

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Pembuatan Spesimen Bambu Laminasi

Pada penelitian ini, spesimen uji dibuat dari material bambu laminasi yang diproduksi sesuai dimensi pengujian tekan berdasarkan standar ASTM D790 dan ASTM D695 dengan metode *Three Point Bending*. Setiap spesimen memiliki panjang 170 mm, lebar 18 mm, dan tebal 8 mm (sesuai dengan ASTM D790) dan untuk Panjang 200 mm, kedalaman 80 mm, dan tebal 30 mm (sesuai dengan pengaplikasian).



Gambar 4. 1 Spesimen Pengujian Sesuai ASTM

Penelitian ini dilaksanakan sebagai penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk memperoleh data kuantitatif mengenai kekuatan *tekan* (*compressive strength*) komposit serat bambu laminasi yang dirancang sebagai material alternatif frame (gading) perahu nelayan tradisional Desa Timbulsloko, Demak. Fokus utama penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh komposisi serat bambu terhadap matriks resin epoxy serta kualitas proses laminasi terhadap kinerja mekanik material, khususnya dalam menahan beban tekan.



Gambar 4. 2 Spesimen Hasil Pengujian Sesuai Pengaplikasian

Pembuatan material diawali dengan pembuatan spesimen memiliki ukuran yang sesuai dengan standart yang sudah ditetapkan. Dan material dibuat dengan bahan bambu laminasi. Dari beberapa spesimen uji diatas, maka diperoleh hasil-hasil berikut ini :

Tabel 4. 1 Spesimen *Uji Three Point Bending* Sesuai ASTM D790

	Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Berat (gr)
Sesuai dengan ASDM D790	B1	170	20	10	19
	B2	170	20	10	21
	B3	170	20	10	22
	B4	170	20	10	28
	B5	170	20	10	24
	B6	170	20	10	23

Tabel 4. 2 Spesimen *Uji Three Point Bending* Sesuai Pengaplikasian

	Spesimen	Panjang (mm)	Kedalaman (mm)	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Berat (gr)
Sesuai dengan Pengaplikasian	M1	200	80	10	30	98
	M2	200	80	10	30	81
	M3	200	80	10	30	79
	M1	200	80	10	25	60
	M2	200	80	10	25	80
	M3	200	80	10	25	66

Total masing-masing spesimen uji ada 6 buah untuk pengujian, dimensi spesimen relatif seragam, menunjukkan bahwa proses fabrikasi dan pencetakan berjalan dengan baik serta meminimalkan variasi geometrik yang dapat memengaruhi hasil uji.

4.2 Pembahasan

Dalam pembahasan analisa data diperoleh dari hasil pengujian spesimen di Laboratorium Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Pengujian *Three Point Compressive Strength* dengan spesimen ini

mengacu pada standart ASTM D695 dan ASTM D790.

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM). Maka didapatkan hasil daya tekan masing-masing komposit berdasarkan pengujian alat tersebut.

4.2.1 Hasil pengujian *Three Point Bending*

Tabel 4. 3 Hasil pengujian *Three Point Bending* sesuai *ASTM*

Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tegangan Bending (Mpa)	Modulus Elastisitas (Mpa)
B 1	170	20	10	90,015	24,073
B 2	170	20	10	125,72	24,073
B 3	170	20	10	255,51	24,073
B 4	170	20	10	335,83	24,073
B 5	170	20	10	176,46	24,073
B 6	170	20	10	161,16	24,073

Pada data hasil pengujian *Three Point Bending* yang terdapat pada tabel 4.3 diatas, didapat dari spesimen uji yang menunjukkan besarnya gaya tekan maksimal untuk menentukan Tegangan Bending (MPa) dan hasil modulus elastisitas (N/m²). Mesin Uji Bending pada pengujian ini menggunakan satuan (N). Berikut ini merupakan hasil dari pengujian *Three Point Bending* terhadap spesimen menggunakan rumus :

1. Pada spesimen dengan panjang 170 mm, lebar 20 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan ASTM D790 pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 90,015 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 24,073 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 1,8 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 706 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\begin{aligned}\sigma_f &= \frac{3PL}{2bd^2} \\ &= \frac{3 \times 706 \times 170}{2 \times 20 \times 10^2} \\ &= \frac{360,060}{4000} \\ &= 90,015 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

b) Modulus Elastisitas

$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{170^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 20 \times 10^3} \\
&= \frac{1,925,896 \text{ N}}{80000} \\
&= 24,073 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

c) Regangan Lentur Maksimum (Flexural Strain)

$$\begin{aligned}
\varepsilon_f &= \frac{6Dd}{L^2} \\
&= \frac{6 \times 1,8 \times 10}{170^2} \\
&= \frac{108}{28900} \\
&= 0,00373 \\
&= 0,373 \%
\end{aligned}$$

d) Defleksi Maksimum

$$\begin{aligned}
D &= \frac{\varepsilon_f L^2}{6d} \\
&= \frac{0,00373 \times 28,900}{60} \\
&= 1,8 \text{ mm}
\end{aligned}$$

2. Pada spesimen dengan panjang 170 mm, lebar 20 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan ASTM D790 pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan Bending 125,72 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 24,073 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 2,51 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 986 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\begin{aligned}
\sigma_f &= \frac{3PL}{2bd^2} \\
&= \frac{3 \times 986 \times 170}{2 \times 20 \times 10^2}
\end{aligned}$$

$$= \frac{502,860}{4000}$$

$$= 125,72 \text{ Mpa}$$

b) Modulus Elastisitas

$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

$$= \frac{170^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 20 \times 10^3}$$

$$= \frac{1,925,896 \text{ N}}{80000}$$

$$= 24,073 \text{ Mpa}$$

c) Regangan Lentur Maksimum (Flexural Strain)

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$$

$$= \frac{6 \times 2,51 \times 10}{170^2}$$

$$= \frac{150,6}{28,900}$$

$$= 0,00522$$

$$= 0,522 \%$$

d) Defleksi Maksimum

$$D = \frac{\varepsilon_f L^2}{6d}$$

$$= \frac{0,00522 \times 28,900}{60}$$

$$= 2,51 \text{ mm}$$

Pada spesimen dengan panjang 170 mm, lebar 20 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan ASTM D790 pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 255,51 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 24,073 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 5,11 mm.

Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 2004 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

- a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\begin{aligned}\sigma_f &= \frac{3PL}{2bd^2} \\ &= \frac{3 \times 2004 \times 170}{2 \times 20 \times 10^2} \\ &= \frac{1,022,040}{4000} \\ &= 255,51 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- b) Modulus Elastisitas

$$\begin{aligned}E_f &= \frac{L^3m}{4bd^3} \\ &= \frac{170^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 20 \times 10^3} \\ &= \frac{1,925,896 \text{ N}}{80000} \\ &= 24,073 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- c) Regangan Lentur Maksimum(Flexural Strain)

$$\begin{aligned}\varepsilon_f &= \frac{6Dd}{L^2} \\ &= \frac{6 \times 5,11 \times 10}{170^2} \\ &= \frac{306,6}{28900} \\ &= 0,01061 \\ &= 1,061 \%\end{aligned}$$

- d) Defleksi Maksimum

$$D = \frac{\varepsilon_f L^2}{6d}$$

$$= \frac{0,01061 \times 28,900}{60}$$

$$= 5,11 \text{ mm}$$

4. Pada spesimen dengan panjang 170 mm, lebar 20 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan ASTM D790 pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 335,835 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 24,073 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 6,72 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 2634 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

- a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$= \frac{3 \times 2634 \times 170}{2 \times 20 \times 10^2}$$

$$= \frac{1,343,340}{4000}$$

$$= 335,835 \text{ Mpa}$$

- b) Modulus Elastisitas

$$E_f = \frac{L^3m}{4bd^3}$$

$$= \frac{170^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 20 \times 10^3}$$

$$= \frac{1,925,896 \text{ N}}{80000}$$

$$= 24,073 \text{ Mpa}$$

- c) Regangan Lentur Maksimum (Flexural Strain)

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$$

$$= \frac{6 \times 6,72 \times 10}{170^2}$$

$$= \frac{403.2}{28900}$$

$$= 0,01395$$

$$= 1,395 \%$$

d) Defleksi Maksimum

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

Momen Inersia :

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$= 1666,67 \text{ mm}^4$$

$$L^3 = 4,913,000$$

Substitusi :

$$\delta = \frac{1666,67 \times 2634^3}{48 \times 24,073 \times 4,913,000}$$

$$= \frac{12,939,342,000}{1,925,840}$$

$$= 6,72 \text{ mm}$$

5. Pada spesimen dengan panjang 170 mm, lebar 20 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan ASTM D790 pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 176,46 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 24,073 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 5,11 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 1384 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$= \frac{3 \times 1384 \times 170}{2 \times 20 \times 10^2}$$

$$= \frac{705840}{4000}$$

$$= 176,46 \text{ Mpa}$$

b) Modulus Elastisitas

$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

$$= \frac{170^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 20 \times 10^3}$$

$$= \frac{1,925,896 \text{ N}}{80000}$$

$$= 24,073 \text{ Mpa}$$

c) Regangan Lentur Maksimum(Flexural Strain)

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$$

$$= \frac{6 \times 3,53 \times 10}{170^2}$$

$$= \frac{211,8}{28900}$$

$$= 0,00733$$

$$= 0,733 \%$$

d) Defleksi Maksimum

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

Momen Inersia :

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$= 2,500 \text{ mm}^4$$

jadi

$$= \frac{1384 \times 4,913,000}{1,925,840}$$

$$= 5,11 \text{ mm}$$

6. Pada spesimen dengan panjang 170 mm, lebar 20 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan ASTM D790 pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 161,16 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 24,073 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 3,23 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 1264 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

- a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$= \frac{3 \times 1264 \times 170}{2 \times 20 \times 10^2}$$

$$= \frac{644,640}{4000}$$

$$= 161,16 \text{ Mpa}$$

- b) Modulus Elastisitas

$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

$$= \frac{170^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 20 \times 10^3}$$

$$= \frac{1925896 \text{ N}}{80000}$$

$$= 24,073 \text{ Mpa}$$

- c) Regangan Lentur Maksimum (Flexural Strain)

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$$

$$= \frac{6 \times 3,23 \times 10}{170^2}$$

$$= \frac{193,8}{28900}$$

$$= 0,00671$$

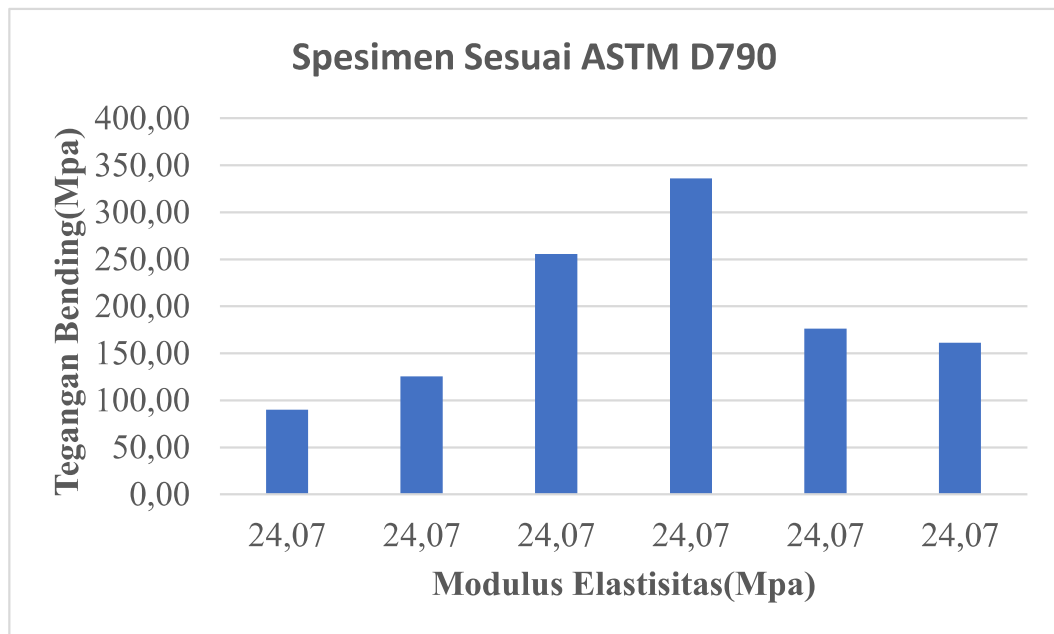
$$= 0,671 \%$$

d) Defleksi Maksimum

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

$$= \frac{1264 \times 4,913,000}{1,925,840}$$

$$= 3,23 \text{ mm}$$



Gambar 4. 3 Diagram Tegangan *Bending* dan Modulus Elastisitas sesuai ASTM D790

4.2.3 Hasil pengujian *Three Point Bending* sesuai dengan Pengaplikasian

Tabel 4. 4 Hasil pengujian *Three Point Bending* sesuai dengan Pengaplikasian

Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tegangan Bending (Mpa)	Modulus Elastisitas (Mpa)
M1	200	30	10	138,5	26,133
M2	200	30	10	147,2	26,133

M3	200	30	10	185	26,133
M1	200	25	10	26,64	31,36
M2	200	25	10	266,4	31,36
M3	200	25	10	87,84	31,36

1. Pada spesimen dengan panjang 200 mm, lebar 30 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan Pengaplikasian pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 138,5 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 26,133 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 3,53 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 1385 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\begin{aligned}\sigma_f &= \frac{3PL}{2bd^2} \\ &= \frac{3 \times 1385 \times 200}{2 \times 30 \times 10^2} \\ &= \frac{831,000}{6000} \\ &= 138,5 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

b) Modulus Elastisitas

$$\begin{aligned}E_f &= \frac{L^3m}{4bd^3} \\ &= \frac{200^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 30 \times 10^3} \\ &= \frac{3,136,000 \text{ N}}{120000} \\ &= 26,133 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

c) Regangan Lentur Maksimum(Flexural Strain)

$$\begin{aligned}\epsilon_f &= \frac{6Dd}{L^2} \\ &= \frac{6 \times 3,53 \times 10}{200^2}\end{aligned}$$

$$= \frac{211,8}{40000}$$

$$= 0,00530$$

$$= 0,530 \%$$

d) Defleksi Maksimum

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

Momen Inersia :

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$= 2,500 \text{ mm}^4$$

Substitusi :

$$= \frac{1385 \times 8,000,000}{3,135,960}$$

$$= 3,53 \text{ mm}$$

2. Pada spesimen dengan panjang 200 mm, lebar 30 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan Pengaplikasian pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 147,2 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 26,133 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 3,75 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 1472 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$= \frac{3 \times 1472 \times 200}{2 \times 30 \times 10^2}$$

$$= \frac{883,200}{6000}$$

$$= 147,2 \text{ Mpa}$$

b) Modulus Elastisitas

$$\begin{aligned}
 E_f &= \frac{L^3 m}{4bd^3} \\
 &= \frac{200^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 30 \times 10^3} \\
 &= \frac{3,136,000 \text{ N}}{120000} \\
 &= 26,133 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

c) Regangan Lentur Maksimum(Flexural Strain)

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_f &= \frac{6Dd}{L^2} \\
 &= \frac{6 \times 3,75 \times 10}{200^2} \\
 &= \frac{225}{40000} \\
 &= 0,00563 \\
 &= 0,563 \%
 \end{aligned}$$

d) Defleksi Maksimum

$$\begin{aligned}
 \delta &= \frac{PL^3}{48EI} \\
 &= \frac{1472 \times 8,000,000}{3,135,960} \\
 &= 3,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Pada spesimen dengan panjang 200 mm, lebar 30 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan Pengaplikasian pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 185 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 26.133 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 4.72 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 1850 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\begin{aligned}\sigma_f &= \frac{3PL}{2bd^2} \\ &= \frac{3 \times 1850 \times 200}{2 \times 30 \times 10^2} \\ &= \frac{1,110,000}{6000} \\ &= 185 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

b) Modulus Elastisitas

$$\begin{aligned}E_f &= \frac{L^3 m}{4bd^3} \\ &= \frac{200^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 30 \times 10^3} \\ &= \frac{3,136,000 \text{ N}}{120000} \\ &= 26,133 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

c) Regangan Lentur Maksimum(Flexural Strain)

$$\begin{aligned}\varepsilon_f &= \frac{6Dd}{L^2} \\ &= \frac{6 \times 4,72 \times 10}{200^2} \\ &= \frac{282,2}{40000} \\ &= 0,00708 \\ &= 0,708 \%\end{aligned}$$

d) Defleksi Maksimum

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{PL^3}{48EI} \\ &= \frac{1850 \times 8,000,000}{3,135,960} \\ &= 4,72 \text{ mm}\end{aligned}$$

4. Pada spesimen dengan panjang 200 mm, lebar 25 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan sesuai dengan Pengaplikasian pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 26,64 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 31,36 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 0,56 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 222 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

- a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\begin{aligned}\sigma_f &= \frac{3PL}{2bd^2} \\ &= \frac{3 \times 222 \times 200}{2 \times 25 \times 10^2} \\ &= \frac{133,200}{5000} \\ &= 26,64 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- b) Modulus Elastisitas

$$\begin{aligned}E_f &= \frac{L^3m}{4bd^3} \\ &= \frac{200^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 25 \times 10^3} \\ &= \frac{3,136,000 \text{ N}}{100000} \\ &= 31,36 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- c) Regangan Lentur Maksimum(Flexural Strain)

$$\begin{aligned}\varepsilon_f &= \frac{6Dd}{L^2} \\ &= \frac{6 \times 0,56 \times 10}{200^2} \\ &= \frac{33,96}{40000} \\ &= 0,000849\end{aligned}$$

$$= 0,0849 \%$$

d) Defleksi Maksimum

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$= 2,083 \text{ mm}^4$$

$$= \frac{222 \times 8,000,000}{3,135,974}$$

$$= 0,56 \text{ mm}$$

Pada spesimen dengan panjang 200 mm, lebar 25 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan Pengaplikasian pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 266,4 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 31,36 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 5,66 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 2220 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$= \frac{3 \times 2220 \times 200}{2 \times 25 \times 10^2}$$

$$= \frac{1,332,000}{5000}$$

$$= 266,4 \text{ Mpa}$$

b) Modulus Elastisitas

$$E_f = \frac{L^3m}{4bd^3}$$

$$= \frac{200^3 \times 0,392 \text{ N/mm}}{4 \times 25 \times 10^3}$$

$$= \frac{3,136,000 \text{ N}}{100000}$$

$$= 31,36 \text{ Mpa}$$

c) Regangan Lentur Maksimum(Flexural Strain)

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$$

$$= \frac{6 \times 5,66 \times 10}{200^2}$$

$$= \frac{339,6}{4000}$$

$$= 0,00849$$

$$= 0,849 \%$$

d) Defleksi Maksimum

$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

$$= \frac{2220 \times 8,000,000}{3,135,974}$$

$$= 5,66 \text{ mm}$$

6. Pada spesimen dengan panjang 200 mm, lebar 25 mm dan tebal 10 mm yang menggunakan spesimen sesuai dengan Pengaplikasian pada saat pengujian *Three Point Bending* mendapatkan nilai Tegangan *Bending* 87,84 (MPa), Modulus Elastisitas sebesar 31,36 (MPa) dan Defleksi Maksimum sebesar 1,87 mm. Berdasarkan nilai beban tekan sebesar 732 (N). Adapun hasil yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan rumus uji *Three Point Bending* adalah sebagai berikut:

a) Tegangan Lentur Maksimum (Flexural Stress)

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$= \frac{3 \times 732 \times 200}{2 \times 25 \times 10^2}$$

$$= \frac{439,200}{5000}$$

$$= 87,84 \text{ Mpa}$$

b) Modulus Elastisitas

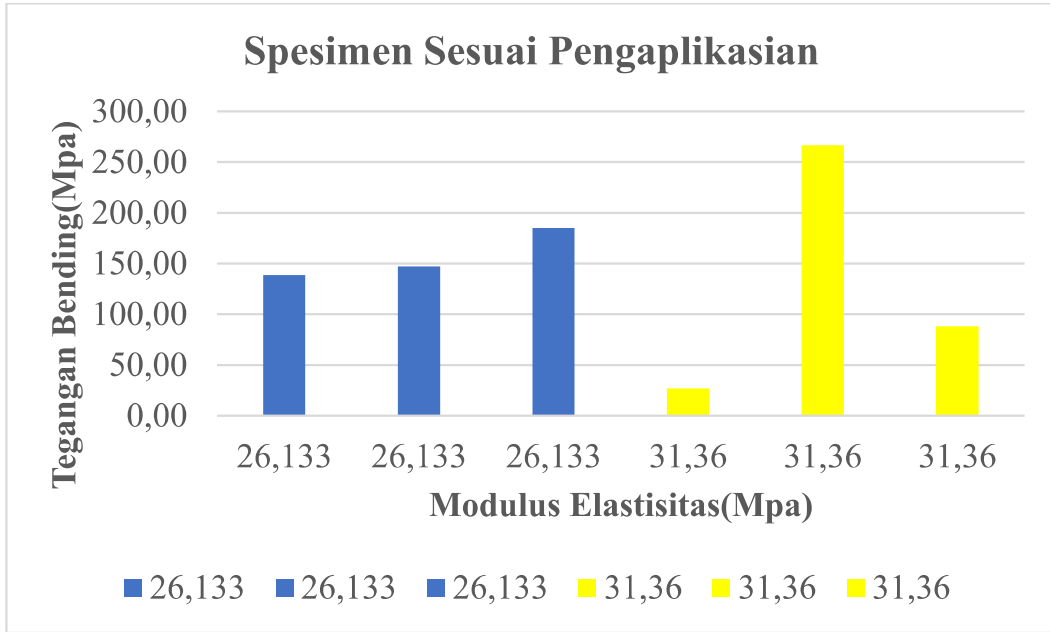
$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$
$$= \frac{200^3 \times 0.392 \text{ N/mm}}{4 \times 25 \times 10^3}$$
$$= \frac{3,136,000 \text{ N}}{100000}$$
$$= 31,36 \text{ Mpa}$$

c) Regangan Lentur Maksimum(Flexural Strain)

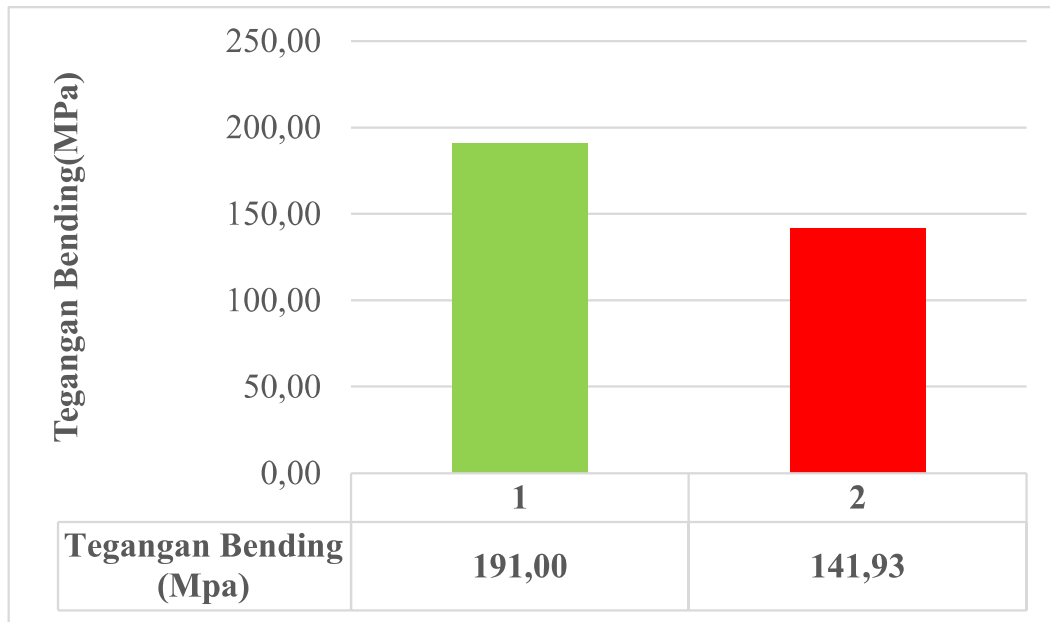
$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$$
$$= \frac{6 \times 1,87 \times 10}{200^2}$$
$$= \frac{112,2}{40000}$$
$$= 0,00281$$
$$= 0,281 \%$$

d) Defleksi Maksimum

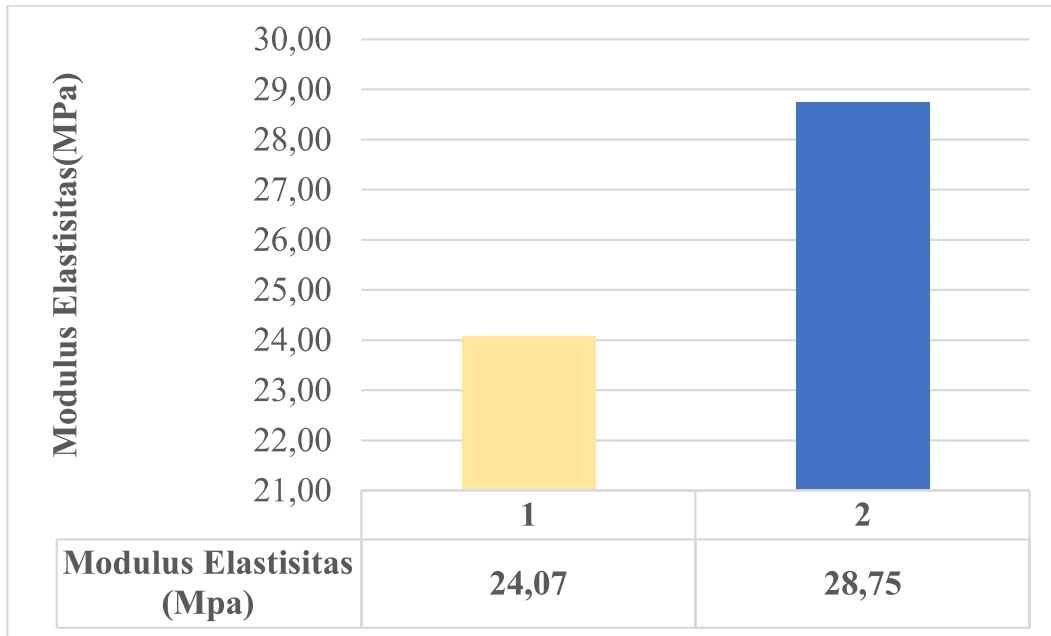
$$\delta = \frac{PL^3}{48EI}$$
$$= \frac{732 \times 8,000,000}{3,135,974}$$
$$= 1,87 \text{ mm}$$



Gambar 4. 4 Diagram Tegangan *Bending* dan Modulus Elastisitas sesuai Pengaplikasian



Gambar 4. 5 Diagram Perbandingan Tegangan *Bending* Terhadap Spesimen Uji



Gambar 4. 6 Digram Perbandingan Modulus Elastisitas Terhadap Spesimen Uji



Gambar 4. 7 Spesiemen Hasil Pengujian *Three Point Bending*



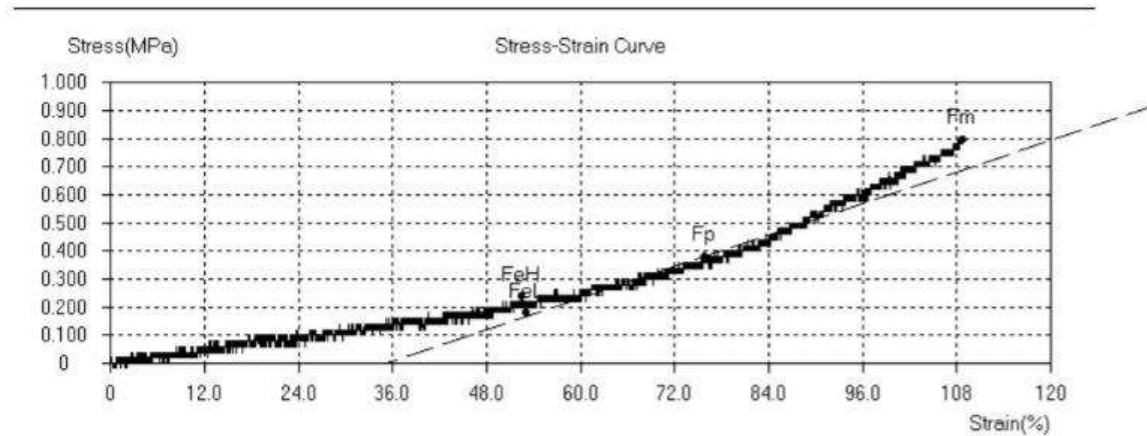
Gambar 4. 8 Spesiemen Hasil Pengujian *Three Point Bending*

4.2.4 Pembahasan Pengujian *Three Point Bending* dengan Variasi Beban

Pada sub-bab ini dibahas hasil pengujian *Three Point Bending* terhadap spesimen komposit bambu laminasi dengan memberikan perlakuan beban bertahap sebesar 0,080 kN, 0,100 kN, dan 0,120 kN. Setiap spesimen diuji sebanyak 3 (tiga) kali percobaan untuk memastikan konsistensi dan validitas data hasil pengujian. Dimensi spesimen yang digunakan sesuai dengan dimensi pengaplikasian frame perahu nelayan, yaitu kelompok pertama dengan panjang 200 mm, lebar 30 mm, dan tebal 10 mm. Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dengan metode *three-point bending* di Laboratorium Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

1. Spesimen 1

Tegangan dan regangan yang diterima oleh benda specimen memiliki besaran yang berbeda disetiap pertambahan ukurannya . Data mengenai hubungan antara tegangan dan regangan dapat ditemukan pada gambar dibawah ini.



a) Variasi Beban 0,080 KN

Gambar 4. 9 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending* Spesimen 1

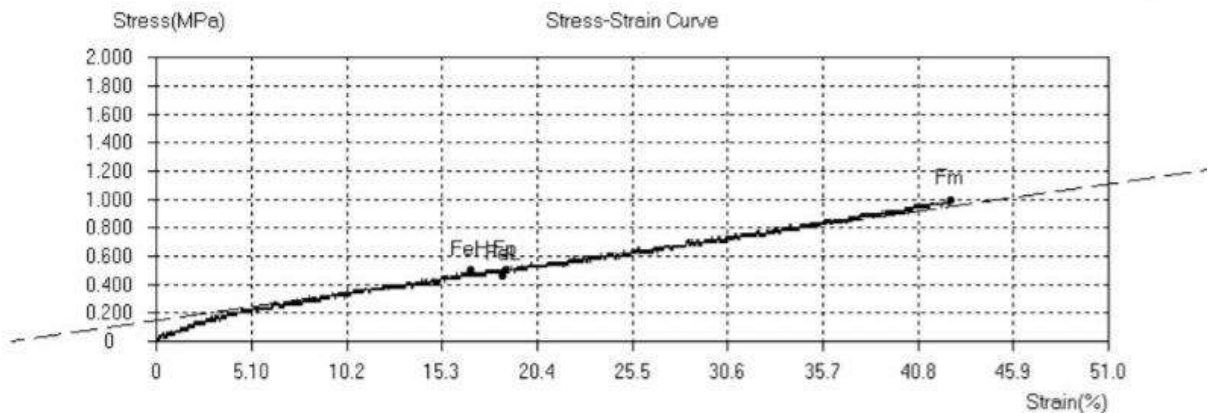
Keterangan :

Tabel 4.5 Nilai Regangan dan Tegangan Spesimen 1

Parameter	Nilai
Elastic limit	0,15 MPa
FeH	0,25 MPa
FeL	0,23 MPa
Fp	0,40 MPa
Fm (maksimum)	0,80 MPa
Strain Maksimum	110 %

Kurva tegangan-regangan menunjukkan bahwa material bambu tidak memiliki titik luluh yang jelas seperti material logam. Hal ini disebabkan oleh struktur anisotropik bambu yang terdiri dari serat selulosa dan matriks lignin. Tegangan meningkat secara non-linear seiring bertambahnya regangan hingga mencapai tegangan maksimum sebesar 0,80 MPa pada regangan sekitar 110%.

b) Variasi Beban 0,100 KN



Gambar 4. 10 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending* Spesimen 1

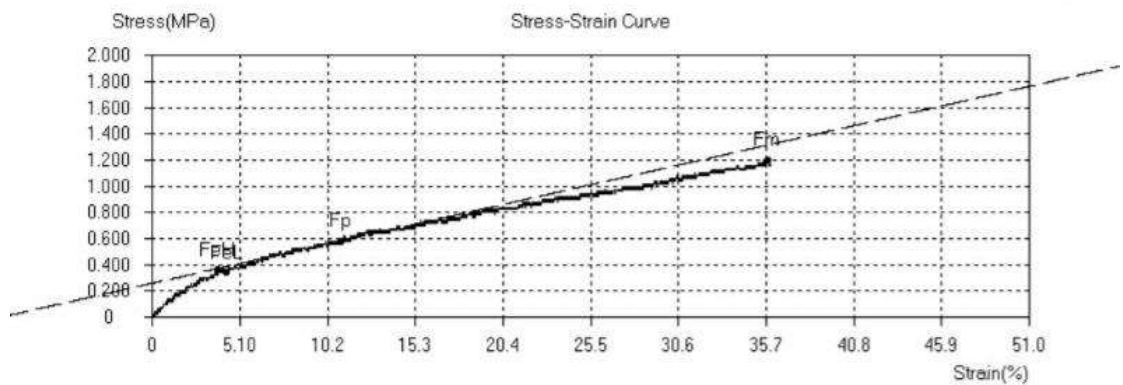
Keterangan :

Tabel 4. 6 Nilai Regangan dan Tegangan Spesimen 1

Parameter	Nilai
Elastic limit	0,35 MPa
FeH	0,50 MPa
FeL	0,48 MPa
Fp	0,45 MPa
Fm (maksimum)	1,00 MPa
Strain Maksimum	42 %

Berdasarkan grafik tegangan-regangan, material bambu menunjukkan peningkatan tegangan secara non-linear hingga mencapai tegangan maksimum sebesar 1,0 MPa pada regangan sekitar 42%. Titik transisi deformasi terjadi pada kisaran tegangan 0,48–0,50 MPa. Dibandingkan dengan spesimen sebelumnya, material ini memiliki kekuatan lebih tinggi namun regangan maksimum lebih rendah, yang menunjukkan sifat lebih kaku dan relatif lebih getas.

c) Variasi beban 0,120 KN



Gambar 4. 11 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending* Spesimen 1

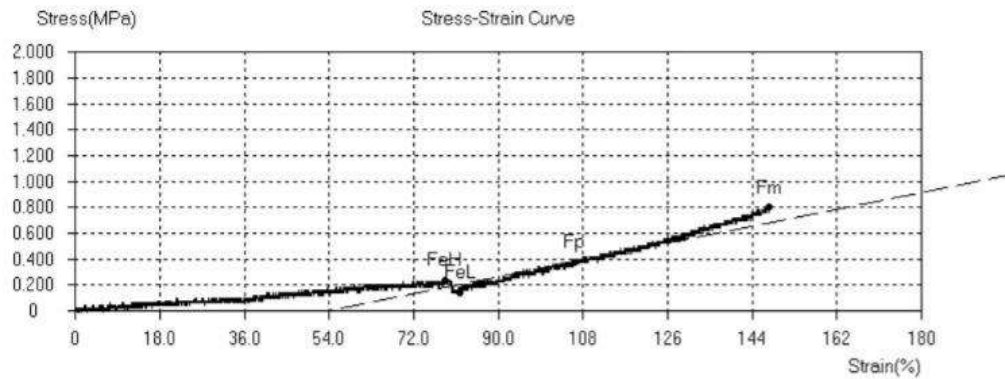
Keterangan :

Tabel 4. 7 Nilai Regangan dan Tegangan Spesimen 1

Parameter	Nilai
Elastic limit	0,20 MPa
FeH	0,40 MPa
FeL	0,35 MPa
Fp	0,60 MPa
Fm (maksimum)	1,20 MPa
Strain Maksimum	35,7 %

Kurva tegangan-regangan menunjukkan bahwa spesimen bambu mengalami peningkatan tegangan secara signifikan sejak awal pembebanan, dengan tegangan maksimum mencapai 1,20 MPa pada regangan sekitar 35,7 %. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan spesimen lainnya, namun regangan maksimum lebih rendah, yang menunjukkan bahwa material memiliki kekakuan tinggi tetapi keuletan yang lebih rendah.

2. Spesimen 2
 - a) Variasi Beban 0,080 KN



Gambar 4. 12 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending* Spesimen 2

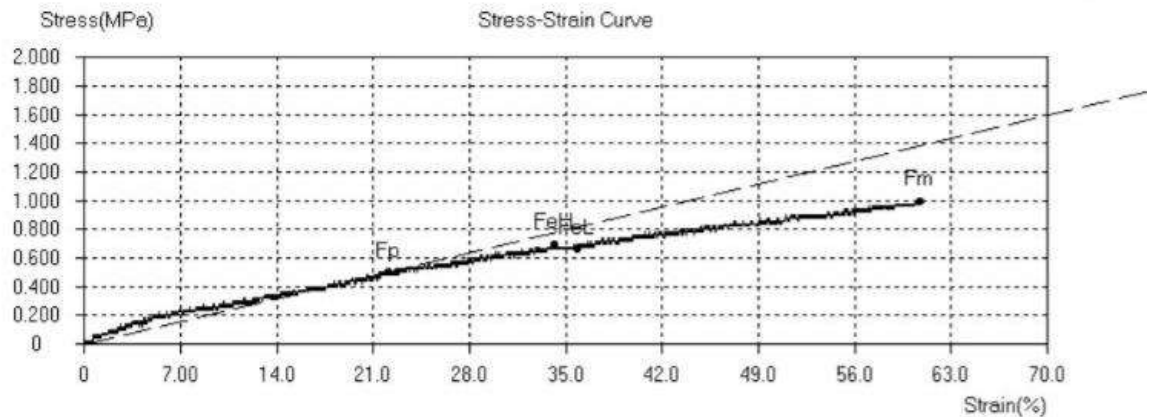
Keterangan :

Tabel 4. 8 Nilai Regangan dan Tegangan Spesimen 2

Parameter	Nilai
Elastic limit	0,15 MPa
FeH	0,22 MPa
FeL	0,18 MPa
Fp	0,40 MPa
Fm (maksimum)	0,80 MPa
Strain Maksimum	145 %

Berdasarkan kurva tegangan-regangan, spesimen menunjukkan perilaku sangat ulet dengan regangan maksimum mencapai 145% dan tegangan maksimum sekitar $\pm 0,80$ MPa. Nilai ini menunjukkan bahwa material mampu mengalami deformasi yang besar sebelum mencapai kegagalan, namun memiliki kekuatan yang relatif lebih rendah dibandingkan spesimen lainnya.

b) Variasi Beban 0,100 KN



Gambar 4. 13 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending* Spesimen 2

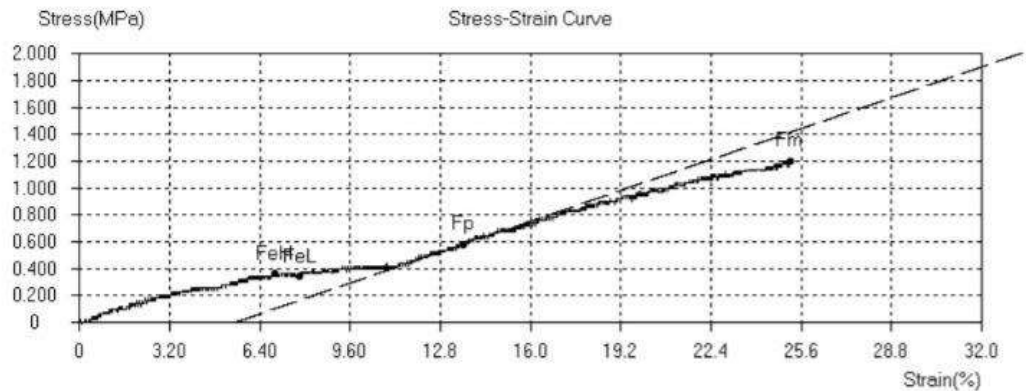
Keterangan :

Tabel 4. 9 Nilai Regangan dan Tegangan Spesimen 2

Parameter	Nilai
Elastic limit	0,20 MPa
FeH	0,70 MPa
FeL	0,65 MPa
Fp	0,50 MPa
Fm (maksimum)	1,00 MPa
Strain Maks	60 %

Kurva tegangan-regangan menunjukkan bahwa spesimen memiliki keseimbangan antara kekuatan dan keuletan, dengan tegangan maksimum mencapai 1,00 MPa pada regangan sekitar 60%. Material mengalami peningkatan tegangan secara stabil setelah melewati batas proporsional hingga mencapai titik maksimum, yang menunjukkan perilaku deformasi plastis yang cukup baik.

c) Variasi Beban 0,120 KN



Gambar 4. 14 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending* Spesimen 2

Keterangan :

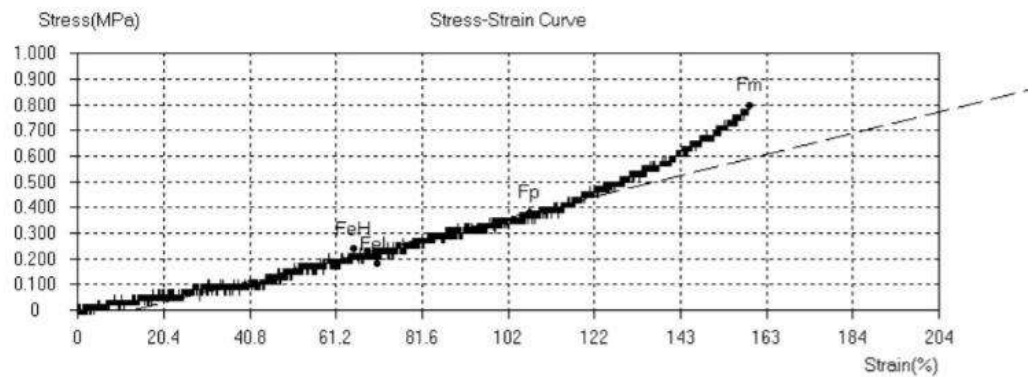
Tabel 4. 10 Nilai Regangan dan Tegangan Spesimen 2

Parameter	Nilai
Elastic limit	0,20 MPa
FeH	0,35 MPa
FeL	0,30 MPa
Fp	0,60 MPa
Fm (maksimum)	1,20 MPa
Strain Maksimum	25,6 %

Kurva tegangan-regangan menunjukkan bahwa spesimen memiliki kekuatan tertinggi dibandingkan spesimen lainnya, dengan tegangan maksimum mencapai $\pm 1,20$ MPa pada regangan sekitar 25,6%. Namun, regangan maksimum yang relatif rendah menunjukkan bahwa material bersifat lebih kaku dan cenderung getas, dengan kemampuan deformasi yang terbatas sebelum mencapai kegagalan.

3. Spesimen 3

a) Variasi Beban 0,080 KN



Gambar 4. 15 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending* Spesimen 3

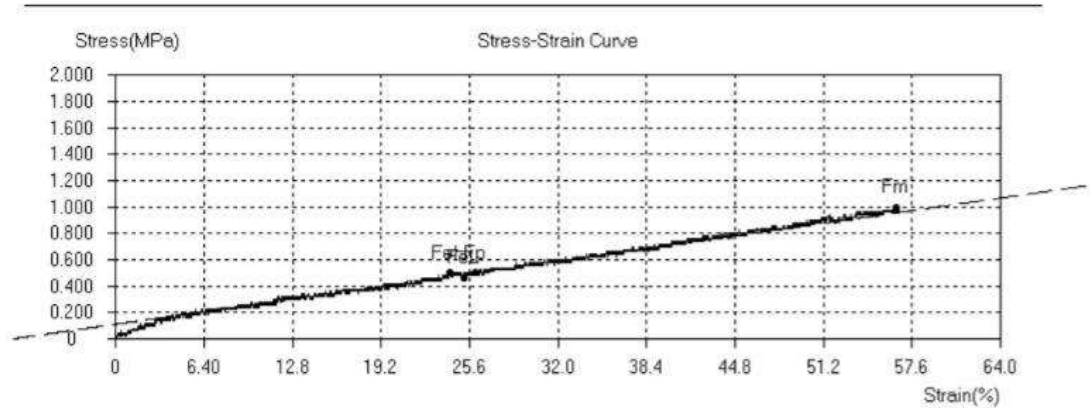
Keterangan :

Tabel 4. 11 Nilai Regangan dan Tegangan Spesimen 3

Parameter	Nilai
Elastic limit	0,15 MPa
FeH	0,22 MPa
FeL	0,20 MPa
Fp	0,40 MPa
Fm (maksimum)	0,80 MPa
Strain Maksimum	160 %

Berdasarkan kurva tegangan-regangan, spesimen menunjukkan sifat sangat ulet dengan tegangan maksimum mencapai 0,80 Mpa pada regangan maksimum 160 %. Material mengalami deformasi yang sangat besar sebelum mencapai kegagalan, namun memiliki kekuatan yang relatif lebih rendah dibandingkan spesimen dengan regangan yang lebih kecil.

b) Variasi Beban 0,100 KN



Gambar 4. 16 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending* Spesimen 3

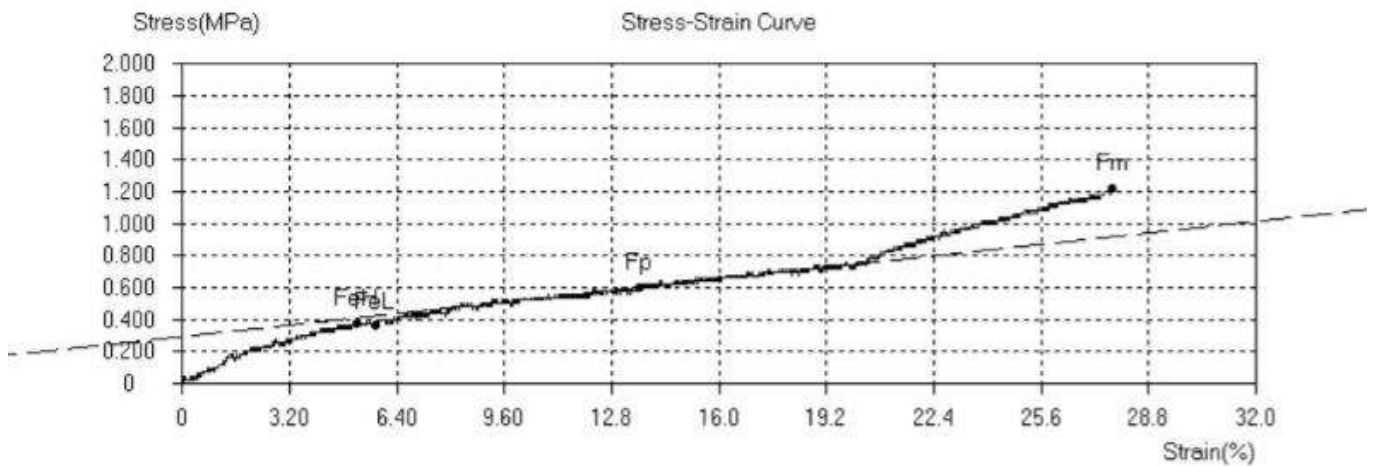
Keterangan :

Tabel 4. 12 Nilai Regangan dan Tegangan Spesimen 3

Parameter	Nilai
Elastic limit	0,20 MPa
FeH	0,55 MPa
FeL	0,50 MPa
Fp	0,60 MPa
Fm (maksimum)	1,0 MPa
Strain Maksimum	57,6 %

Kurva tegangan-regangan menunjukkan bahwa spesimen memiliki tegangan maksimum sebesar 1,0 MPa pada regangan maksimum 57,6%. Material mengalami peningkatan tegangan secara stabil dari fase elastis hingga plastis, yang menunjukkan karakteristik mekanik yang seimbang antara kekuatan dan keuletan.

c) Variasi Beban 0,120 KN



Gambar 4. 17 Grafik Tegangan Hasil Uji *Bending* Spesimen 3

Keterangan :

Tabel 4. 13 Nilai Regangan dan Tegangan Spesimen 3

Parameter	Nilai
Elastic limit	0,25 MPa
FeH	0,40 MPa
FeL	0,38 MPa
Fp	0,60 MPa
Fm (maksimum)	1,20 MPa
Strain Maksimum	28 %

Berdasarkan kurva tegangan-regangan, spesimen menunjukkan tegangan maksimum sebesar 1,20 MPa pada regangan maksimum 28%. Nilai ini menunjukkan bahwa material memiliki kekuatan yang tinggi, namun dengan regangan yang relatif rendah, sehingga bersifat lebih kaku dan cenderung getas dibandingkan spesimen dengan regangan yang lebih besar.

4.3 Data Uji *Bending*

1. Spesimen 1

Tabel 4. 14 Data Nilai Uji *Bending* Spesimen 1

No.	Load (KN)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Strain (%)	Stress (MPa)
1.	0.080	200	20	10	110 %	0,80 MPa
2.	0.100	200	20	10	42 %	1,00 MPa

3.	0.120	200	20	10	35,7 %	1,20 MPa
Rata-rata (Σ)					62,5 %	1,0 MPa

2. Spesimen 2

Tabel 4. 15 Data Nilai Uji *Bending* Spesimen 2

No.	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Strain (%)	Stress (MPa)
1.	0.080	200	20	10	145 %	0,80 MPa
2.	0.100	200	20	10	60 %	1,00 MPa
3.	0.120	200	20	10	25,6 %	1,20 MPa
Rata-rata (Σ)					76,8 %	1,0 MPa

3. Spesimen 3

Tabel 4. 16 Data Nilai Uji *Bending* Spesimen 3

No.	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Strain (%)	Stress (MPa)
1.	0.080	200	20	10	160 %	0,80 MPa
2.	0.100	200	20	10	57,6 %	1,0 MPa
3.	0.120	200	20	10	28 %	1,20 MPa
Rata-rata (Σ)					81,8 %	1,0 MPa

Halaman ini sengaja dikosongkan