

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengujian Bending

Berdasarkan tujuan dari penelitian yang sudah disebutkan dalam BAB 1, maka dilakukan pengujian bending dengan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Material Universitas Sebelas Maret Surakarta sehingga didapatkan berupa data defleksi dan pembebanan. Berikut adalah tabel hasil dari pengujian bending komposit hibrida PVC/sisal/karbon yang telah dihitung:

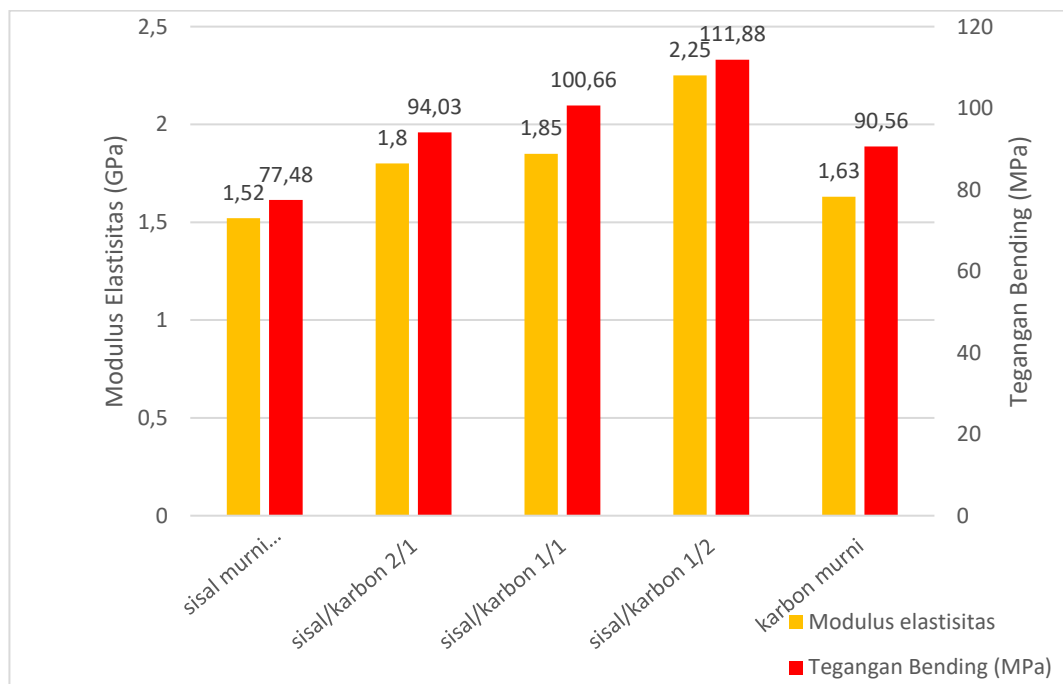
*Tabel 4.1 Hasil uji bending komposit hibrida PVC/sisal/karbon*

No	Spesimen				
	Sisal Murni Treatment (MPa)	Sisal/Karbon 2/1 (MPa)	Sisal/Karbon 1/1 (MPa)	Sisal/Karbon 1/2 (MPa)	Karbon Murni (MPa)
1	76,02	98,03	98,99	123,57	93,1
2	73,18	97,74	111,26	105,45	90,84
3	77,73	98,05	103,28	112,09	87,64
4	82,98	77,73	97,38	112,7	
5		98,59	92,41	105,57	
<b>Rata-Rata</b>	77,48	94,03	100,66	111,88	90,53

Dari tabel di atas, didapat hasil rata-rata pengujian bending paling tinggi adalah spesimen dengan komposisi sisal/karbon (1:2) dengan hasil uji bending rata-rata yaitu 111,88 MPa. Sedangkan hasil komposit sisal murni dengan perlakuan mempunyai hasil paling rendah.

*Tabel 4.2 Tabel modulus elastisitas uji bending*

Nomer Spesimen	Sisal Murni Treatment	Sisal/Karbon 2/1	Sisal/Karbon 1/1	Sisal/Karbon 1/2	Karbon Murni
1	1338,58	1811,02	2047,24	2362,20	1732,28
2	1574,80	2362,20	2047,24	2047,24	1574,80
3	1574,80	1181,10	1706,04	2362,20	1574,80
4	1574,80	1811,02	1889,76	2362,20	
5		1811,02	1574,80	2125,98	
<b>Rata-Rata (Mpa)</b>	1515,75	1795,28	1853,02	2251,97	1627,30
<b>Rata-Rata (Gpa)</b>	1,52	1,80	1,85	2,25	1,63

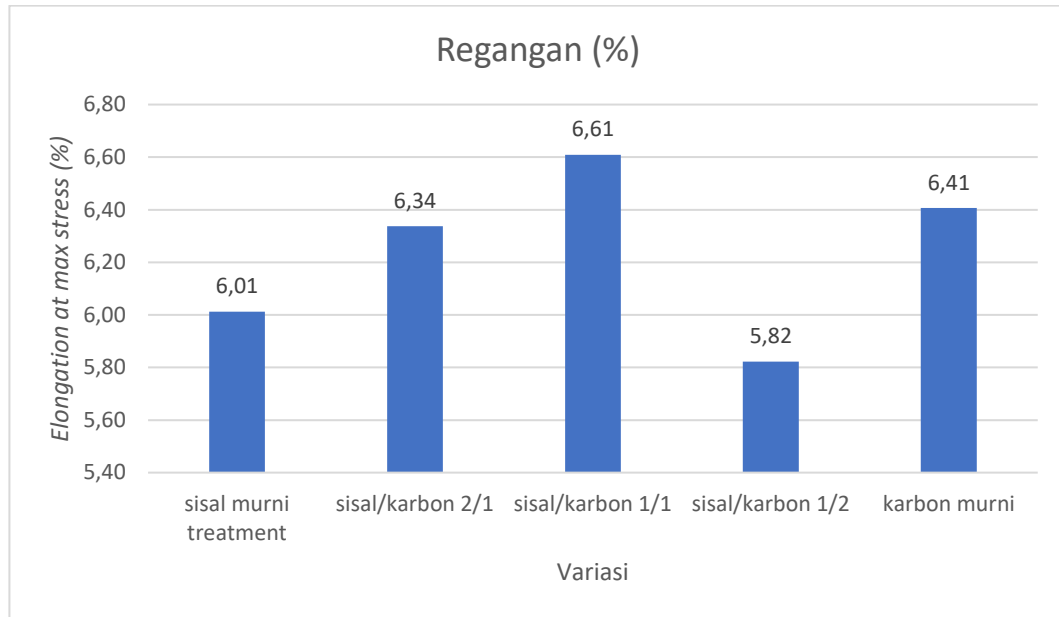


*Gambar 4.1 Modulus elastisitas dan uji bending komposit hibrida PVC/sisal/karbon*

Dari tabel 4.1 dan gambar 4.1 menunjukkan jika kekuatan bending komposit hibrida PVC/sisal/karbon mengalami kenaikan. Hal ini berarti menunjukkan penambahan volume serat karbon mengakibatkan kenaikan kekuatan komposit. Sedangkan pada komposit PVC/sisal alkali dan komposit PVC/karbon mempunyai hasil tegangan bending dibawah komposit hibrida PVC/sisal/karbon yang berarti pencampuran kedua serat tersebut dapat meningkatkan sifat mekanis suatu komposit. Hal ini disebabkan oleh sifat mekanis serat karbon yang lebih tinggi dibanding serat sisal sehingga penambahan serat karbon pada komposit serat sisal meningkatkan sifat mekanis komposit. Pencampuran tersebut juga berdampak pada modulus elastisitas komposit. Dimana pencampuran kedua serat tersebut menyebabkan meningkatnya kekakuan pada spesimen komposit. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.2 dan grafik 4.2. Semakin tinggi angka modulus elastisitas suatu material maka semakin kaku pula material tersebut. Dari data yang diperoleh, hasil paling tinggi yang didapat pada komposisi serat sisal/karbon 1/2 dengan nilai rata-rata kekuatan bending 111,88 MPa dan modulus elastisitas pada angka 2,25 GPa. Setelah dilihat menggunakan SEM dapat diketahui bahwa pada spesimen ditemukan *debonding* serat pada variasi serat sisal/karbon 1:2 dan 1:1. Hal inilah yang menyebabkan kekuatan bending spesimen menurun dikarenakan daya yang diterima oleh matriks tidak bisa diteruskan ke *filler*. Persebaran serat yang kurang merata juga membuat kekuatan bending tidak maksimal.

**Tabel 4.3** Tabel regangan uji bending

Nomer Spesimen	Sisal Murni Treatment	Sisal/Karbon 2/1	Sisal/Karbon 1/1	Sisal/Karbon ½	Karbon Murni
1	6,56	6,84	6,33	6,14	5,53
2	5,67	5,16	6,56	6,19	6,66
3	6,09	7,50	7,41	5,86	7,03
4	5,72	6,00	5,91	5,77	
5		6,19	6,84	5,16	
<b>Rata-rata</b>	6,01	6,34	6,61	5,82	6,41



Gambar 4.2 Regangan uji bending

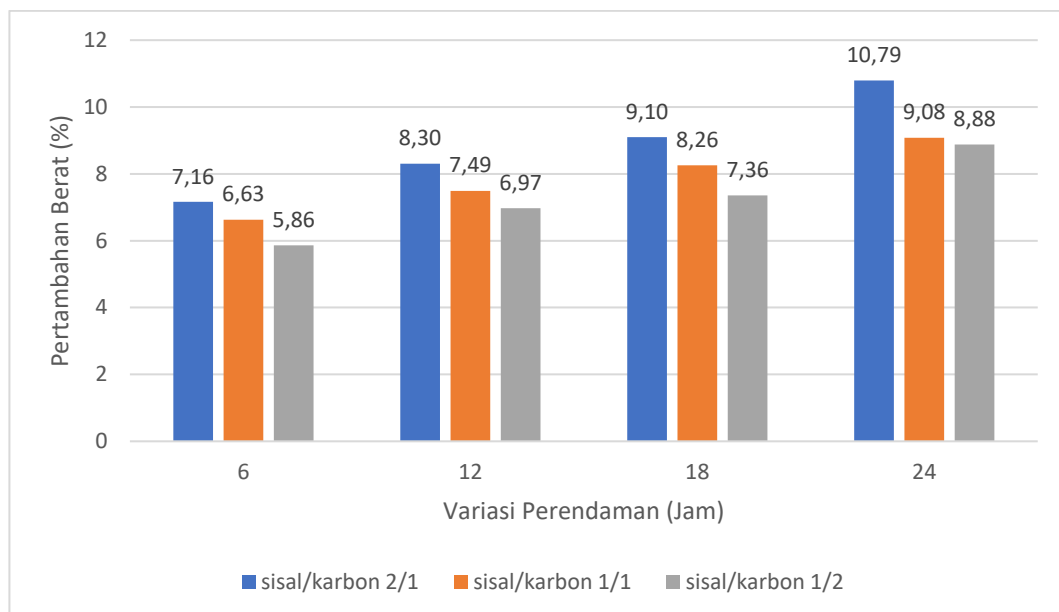
Dari grafik regangan di atas dapat diketahui bahwa komposit hibrida sisal/karbon 1:1 memiliki regangan yang paling tinggi dengan nilai 6.61%. Hal ini berarti bahwa dengan perbandingan volume serat yang sama maka komposit hibrida sisal/karbon 1/1 akan terdefleksi sebelum mengalami patah saat diberi pembebanan bending. Setelah diuji SEM dapat diketahui bahwa kenaikan regangan tersebut karena persebaran serat yang lebih merata dari pada komposit sisal/karbon 1/2 dan sisal/karbon 2/1. Komposit karbon murni memiliki nilai regangan yang berada dibawah komposit sisal/karbon 1:1. Sedangkan sisal/karbon 1:2 yang memiliki hasil tegangan bending tertinggi memiliki regangan yang rendah, hal ini berarti komposit sisal/karbon 1:2 memiliki kekakuan yang lebih tinggi.

#### 4.2. Pengujian Penyerapan Air dan *Thicness Swelling*

Berikut adalah hasil pengujian penyerapan air yang dilakukan sesuai standar ASTM D570.

**Tabel 4.4** Hasil pertambahan berat spesimen (%)

Jam	Sisal/Karbon 2/1	Sisal/Karbon 1/1	Sisal/Karbon ½
6	7,16	6,63	5,86
12	8,30	7,49	6,97
18	9,10	8,26	7,36
24	10,79	9,08	8,88

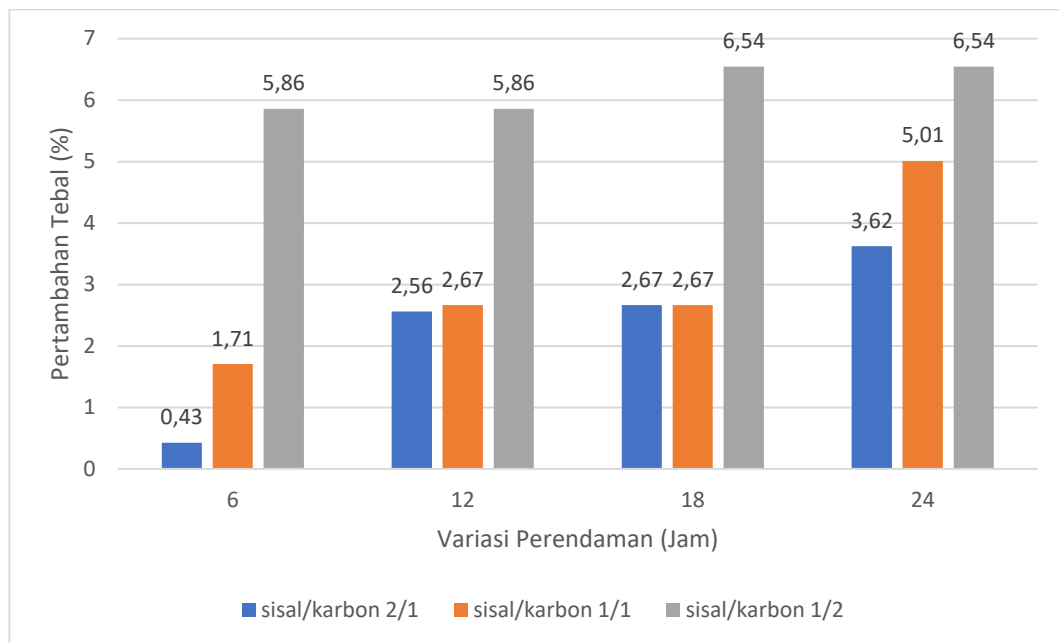
**Gambar 4.3** Hasil pengujian penyerapan air

Dari grafik di atas dapat diketahui penyerapan air paling banyak ada pada komposisi serat sisal/karbon 2/1 pada angka 7.16%, 8.30%, 9.10%, dan 10.79%. Hal tersebut menjelaskan bahwa semakin banyak serat alam yang terkandung pada sebuah material komposit semakin banyak pula penyerapan air yang dilakukan oleh komposit tersebut. Penyerapan air tersebut juga menambah berat pada komposit. Selain itu, penyerapan air juga akan semakin meningkat bersamaan dengan lama waktu perendaman. Penyerapan air akan semakin meningkat karena ikatan antara *filler* dan matriks yang buruk

kemudian mengakibatkan *micro void* sehingga memungkinkan adanya penyerapan air lebih (Shakeri, 2010).

**Tabel 4.5** Hasil uji *thickness swelling*

Jam	Sisal/Karbon 2/1	Sisal/Karbon 1/1	Sisal/Karbon 1/2
6	0,43	1,71	5,86
12	2,56	2,67	5,86
18	2,67	2,67	6,54
24	3,62	5,01	6,54

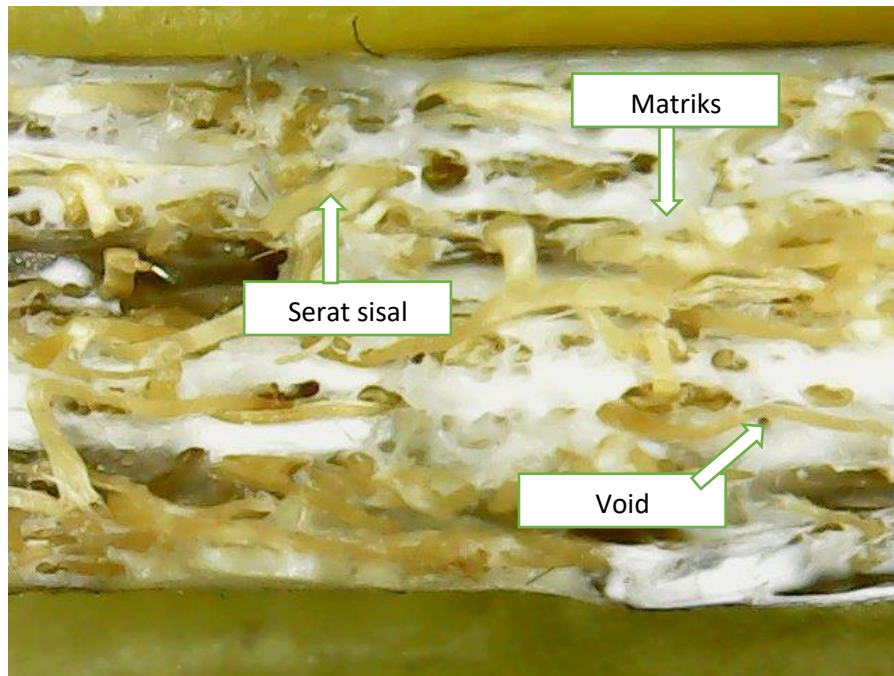


**Gambar 4.4** Hasil pengujian *thickness swelling* komposit hibrida PVC/sisal/karbon.

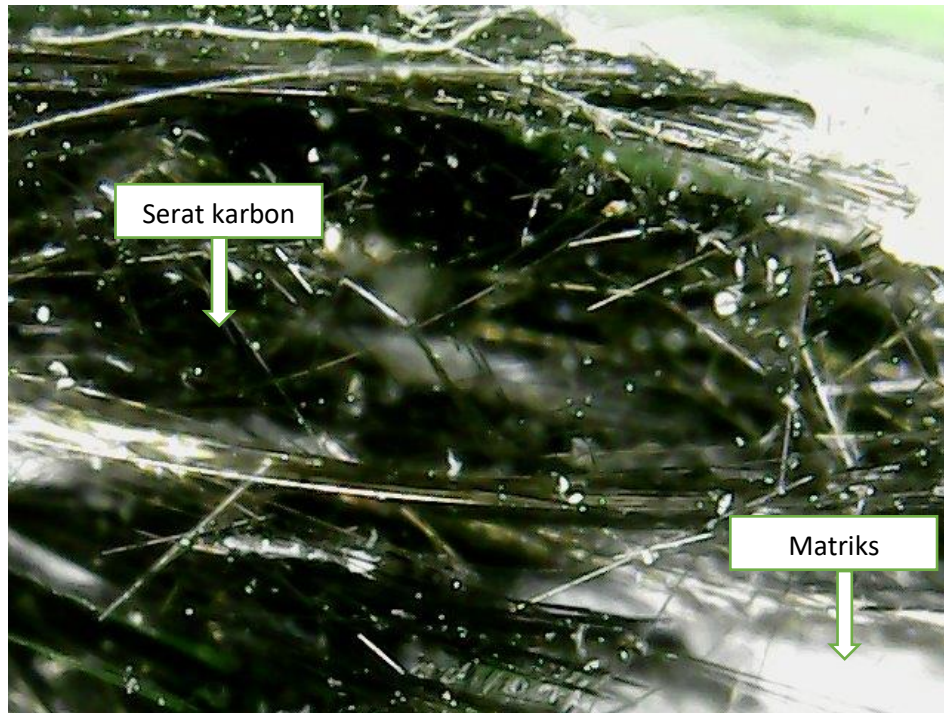
Dari grafik *thickness swelling* di atas dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu perendaman komposit maka semakin bertambah pula tebal dari komposit tersebut. Meskipun hasil pertambahan berat menunjukkan bahwa semakin banyak serat alam maka semakin banyak pula penyerapan air, namun pada hasil *thickness swelling* menunjukkan hasil yang berbanding terbalik. Hal ini dikarenakan berat serat karbon yang sangat ringan sehingga meskipun bertambah tebal namun berat dari spesimen tidak terpengaruh oleh tebal. Sifat serat karbon yang menggumpal memungkinkan air masuk di spesimen dengan cara kapilaritas sehingga mengisi celah-celah yang ada pada serat karbon yang menggumpal. Masuknya air pada celah serat karbon ini menyebabkan serat karbon lebih mengembang.

### 4.3. Karakterisasi Menggunakan SEM dan Foto Mikro

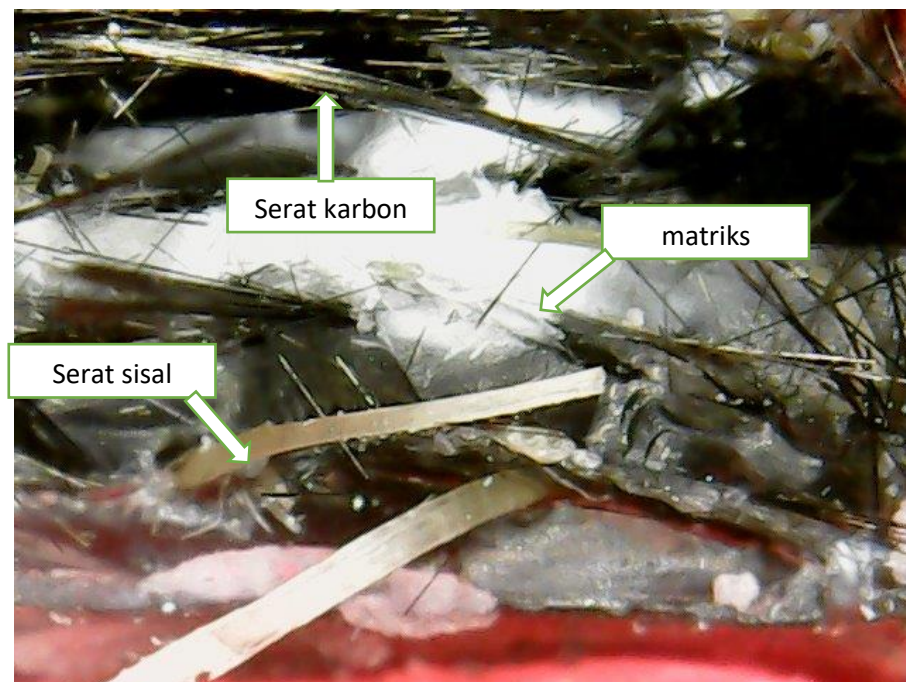
A. Hasil dari pengujian foto makro dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



*Gambar 4.5 hasil foto mikro spesimen sisal murni*

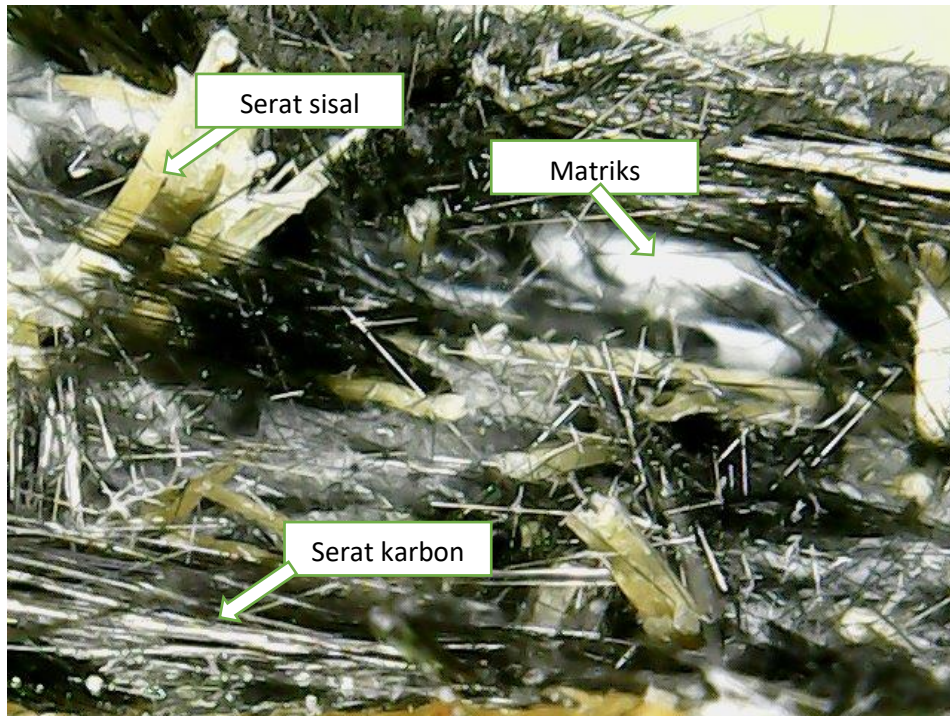


*Gambar 4.6 hasil foto mikro spesimen komposit serat karbon/PVC*

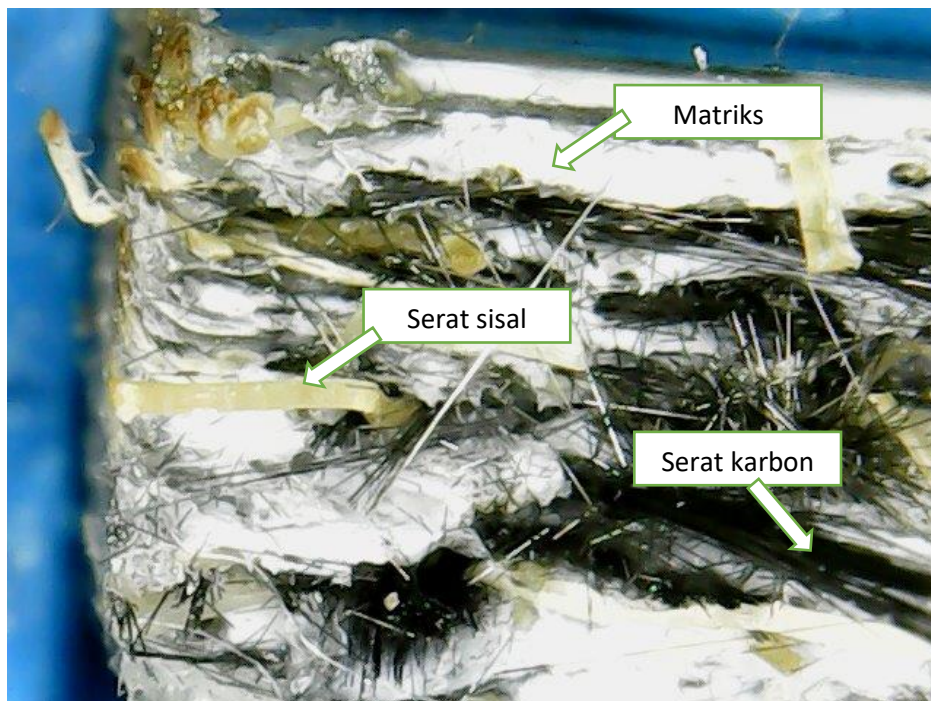


*Gambar 4.7 hasil foto mikro spesimen komposit serat karbon/serat sisal/PVC dengan perbandingan serat sisal 1:2 serat karbon*





*Gambar 4.8 hasil foto mikro spesimen komposit serat karbon/serat sisal/PVC dengan perbandingan serat sisal 1:1 serat karbon*

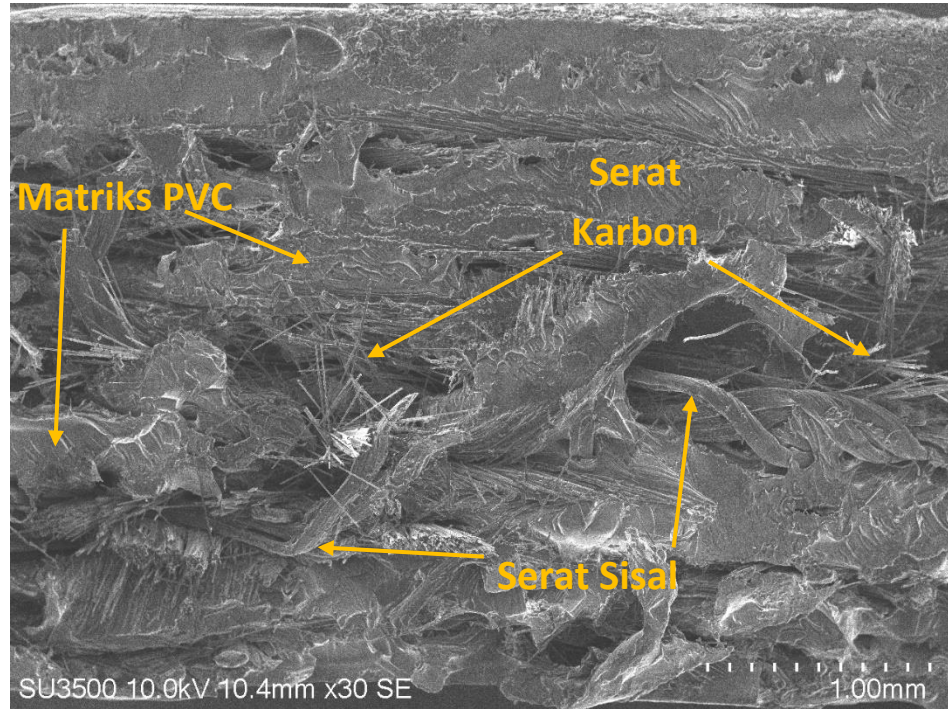


*Gambar 4.9 hasil foto mikro spesimen komposit serat karbon/serat sisal/PVC dengan perbandingan serat sisal 2:1 serat karbon*

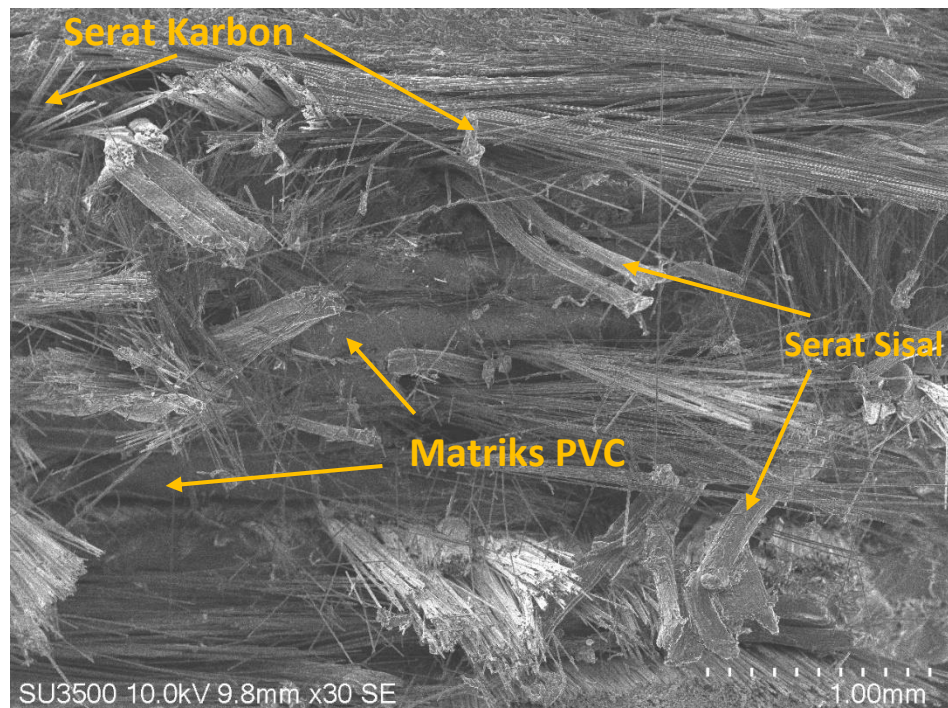
Berdasarkan hasil foto makro di atas (gambar 4.6 – gambar 4.8) persebaran serat tidak merata. Banyak serat karbon yang menggumpal dan terletak disuatu tempat. Hal ini dikarenakan proses pencampuran serat karbon dan serat sisal yang masih manual, sehingga menyebabkan serat tidak tercampur dengan sempurna. Massa jenis serat karbon yang lebih ringan juga mengakibatkan jumlah serat karbon lebih banyak daripada serat sisal. Persebaran serat yang kurang merata tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap kekuatan bending. Hal ini karena ikatan antara serat dengan matriks relatif baik dan jarang terdapat *void* yang terlihat.

## B. Struktur Patahan Spesimen Uji Bending

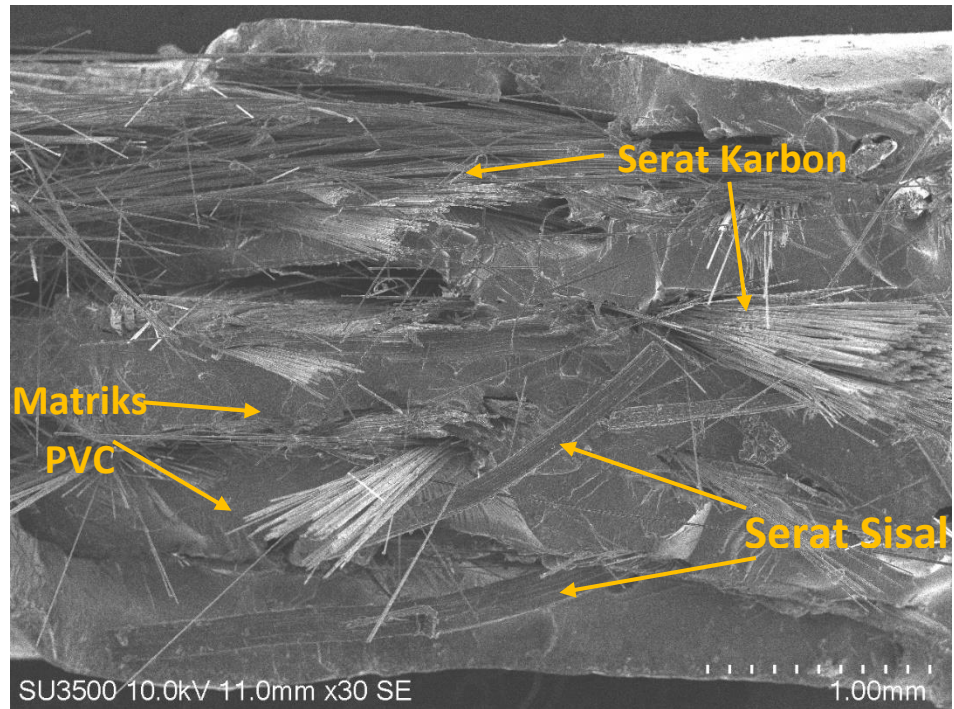
Hasil patahan dari uji bending kemudian dikarakterisasi menggunakan foto SEM. Hasil dari foto SEM adalah sebagai berikut :



(A)



(B)

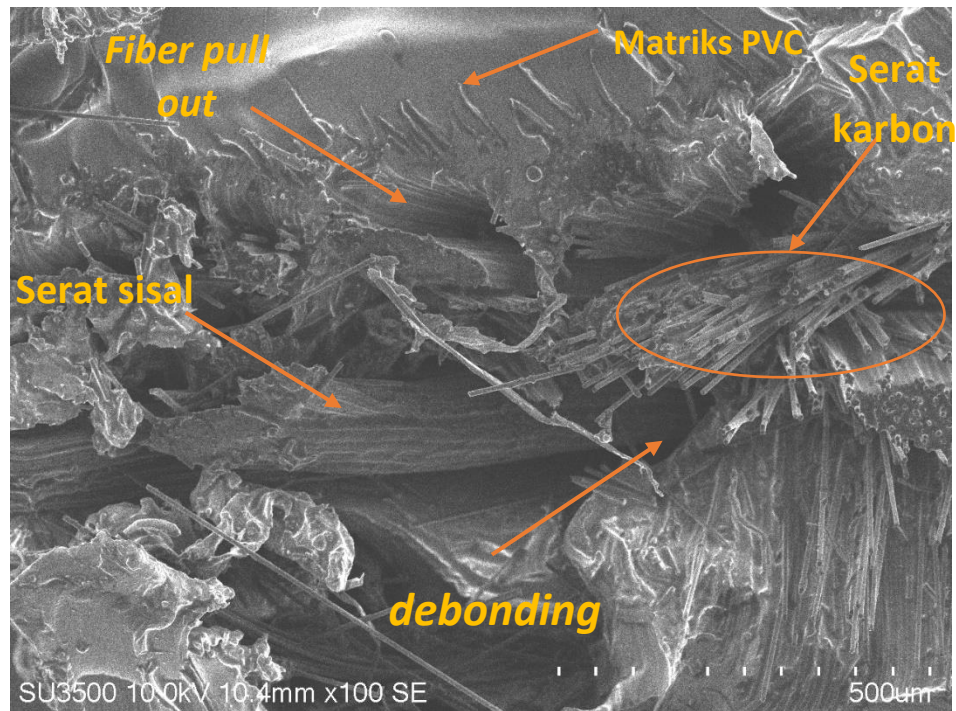


(C)

Gambar 4. 10 Struktur Patahan Komposit Hasil Uji SEM. (A) Sisal 2 : 1 karbon.  
(B) Sisal 1 : 1 Karbon. (C) Sisal 1 : 2 Karbon

Dari ketiga foto di atas dapat diketahui bahwa persebaran serat tidak merata. Hanya pada variasi sisal 1:1 karbon persebaran serat yang bisa dikatakan memiliki persebaran yang merata. Hal ini dikarenakan proses pencampuran serat yang dilakukan dengan cara manual. Sifat serat karbon yang cenderung menggumpal juga mengakibatkan banyak serat karbon yang menggumpal menjadi satu. Proses penataan serat dan matriks yang dilakukan dengan cara berlapis yaitu matriks-serat-matriks-serat-matriks mengakibatkan lapisan tersebut dapat terlihat dengan jelas.

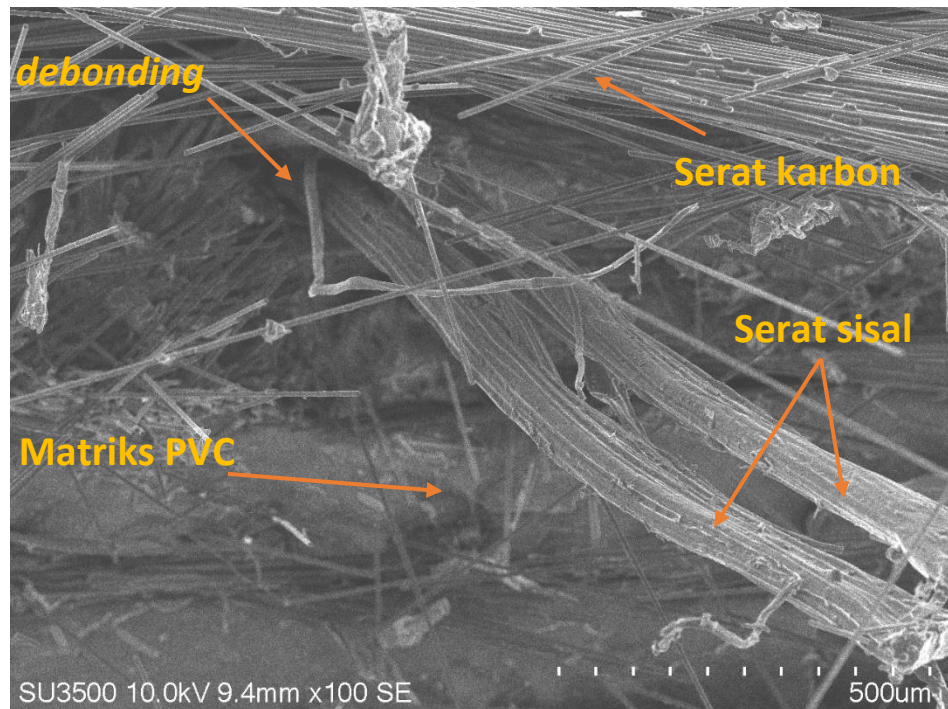
Selain itu terdapat *debonding* yang ada didalam komposit. Meskipun dari hasil patahan yang diamati terdapat sedikit jumlah *debonding* namun tidak menutup kemungkinan jumlah tersebut semakin banyak terdapat didalam komposit. *Debonding* mengakibatkan kekuatan bending komposit yang tidak maksimal. Hampir tidak ditemukan *void* pada hasil patahan tersebut.



Gambar 4.11 Struktur patahan komposit dengan perbandingan sisal 2:1 karbon  
Perbesaran 100x

Dari gambar 4.11 struktur patahan komposit dengan perbandingan sisal 2:1 karbon dapat dilihat serat karbon yang menggumpal menjadi satu. Hal ini dikarenakan sifat serat karbon yang cenderung menggumpal selain itu serat karbon sulit dipisahkan. Namun meskipun menggumpal serat karbon mengikat sangat baik dengan matriks. Hal ini dibuktikan dengan tidak ditemukannya *debonding* pada serat karbon sehingga bisa dipastikan serat karbon mengikat kuat dengan matriks.

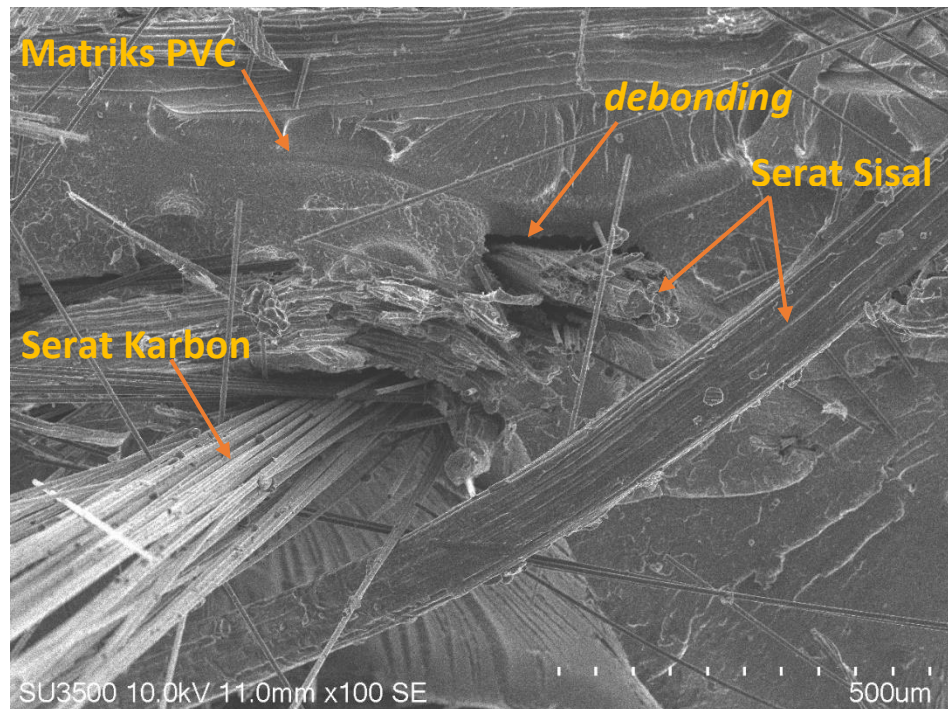
Berbeda dengan serat karbon, serat sisal yang memiliki sifat hidrofilik sehingga kurang bisa menyatu dengan matriks yang mempunyai sifat hidrofobik. Sifat hidrofilik serat sisal dapat dibuktikan dengan adanya *debonding* dan *fiber pull out* yang ada pada hasil patahan komposit. *Debonding* (lepasnya ikatan serat dengan matriks) mengakibatkan beban yang diterima oleh matriks tidak bisa diteruskan ke serat sehingga menurunkan kekuatan bending komposit. *Debonding* dapat mengakibatkan *fiber pull out*. Pada saat pembebanan bending serat yang mengalami *debonding* akan patah, dan serat yang patah itu akan ikut pada bagian patahan yang lain.



Gambar 4.12 Struktur patahan komposit dengan perbandingan sisal 1:1 karbon  
Perbesaran 100x

Pada gambar 4.12 Struktur patahan komposit dengan perbandingan sisal 1:1 karbon di atas dapat dilihat serat karbon yang masih menggumpal. Namun distribusi serat karbon merata pada setiap lapisan komposit. Volume serat karbon yang lebih banyak dari serat sisal membuat kekuatan bending komposit meningkat. Dapat dilihat juga serat karbon yang mengikat dengan matriks membuat kekuatan bending komposit juga meningkat.

Serat sisal yang merupakan pengisi komposit selain serat karbon dapat terlihat mengalami *debonding*. Tidak ditemukannya *fiber pull out* juga membuat kekuatan bending meningkat karena ikatan yang bagus antara serat sisal dengan matriks.



Gambar 4.13 Struktur patahan komposit dengan perbandingan sisal 1:2 karbon  
Perbesaran 100x

Dari gambar 4.13 Struktur patahan komposit dengan perbandingan sisal 1:2 karbon masih seperti gambar sebelumnya bahwa serat karbon menggumpal. Persebaran serat tidak merata dikarenakan proses fabrikasi yang menggunakan metode *hot press* dan penataan serat yang dilakukan secara manual. Sehingga menyebabkan banyak serat yang menggumpal sedangkan disisi lain ada bagian matriks yang tidak terisi serat. Volume serat karbon yang lebih banyak dari volume serat sisal dapat dilihat dari hasil SEM di atas. Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa semakin banyak volume serat karbon maka semakin tinggi hasil tegangan bending yang didapat.

Dari gambar di atas serat sisal mengalami *debonding* namun tidak mengalami *fiber pull out*. Ditemukan serat sisal yang mengalami patah. Menurut Raharjo (2015) rusak atau patahnya serat merupakan ciri dari ikatan serat dengan matriks yang kuat hal ini mengindikasikan bahwa beban yang diberikan akan diteruskan ke serat, lalu serat akan bertahan sampai batas kemampuan serat menerima beban.