji pada *hybrid ratio* (r_h) 0,0 yaitu sebesar 0,654 GPa. Kemudian nilai rata-rata modulus elastisitas meningkat pada *hybrid ratio* (r_h) 0,10, 0,2 dan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,3 diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 1,689 GPa. Nilai rata-rata modulus elastisitas kemudian

menurun pada *hybrid ratio* (r_h) 0,4 yaitu sebesar 1,077 GPa, hal ini dikarenakan distribusi serat yang kurang merata dan juga kurang sempurnanya pembasahan pada lapisan serat gelas.

Selanjutnya pada $L/d = 32$ karakteristik kenaikan nilai rata-rata modulus elastisitas mengalami hal yang sama dengan $L/d = 24$. Pada *hybrid ratio* (r_h) 0,0 diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas terendah yaitu sebesar 0,671 GPa, kemudian nilai rata-rata modulus elastisitas meningkat pada *hybrid ratio* (r_h) 0,1, 0,2 dan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,3 diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 2,018 GPa. Sedangkan pada *hybrid ratio* (r_h) 0,4 nilai rata-rata modulus elastisitas menurun, yaitu sebesar 1,624 GPa.

4.4. Hasil Pengamatan Foto Makro Penampang Patahan

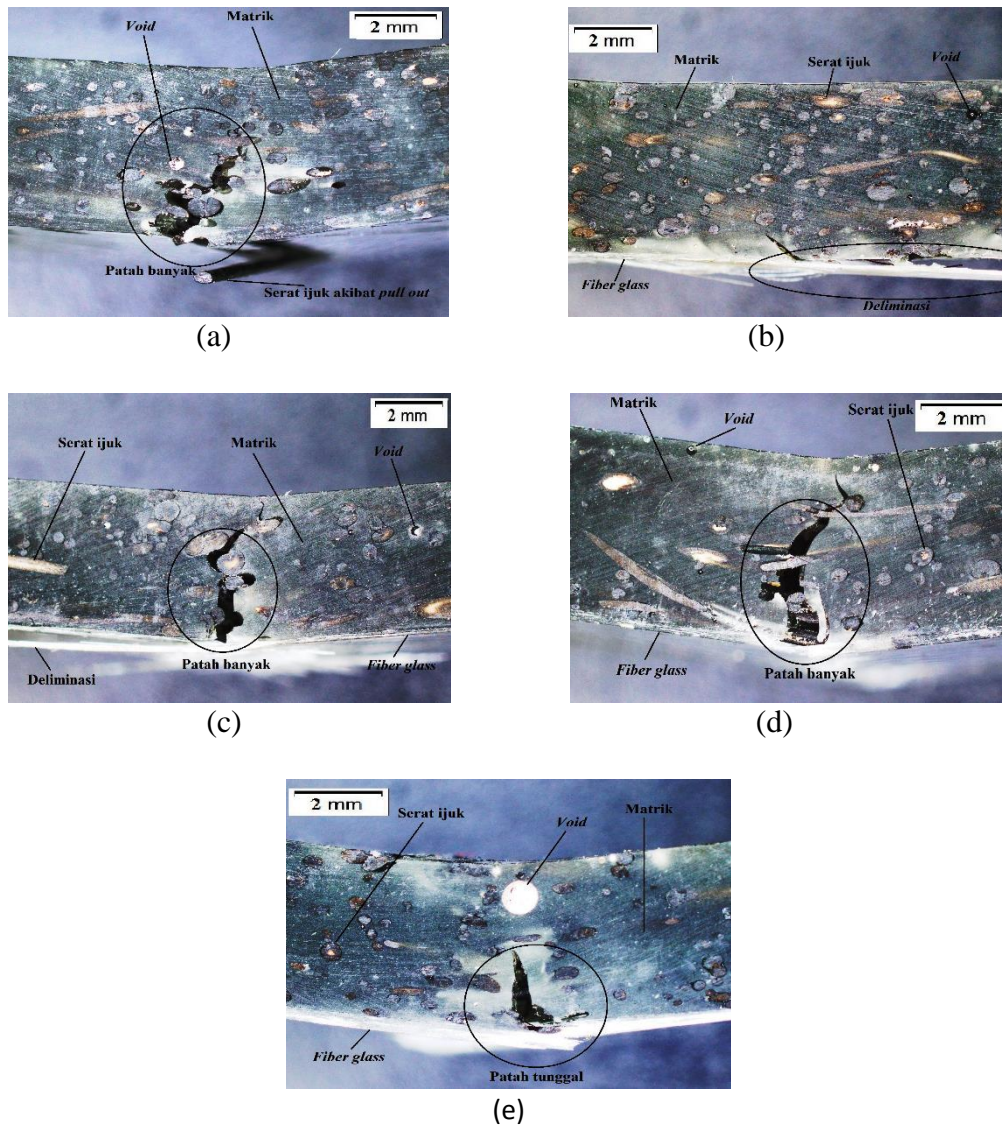
Untuk mengetahui karakteristik penampang patahan pada material komposit dari spesimen benda uji setelah dilakukan pengujian *bending*, maka dilakukan pengamatan foto makro pada patahan dan penampang patahan seperti terlihat pada Gambar 4.8, Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



Gambar 4.8. Foto makro patahan spesimen uji *bending* pada $L/d = 16$ (a) *hybrid ratio* (r_h) 0,0, (b) *hybrid ratio* (r_h) 0,1, (c) *hybrid ratio* (r_h) 0,2, (d) *hybrid ratio* (r_h) 0,3, dan (e) *hybrid ratio* (r_h) 0,4

Gambar 4.8. menunjukkan penampang patahan pada spesimen uji *bending* material komposit *hybrid* serat ijuk acak/serat gelas searah bermatriks epoksi.

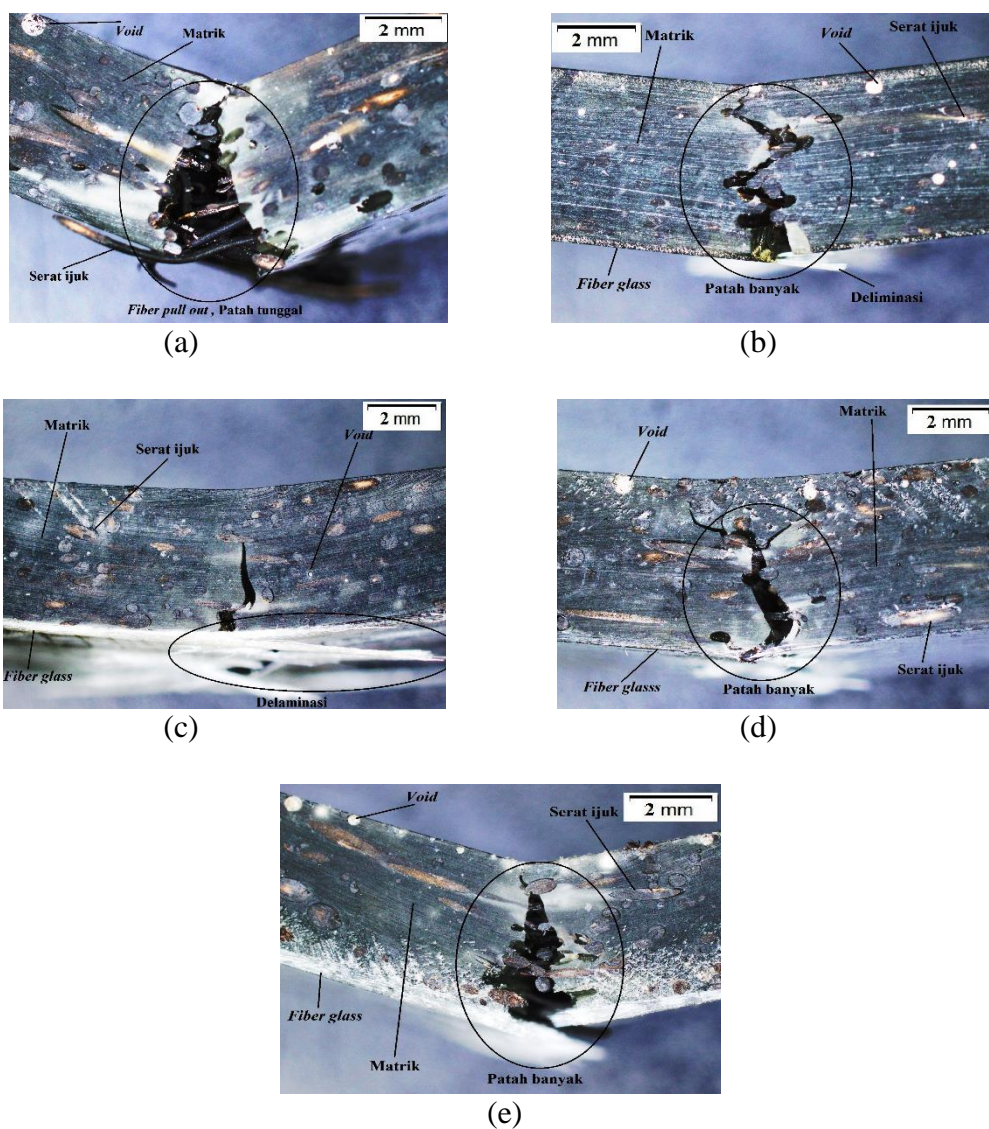
Pada spesimen uji dengan $L/d = 16$ patahan yang terjadi didominasi oleh patah tunggal, hal ini dikarenakan serat putus akibat beban tarik namun matriks tidak mampu menerima lagi beban tambahan, patahan yang terjadi pada satu bidang kontak. Berbeda dengan patah banyak seperti yang ditunjukkan pada gambar (d) terlihat bahwa patahan yang terjadi lebih dari satu bidang kontak.



Gambar 4.9. Foto makro patahan spesimen uji *bending* pada $L/d = 24$ (a) *hybrid ratio* (r_h) 0,0, (b) *hybrid ratio* (r_h) 0,1, (c) *hybrid ratio* (r_h) 0,2, (d) *hybrid ratio* (r_h) 0,3, dan (e) *hybrid ratio* (r_h) 0,4

Dari Gambar 4.9. terlihat bahwa hampir seluruh patahan spesimen pengujian didominasi oleh patah banyak. Hal ini terjadi karena beban yang

diberikan mampu didistribusikan oleh matrik kesekitarnya, 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. Kemudian pada gambar (b) dengan spesimen uji pada *hybrid ratio* (r_h) 0,1 terjadi delaminasi. Deliminasi terjadi akibat terlepasnya lapisan serat gelas terhadap matriks yang disebabkan gaya adhesi antara penguat dan matriks yang lemah.



Gambar 4.10. Foto makro patahan spesimen uji *bending* pada $L/d = 32$ (a) *hybrid ratio* (r_h) 0,0, (b) *hybrid ratio* (r_h) 0,1, (c) *hybrid ratio* (r_h) 0,2, (d) *hybrid ratio* (r_h) 0,3, dan (e) *hybrid ratio* (r_h) 0,4

Pada spesimen pengujian *bending* $L/d = 32$ kegagalan yang terjadi juga didominasi patah banyak dan pada serat ijuk ternyata mengalami *Fiber pull out*. *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.

Terlihat serat yang tercabut dari matrik akibat beban tarik saat matriks mengalami retak, sehingga kemampuan untuk menahan beban menjadi berkurang, namun komposit tersebut masih mampu menahan beban walaupun beban yang mampu ditahan lebih kecil dari pada beban maksimum. Saat matriks retak, beban akan ditransfer dari matriks ke serat di tempat persinggungan retak. Seiring dengan bertambahnya deformasi, kemampuan untuk mendukung beban hanya berasal dari serat. Selanjutnya ikatan pada bidang kontak antara matriks dengan serat akan terlepas akibat gaya geser sebelum dapat mendistribusikan beban pada serat secara sempurna, sehingga kondisi ikatan antara serat dan matrik menjadi lemah dan mengakibatkan performa komposit berkurang secara keseluruhan.



Gambar 4.11. Foto patahan serat gelas (a). Pada spesimen $L/d = 24$ *hybrid ratio* (r_h) 0,4; (b). Pada spesimen $L/d = 32$ *hybrid ratio* (r_h) 0,4

Pada gambar 4.11 terlihat bahwa, semakin besarnya nilai L/d maka nilai τ/σ akan menurun sehingga mengakibatkan patah *fiber breakage* seperti yang terjadi pada gambar (b). Sedangkan pada gambar (a) semakin kecilnya nilai L/d maka nilai τ/σ akan meningkat sehingga kegagalan delimitasi terjadi pada spesimen uji.