

# Sifat mekanik pada komposit lamina menggunakan matriks kayu mahoni dan *reinforcement* bambu

Sofyan Djamil<sup>1</sup>, Sobron Lubis<sup>2</sup>, Calvin Chardly Pospos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, Jakarta

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, Jakarta  
Email korespondensi: sofyand@ft.untar.ac.id

## Abstrak

Komposit merupakan gabungan dari dua material atau lebih yang membentuk sifat baru. Komposit dengan bahan dasar material alam sangat terkenal belakangan ini, karena diharapkan hasil uji material komposit ini akan sekuat material besi. Dalam penelitian ini menggunakan matrix Kayu Mahoni dan Reinforcement Bambu yang dianyam. Penelitian dimulai dengan Anyaman Plain dan Anyaman Basket yang dipotong dengan ukuran 200mm x 20mm. Proses selanjutnya anyaman bambu direkatkan dengan menggunakan epoxy agar menyatu secara makro dengan kayu dengan cara hand lay-up. Kemudian komposit ini akan diuji tarik dan uji flexural untuk dapat mengetahui kekuatan yang dihasilkan. Proses pengujian dilakukan dengan dua metode : pengujian tarik yang mengacu pada ASTM 3039 dan pengujian lentur yang mengacu pada ASTM 7264. Berdasarkan pengujian tarik, dari 5 spesimen didapatkan kekuatan tarik maksimum untuk spesimen Plain Composite sebesar 43,18 N/mm<sup>2</sup>, dan Basket composite sebesar 45,65 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan, berdasarkan pengujian flexural dari 3 spesimen didapatkan kekuatan tarik maksimum untuk komposit anyaman plain menghasilkan tegangan maksimum sebesar 68,35 N/mm<sup>2</sup> dan untuk anyaman basket sebesar 82,27 N/mm<sup>2</sup>. Hasil yang didapatkan dari pengamatan mikroskop optik menunjukkan bahwa serat patahan komposit anyaman plain dan basket memiliki sifat getas.

**Kata kunci:** komposit, bambu, kayu mahoni, epoxy perekat.

## Abstract

Composite is a combination of two or more materials which creates new property. Composite with basic nature materials is the famous thing now, because hopefully the results of this material composite will strong like iron materials. The method in this research use matrix mahoni wood and woven bamboo for the reinforcement. The research start with plain woven bamboo and basket woven bamboo cut to size 200mm x 20mm. The next proses bamboo woven is glued with epoxy to fuse macroscopically with wood by hand lay-up. Then this composite materials will be tensile and flexural tested to know the occurred strength. Testing process is done by two methods : tensile test which refers to ASTM 3039 and flexural test which refers to ASTM 7264. Based on tensile test, maximum tensile strength obtained from 5 specimens for Plain Composite specimen about 43,18 N/mm<sup>2</sup>, and Basket Composite about 45,65 N/mm<sup>2</sup>. Meanwhile, based on flexural test obtained from 3 specimens for Plain Composite woven results in maximum stress about 68,35 N/mm<sup>2</sup> and 82,27 N/mm<sup>2</sup> for basket woven. Results obtained from optical microscope observation shows that fiber from fracture of composite plain woven and basket woven have brittle properties.

**Keywords:** composite, bamboo, mahoni wood, epoxy adhesive.

## 1. Pendahuluan

Saat ini penggunaan material komposit dengan filler serat alam mulai banyak dikenal dalam industri manufaktur.. Perkembangan di bidang manufaktur berpengaruh terhadap keinginan konsumen untuk mendapatkan suatu komponen yang memiliki material lebih kuat, ringan tetapi tetap memiliki segi estetika yang baik. Produsen menerapkan perkembangan teknologi untuk membuat komponen dengan material pengganti yang memiliki kelebihan dibandingkan material sebelumnya serta memperbaiki kekurangan yang ada dalam segi kualitas. Material yang ramah lingkungan, salah satu

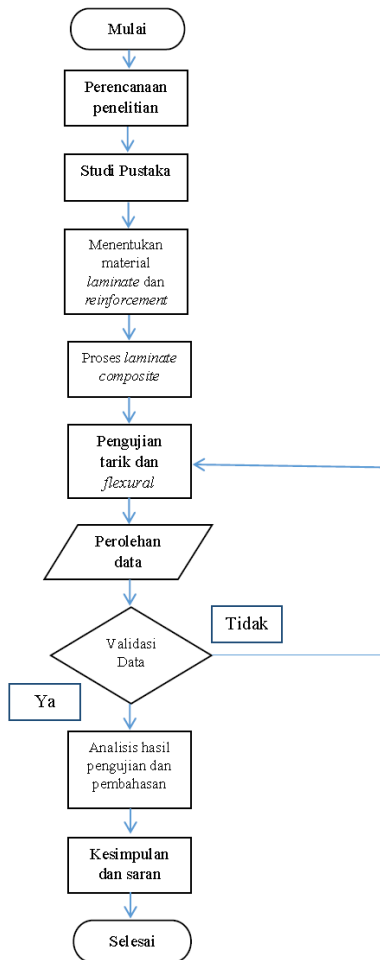
material yang diharapkan mampu memenuhi hal tersebut adalah material komposit dengan material pengisi (filler) serat alam.

*Laminate composite* adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina. Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Tujuan utama pembuatan komposit adalah membuat sifat material menjadi lebih baik dari penggabungan antara dua atau lebih sifat material yang berbeda. Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam seperti

bulat, kubik, tetragonal atau berbentuk yang tidak beraturan secara acak. Bahan komposit serat terdiri dari serat – serat yang diikat oleh matrik. Bentuk dari komposit ini terdiri atas dua macam yaitu serat panjang dan serat pendek.

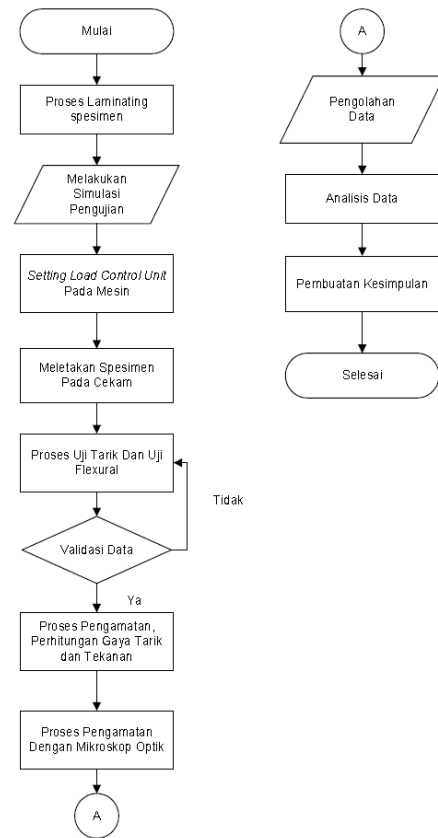
*Laminate composite* dijadikan sebagai material *alternative* untuk menggantikan fungsi dari material seperti aluminium atau *stainless steel* yang dibentuk menjadi plat ataupun lembaran yang dipergunakan dalam komponen di bidang industri otomotif maupun bidang manufaktur.

**2. Metode**



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Bagian ini berisi tata kerja penelitian yang telah dilakukan serta ditulis dengan jelas, sehingga percobaan atau penelitian yang telah dilakukan dapat diulang dengan hasil yang sama.



**Gambar 2.** Diagram Alir Proses Pengambilan Data

**3. Hasil dan Pembahasan**

Pada penelitian yang dilakukan menggunakan parameter pengujian yang sesuai dengan standard pengujian ASTM 3039 dan ASTM 7264 didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Pengukuran Lebar (l) Spesimen – Kayu Mahoni untuk uji tarik

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)
1	19,70	20,10	20,10
2	20,00	19,90	20,20
3	20,10	19,80	19,80
$\bar{l}$	19,93	19,94	20,03

$\bar{l}$  = lebar rata - rata

**Tabel 4.2** Pengukuran Tebal (t) Spesimen – Kayu Mahoni untuk uji tarik

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)
1	0,60	0,58	0,61
2	0,58	0,60	0,63
3	0,59	0,61	0,62
$\bar{t}$	0,59	0,59	0,62

$\bar{t}$  = tebal rata - rata



Gambar 4.1. Hasil Uji Tarik Spesimen Kayu Mahoni

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Tarik – Spesimen Kayu Mahoni

Spesimen	t (mm)	l (mm)	Ao (mm <sup>2</sup> )	P <sub>y</sub> (N)	P <sub>u</sub> (N)	ε (%)	σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
1	0,59	19,93	11,75	150,50	165,40	3,50	12,80	14,07
2	0,59	19,94	11,76	152,10	159,50	3,00	12,90	13,56
3	0,62	20,03	12,42	153,30	164,50	1,50	12,30	13,24
Mean	0,60	19,97	11,90	151,90	163,10	2,60	12,60	13,60
		Max				3,50	12,90	14,07
		Min				1,50	12,30	13,24
		Standar Deviasi				1,04	3,01	2,91

Keterangan: E<sub>u</sub> : Beban ultimate atau beban maksimum  
 t : Tebal  
 l : Lebar  
 Ao : Luas penampang  
 P<sub>y</sub> : Beban yield  
 ε : Pertambahan panjang  
 σ<sub>y</sub> : Tegangan yield  
 σ<sub>u</sub> : Tegangan ultimate atau tegangan maksimum

Tabel 4.4 Tabel Standar Deviasi Spesimen Kayu Mahoni

Spesimen	ε (%)	σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
Kayu Mahoni	2,60 ± 1,04	12,60 ± 3,01	13,60 ± 2,91

Tabel 4.6 Pengukuran Tebal (t) Spesimen – Laminat Composite Anyaman Plain untuk uji tarik

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)	Spesimen 4 (mm)	Spesimen 5 (mm)
1	2,71	2,70	2,72	2,71	2,68
2	2,65	2,69	2,71	2,72	2,71
3	2,74	2,72	2,68	2,72	2,69
ƒ	2,70	2,69	2,70	2,71	2,69

Tabel 4.5 Pengukuran Lebar (l) Spesimen – Laminat Composite Anyaman Plain untuk uji tarik

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)	Spesimen 4 (mm)	Spesimen 5 (mm)
1	19,90	20,20	20,10	20,00	20,00
2	20,10	20,10	20,20	20,20	19,90
3	20,20	20,10	19,80	20,10	20,20
ƒ	20,06	20,16	20,03	20,10	20,03



Gambar 4.2. Hasil Uji Tarik Spesimen Anyaman Plain

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Tarik – Spesimen Laminat Composite Anyaman Plain

Spesimen	t (mm)	l (mm)	Ao (mm <sup>2</sup> )	P <sub>y</sub> (N)	P <sub>u</sub> (N)	ε (%)	σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
1	2,70	20,06	54,16	1543,50	1788,5	3,19	28,49	33,02
2	2,69	20,16	54,23	1617,00	1727,5	2,18	29,81	31,85
3	2,70	20,03	54,08	1739,50	1947,75	3,34	32,16	36,01
4	2,71	20,10	54,47	1911,00	2352	4,50	35,08	43,18
5	2,69	20,03	53,88	1494,50	2009	1,50	27,73	37,28
Mean	2,70	20,07	54,16	1661,10	1964,95	2,90	30,65	36,26
		Max				4,50	35,08	43,18
		Min				1,50	27,73	31,85
		Standar Deviasi				1,15	2,99	4,44

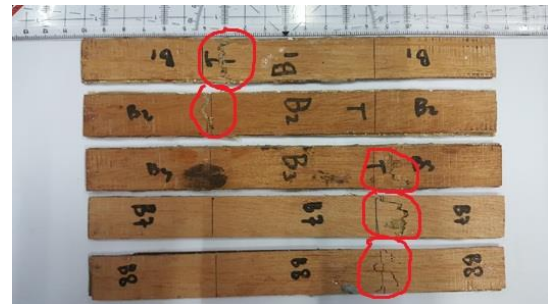
Keterangan: E<sub>u</sub> : Beban ultimate atau beban maksimum  
 t : Tebal  
 l : Lebar  
 Ao : Luas penampang  
 P<sub>y</sub> : Beban yield  
 ε : Pertambahan panjang  
 σ<sub>y</sub> : Tegangan yield  
 σ<sub>u</sub> : Tegangan ultimate atau tegangan maksimum

Tabel 4.8 Pengukuran Lebar (l) Spesimen – Laminat Composite Anyaman Basket untuk Uji Tarik

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)	Spesimen 4 (mm)	Spesimen 5 (mm)
1	20,20	20,20	20,30	20,10	19,90
2	20,30	19,80	19,90	19,90	20,10
3	20,10	19,90	20,10	20,20	20,00
ƒ	20,20	19,97	20,10	20,10	20,00

Tabel 4.9 Pengukuran Tebal (t) Spesimen – Laminat Composite Anyaman Basket untuk Uji Tarik

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)	Spesimen 4 (mm)	Spesimen 5 (mm)
1	2,72	2,70	2,71	2,71	2,72
2	2,71	2,69	2,71	2,72	2,71
3	2,68	2,71	2,70	2,69	2,70
ƒ	2,70	2,70	2,70	2,70	2,71



Gambar 4.3. Hasil Uji Tarik Spesimen Anyaman Basket

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Tarik – Spesimen Laminat Composite Anyaman Basket

Spesimen	t (mm)	l (mm)	Ao (mm <sup>2</sup> )	P <sub>y</sub> (N)	P <sub>u</sub> (N)	ε (%)	σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
1	2,70	20,20	54,54	1715,00	1984,50	1,48	31,45	36,38
2	2,70	19,97	53,92	1543,50	1960,00	3,15	28,62	36,35
3	2,70	20,10	54,27	1555,75	2070,25	3,48	28,67	38,15
4	2,70	20,10	54,27	1396,50	1592,50	2,25	25,73	29,34
5	2,71	20,00	54,20	1960,00	2474,50	3,25	36,16	45,65
Mean	2,70	20,10	54,24	1634,15	2016,35	2,70	30,12	37,17
		Max				3,48	25,73	45,65
		Min				1,48	36,16	29,34
		Standar Deviasi				0,83	3,93	5,81

Keterangan: E<sub>u</sub> : Beban ultimate atau beban maksimum  
 t : Tebal  
 l : Lebar  
 Ao : Luas penampang  
 P<sub>y</sub> : Beban yield  
 ε : Pertambahan panjang  
 σ<sub>y</sub> : Tegangan yield  
 σ<sub>u</sub> : Tegangan ultimate atau tegangan maksimum

Tabel 4.13 Pengukuran Lebar (b) Spesimen – Komposit Plain untuk flexural test

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)
1	19,80	20,20	20,10
2	20,10	19,70	19,90
3	19,90	19,80	20,20
b	19,94	19,90	20,06

Tabel 4.12 Tabel standar deviasi pengujian tarik untuk seluruh spesimen

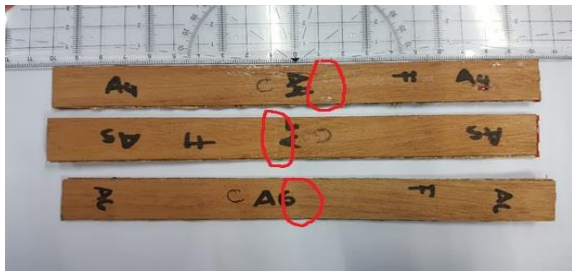
Spesimen	$\epsilon$ (%)	$\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	2,90 ± 1,13	30,65 ± 2,99	36,26 ± 4,44
2	2,70 ± 0,83	30,12 ± 3,93	37,17 ± 5,81

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Tarik Untuk Seluruh Spesimen

Spesimen	t (mm)	l (mm)	Ao (mm <sup>2</sup> )	F <sub>y</sub> (N)	F <sub>u</sub> (N)	$\epsilon$ (%)	$\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	2,70	20,07	54,16	1661,10	1964,95	2,90	30,65	36,26
2	2,70	20,10	54,24	1654,15	2016,35	2,70	30,12	37,17

Tabel 4.14 Pengukuran Tebal (d) Spesimen – Komposit Plain untuk flexural test

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)
1	2,72	2,69	2,68
2	2,71	2,72	2,72
3	2,69	2,71	2,71
4	2,67	2,71	2,72
5	2,73	2,68	2,70
d	2,70	2,70	2,70



Gambar 4.4. Hasil Uji Flexural Spesimen Anyaman Plain tampak depan

Tabel 4.16 Pengukuran Lebar (b) Spesimen – Komposit Basket untuk flexural test

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)
1	20,20	20,10	19,80
2	20,10	19,90	20,20
3	19,80	19,80	20,00
b	20,03	19,94	20,00

$\bar{b}$  = lebar rata - rata

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Flexural – Spesimen Komposit Plain

Spesimen	b (mm)	d (mm)	l (mm)	D (mm)	F (N)	$\sigma_f$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	19,94	2,70	30,00	2,00	221,48	68,35
2	19,90	2,70	30,00	5,00	127,40	39,03
3	20,06	2,70	30,00	3,00	184,24	56,86
Mean	19,96	2,70	30,00	3,34	177,71	54,76
		Max			221,48	68,35
		Min			127,40	39,03
		Standar Deviasi			47,37	14,77

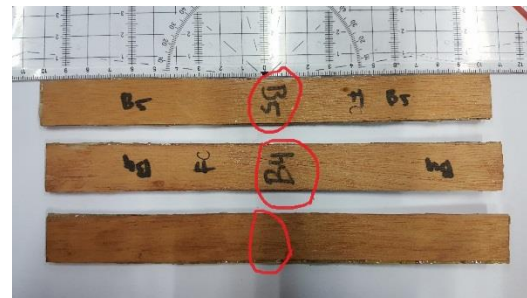
Keterangan:

- d : Tebal
- b : Lebar
- l : L Span
- D : Defleksi
- F : Beban
- $\sigma_f$  : Tegangan flexural

Tabel 4.17 Pengukuran Tebal (d) Spesimen – Komposit Basket untuk flexural test

Titik Pengukuran	Spesimen 1 (mm)	Spesimen 2 (mm)	Spesimen 3 (mm)
1	2,71	2,69	2,70
2	2,69	2,71	2,71
3	2,68	2,71	2,70
4	2,68	2,70	2,69
5	2,72	2,72	2,71
d	2,69	2,70	2,70

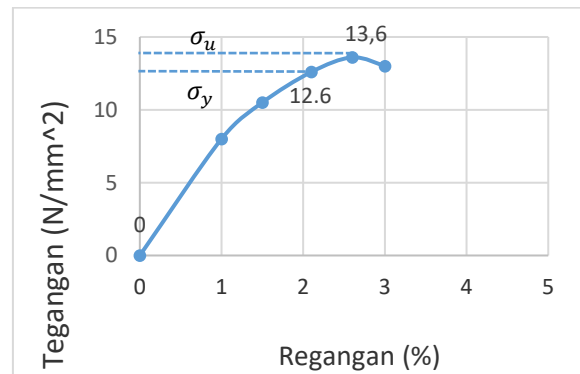
$\bar{d}$  = tebal rata - rata



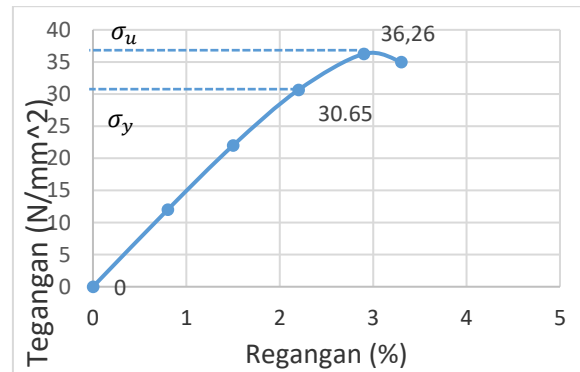
Gambar 4.5. Hasil Uji Flexural Spesimen Anyaman Basket tampak depan

Hasil Pengujian

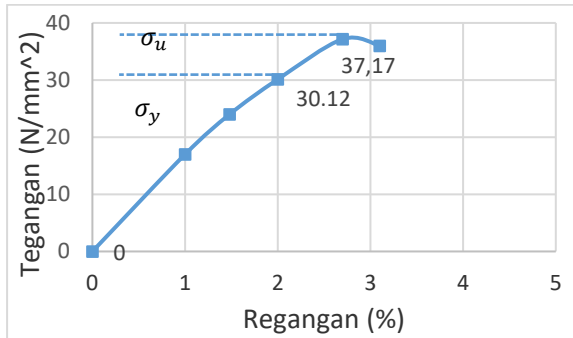
Berdasarkan data perhitungan penelitian, didapatkan grafik hubungan antar variabel sebagai berikut:



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Tegangan – Regangan Spesimen Kayu Mahoni



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Tegangan – Regangan Spesimen Anyaman Plain



**Gambar 4.8.** Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Spesimen Anyaman Basket

Berdasarkan gambar 4.6, 4.7 dan 4.8 hasil pengujian tarik dengan variabel hubungan antara tegangan dan regangan yang diambil dari data perhitungan, spesimen kayu mahoni tegangan maksimum sebesar 14,07 N/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian untuk komposit anyaman plain menghasilkan tegangan maksimum sebesar 43,18 N/mm<sup>2</sup> dan komposit anyaman basket sebesar 45,65 N/mm<sup>2</sup>. Komposit anyaman basket memiliki nilai tegangan tarik maksimum yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis komposit plain. Peningkatan nilai tegangan maksimum juga berbanding lurus dengan regangan yang dihasilkan, semakin tinggi nilai tegangan maksimum, maka regangan yang terjadi juga semakin besar.

**Tabel 4.19** Hasil Pengujian *Flexural* untuk Seluruh Spesimen

Spesimen	b (mm)	d (mm)	l (mm)	D (mm)	F (N)	$\sigma_f$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	19,96	2,70	30,00	3,34	177,71	54,76
2	19,99	2,69	30,00	2,67	248,60	76,72

**Tabel 4.18** Hasil Pengujian *Flexural* - Spesimen Komposit *Barker*

Spesimen	b (mm)	d (mm)	l (mm)	D (mm)	F (N)	$\sigma_f$ (N/mm <sup>2</sup> )	
1	20,03	2,69	30,00	3,00	266,56	82,27	
2	19,94	2,70	30,00	2,00	237,16	73,19	
3	20,00	2,70	30,00	3,00	242,06	74,71	
Mean	19,99	2,69	30,00	2,67	248,60	76,72	
					Max	266,56	82,27
					Min	237,16	73,19
					Standar Deviasi	15,75	4,86

Keterangan:  
 d : Tebal  
 b : Lebar  
 l : L. Span  
 D : Defleksi  
 F : Beban  
 $\sigma_f$  : Tegangan *flexural*

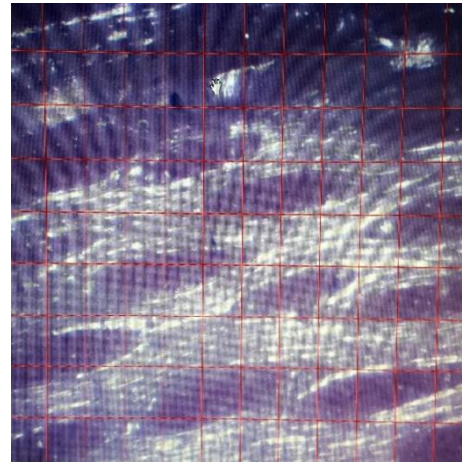
**Tabel 4.20** Tabel Standar Deviasi Pengujian *Flexural* Untuk Seluruh Spesimen

Spesimen	F (N)	$\sigma_f$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	177,71 = 47,37	54,76 = 14,77
2	248,60 = 15,75	76,72 = 4,86

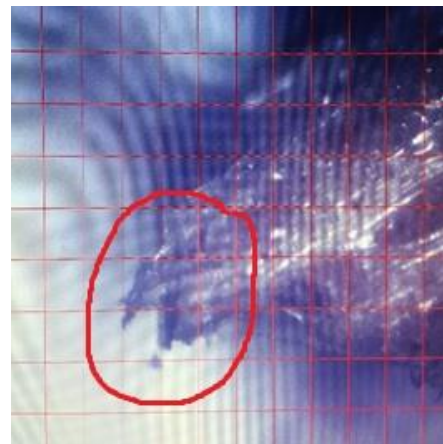
Keterangan:  
 1: Spesimen komposit dengan anyaman plain  
 2: Spesimen komposit dengan anyaman barker

**Analisis patahan.**

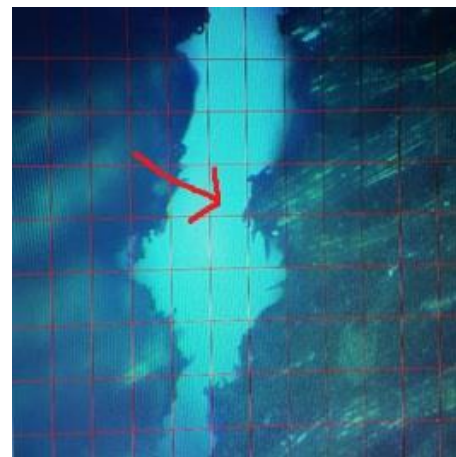
Spesimen hasil pengujian tarik dan flexural diamati dengan menggunakan mikroskop digital melalui perbesaran 500 X, untuk semua spesimen hasil uji. Pengambilan gambar melalui mikroskop menggunakan microscope camera system yang terintegrasi antara komputer dan mikroskop digital



**Gambar 4.9** Hasil pengamatan serat kayu mahoni



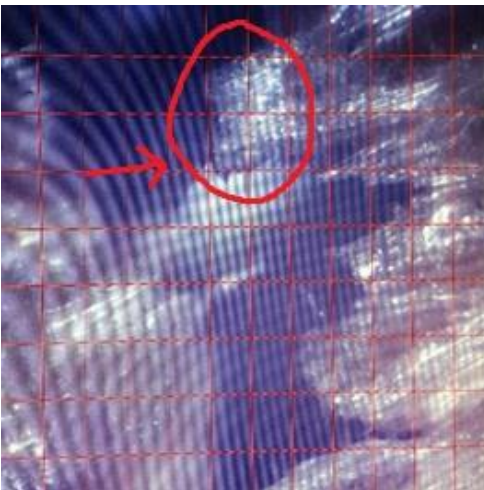
**Gambar 4.11** Hasil Pengamatan Patahan Kayu Mahoni Setelah Uji Tarik



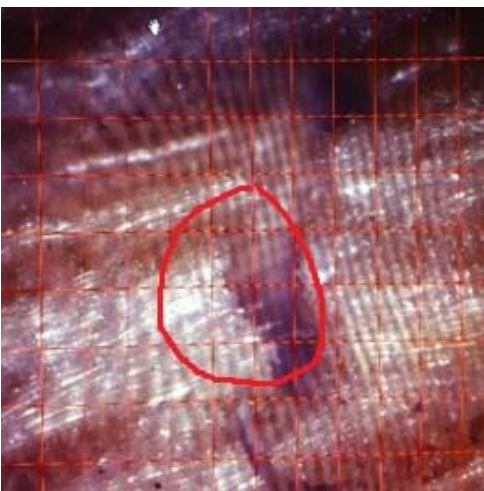
**Gambar 4.10** Hasil Pengamatan Patahan Komposit Anyaman Plain Setelah Uji Tarik



Gambar 4.12 Hasil Pengamatan Patahan Komposit Anyaman Plain Setelah Uji Flexural



Gambar 4.13 Hasil Pengamatan Patahan Komposit Anyaman Basket Setelah Uji Tarik



Gambar 4.14 Hasil Pengamatan Patahan Komposit Anyaman Basket Setelah Uji Flexural

Spesimen komposit anyaman plain dan anyaman basket hasil pengujian tarik dan flexural diamati menggunakan mikroskop optik melalui perbesaran 50x, pengambilan gambar menggunakan microscopic camera system yang terintegrasi antara komputer dan mikroskop optik. Perbedaan bentuk tekstur anyaman mempengaruhi kekuatan tarik dan kekuatan lentur dari komposit. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan profil serat patahan pada masing – masing spesimen di gambar 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 dan 4.14 pada daerah gage length, pengamatan pada spesimen komposit dengan anyaman bambu plain dan flexural menunjukkan patahan yang menghasilkan serat patahan baik pada komposit anyaman plain dan anyaman basket yang menandakan.

#### 4. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan analisis terhadap komposit lamina dengan 2 jenis anyaman dan pengujian, maka dapat disimpulkan :

Berdasarkan hasil pengujian tarik untuk komposit anyaman *plain* menghasilkan tegangan maksimum sebesar  $43,18 \text{ N/mm}^2$  dan untuk anyaman *basket* sebesar  $45,65 \text{ N/mm}^2$ .

Berdasarkan hasil pengujian *flexural*, untuk komposit anyaman *plain* menghasilkan tegangan *flexural* sebesar  $68,35 \text{ N/mm}^2$  dan untuk anyaman *basket* sebesar  $82,27 \text{ N/mm}^2$ .

Pada pengujian tarik hasil yang didapatkan adalah komposit anyaman *basket* memiliki nilai tegangan tarik maksimum yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis komposit anyaman *plain*.

Pada pengujian *flexural* hasil yang didapatkan adalah komposit anyaman *basket* memiliki nilai tegangan tarik maksimum yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis komposit anyaman *plain*.

Pada hasil pengamatan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 50x pada serat patahan komposit anyaman *plain* dan anyaman *basket* memiliki sifat getas

#### Daftar Pustaka

- [1] American Society For Testing And Material International.(2002) The Composite Materials Handbook, Polymers Matrix Composite, volume 3. Baltimore USA : ASTM International
- [2] American Society For Testing And Material International (2008) ASTM D3039/D3039M-08 : Standard Test Method for : Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. West Conshohocken USA : ASTM International
- [3] American Society For Testing And Material International (2007) ASTM D7246/D7246M-07 : Standard Test Method for : Flexural Properties

- of Polymer Matrix Composite Materials. West Conshohocken USA : ASTM International
- [4] Kazuya Okubo, Toru Fujii, Yuzo Yamamoto (2004) Development of bamboo-based polymer composites and their mechanical properties. *Composite Part A*:35: 377- 383.
  - [5] Trujillo, E. et al (2014) Bamboo fibres for reinforcement in composite materials. *Composite:Part A* 61 115-125
  - [6] Hiroyuki Konoshita, et al. (2009) Development of green composite consist of woodchips, bamboo fibers and biodegradable adhesive. *Composite Part B* : 607- 612
  - [7] Murali Mohan Rao, K.K.Mohana Rao (2010) Fabrication and testing of natural fibre composites ; Vakka, sisal, bamboo and banana. *Materials and Design* 31 : 508 -513
  - [8] Kannan Rassiah, M.M.H.Megat Ahmad, Aidy Ali (2014) Mechanical properties of laminated bamboo strips from *gigantochloa scortechinii*/polyester composites, *Materials and Design* 57 : 551 – 559
  - [9] Kazuya Okubo, Toru Fujii, and Yuzo Yamamoto. (2014) Development of bamboo based polymer composites and their mechanical properties. *Composite Part A* 35 : 377 -383.
  - [10] Vivek Dhand, et al (2015) A short review on basalt fiber reinforced polymer composites. *Composite, Part B*, :166-180.