

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Hasil dari beberapa pengujian yang dilakukan adalah:

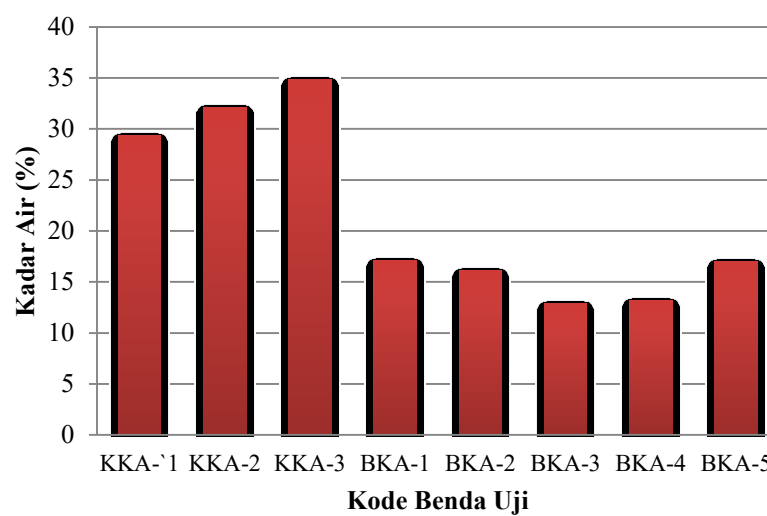
1. Kadar air

Hasil pengujian kadar air balok bambu petung laminasi tersaji pada Tabel 6 dan Gambar 5.

Tabel 5. Hasil pengujian kadar air balok bambu laminasi dan kayu bengkirai

Kode benda uji	W _a (gr)	W _b (gr)	Kadar air (%)
BKA-1	67,9	79,5	17,08
BKA-2	79,6	92,4	16,08
BKA-3	73,6	83,1	12,90
BKA-4	68,4	77,4	13,15
BKA-5	82,3	96,3	17,01
KKA-1	80.3	103.9	29.38
KKA-2	78.2	103.3	32.09
KKA-3	76.7	103.4	34.81

Hasil pengujian kadar air balok bambu laminasi tersaji pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram batang kadar air

Dari Tabel 5 dan Gambar 13, kadar air pada balok bambu petung laminasi (BKA) berkisar antara 12,90% sampai 17,08%. Rata-rata BKA adalah 15,24 sehingga balok bambu laminasi pada pengujian ini tidak memenuhi syarat sebagai material struktural berdasarkan pada SNI. Sedangkan, kadar air pada kayu bengkirai (KKA) berkisar antara 29,38% sampai 34,81%. Selisih kadar air yang tinggi disebabkan kayu bengkirai yang tidak dijemur, sedangkan pada balok bambu laminasi mengalami penjemuran sehingga kadar air lebih kecil.

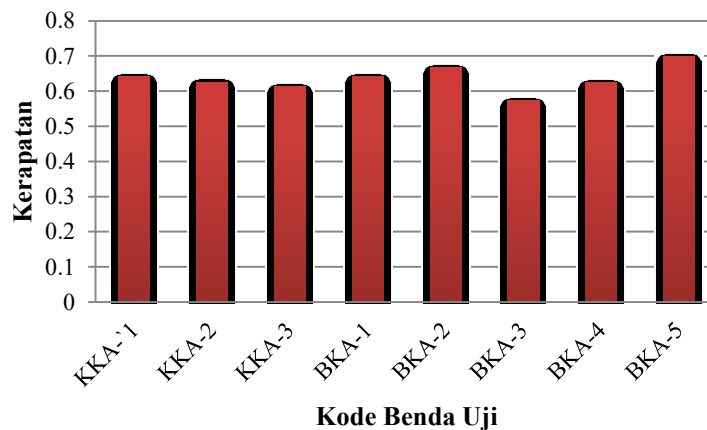
2. Nilai kerapatan benda uji .

Hasil pengujian kerapatan balok bambu petung laminasi dan kayu bengkirai tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6 . Hasil pengujian kerapatan

Kode benda uji	V _w (cm ³)	m _w (gr)	Kerapatan
BKA-1	123,66	79,5	0,642
BKA-2	138,70	92,4	0,666
BKA-3	145,13	83,1	0,572
BKA-4	123,99	77,4	0,624
BKA-5	137,58	96,3	0,699
KKA-1	125	80.3	0,642
KKA-2	125	78.2	0,625
KKA-3	125	76.7	0,613

Hasil pengujian kerapatan balok bambu petung laminasi tersaji dalam diagram batang pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram batang kerapatan

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa kerapatan bambu laminasi rata-rata sebesar $0,641 \text{ g/cm}^3$ dan kerapatan kayu bengkirai rata-rata $0,627 \text{ g/cm}^3$. Menurut Prayitno (1996), kerapatan kayu $0,55\text{-}0,72 \text{ gr/cm}^3$ masuk kategori kayu berat.

3. Hasil pengujian kuat lentur

a. Pengujian kuat lentur serat lurus (SSL).

Hasil kuat lentur benda uji dengan kode SSL dengan beban maksimum 10 kN, pada kondisi batas elastis, terjadi gagal geser yang ditandai dengan kegagalan sambungan lekatan laminasi. Sehingga, benda uji pecah menjadi 2 bagian di salah satu sisi sambungan lekatan laminasi. Adapun hasil uji lentur disajikan pada Tabel 16.

Tabel 7. Hasil uji lentur balok bambu petung laminasi kode SSL

No	Kode Benda Uji	P'	P	Δ' (mm)	Δ (mm)
1.	SSL-1	8950	9670	9	38
2.	SSL-2	8250	10000	10	38
3.	SSL-3	3500	6680	9	32

Dari Tabel 16 dapat diketahui nilai tegangan leleh tertinggi terjadi pada variasi lamina SSL-1 dengan defleksi sebesar 9 mm. Tegangan *ultimate* tertinggi terjadi pada variasi lamina SSL-2 dengan defleksi sebesar 38 mm. Sedangkan tegangan leleh dan tegangan *ultimate* terendah pada variasi lamina SSL-3 dengan defleksi 9 mm dan 32 mm. Pada Gambar 15, tersaji bentuk kerusakan setelah pengujian pada benda uji SSL.



Gambar 15. Kerusakan lentur SBL

b. Hasil pengujian kuat lentur serat *brick layer* (SBL).

Hasil kuat lentur benda uji dengan kode SSL-1, SSL-2, dan SSL-3 dengan beban maksimum 85,5 kN. Pada kondisi batas elastis, terjadi gagal geser yang ditandai dengan kegagalan sambungan lekatan laminasi, sehingga benda uji pecah menjadi beberapa bagian di satu sisi. Adapun hasil uji lentur disajikan pada Tabel 17.

Tabel 8. Hasil uji lentur balok bambu petung laminasi kode SBL

No	Kode Benda Uji	P'	P	Δ' (mm)	Δ (mm)
1.	SBL-1	7200	8160	14	26
2.	SBL-2	6100	6910	15	24
3.	SBL-3	8100	8550	32	35

Dari Tabel 8 dapat diketahui tegangan leleh dan tegangan *ultimate* tertinggi pada variasi lamina SBL-3 dengan defleksi sebesar 32 mm dan 35 mm. Sedangkan tegangan leleh dan tegangan *ultimate* terendah pada variasi lamina SBL-3 dengan defleksi 15 mm dan 24 mm.



Gambar 16. Kerusakan benda uji SBL

c. Hasil pengujian kuat lentur serat tegal lurus (STL).

Pada pengujian kuat lentur STL, kondisi batas elastis tidak terlihat secara fisik ketika pengujian. Benda uji tidak mengalami kerusakan jelas. Ketika pengujian selesai dan beban dihilangkan, tidak terjadi deformasi permanen. Adapun hasil kuat lentur variasi lamina STL tersaji pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil uji lentur balok bambu petung laminasi kode STL

No	Kode Benda Uji	P'	P	Δ' (mm)	Δ (mm)
1.	STL-1	950	1240	7	16
2.	STL-2	2700	2780	7	9
3.	STL-3	1500	1930	5	16

Dari Tabel 9 dapat diketahui tegangan leleh dan tegangan *ultimate* tertinggi pada variasi lamina STL-2 dengan defleksi sebesar 7 mm dan 9 mm. Sedangkan tegangan leleh dan tegangan *ultimate* terendah pada variasi lamina STL-1 dengan defleksi 7 mm dan 16 mm.



Gambar 17. Kerusakan benda uji STL

- d. Hasil pengujian kuat lentur kayu bengkirai.

Hasil pengujian kuat lentur kayu bengkirai tersaji pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji kuat lentur kayu bengkirai

No	Kode Benda Uji	P'	P	Δ' (mm)	Δ (mm)
1.	KBL-1	11000	12460	17	23
2.	KBL-2	7040	7040	7	14
3.	KBL-3	14380	14000	22	23

Dari Tabel 10 diketahui tegangan leleh dan tegangan *ultimate* tertinggi pada balok kayu bengkirai KBL-3 dengan defleksi sebesar 22 mm dan 23 mm. Sedangkan tegangan leleh dan tegangan *ultimate* terendah pada variasi lamina KBL-2 dengan defleksi 7 mm dan 14 mm.

4. Pengujian kuat tekan

Hasil uji kuat tekan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil uji tekan

No.	Kode Benda Uji	Beban (kN)
1.	SLT-1	15
2.	SLT-2	16
3.	SLT-3	13
4.	SBT-1	17
5.	SBT-2	13
6.	SBT-3	15
7.	STT-1	6
8.	STT-2	9
9.	STT-3	8
10.	KBT-1	14
11.	KBT-2	13
12.	KBT-3	11

Dari Tabel 11, diketahui beban maksimum untuk balok bambu petung laminasi adalah 17 kN terjadi pada variasi lamina SBT-1, beban minimum adalah 6 kN pada variasi lamina STT-1. Pada pengujian kuat tekan balok bambu petung laminasi, terjadi gagal geser pada lekatan lamina, dan tidak terjadi kegagalan tekuk. Sedangkan, beban maksimum untuk kayu bengkirai adalah 14 kN pada KBT-1 dan beban minimum adalah 11 kN pada KBT-3. Pada uji kuat tekan kayu bengkirai, kerusakan benda uji tidak terlihat secara visual, retakan di dalam balok terlihat setelah dilakukan pembelahan.

B. Pembahasan

1. Perilaku lentur balok laminasi

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diketahui perilaku lentur balok laminasi dari masing-masing variasi benda uji.

a. Kuat lentur

Berikut ini contoh perhitungan kuat lentur untuk benda uji SLL-1.

Disajikan sebagai berikut:

$$R_a = R_b = \frac{1}{2} \cdot P'$$

$$R_a = \frac{1}{2} \cdot 8950$$

$$R_a = 4475 \text{ N}$$

$$M = R_a \cdot \frac{1}{2} L - \frac{1}{2} P' \cdot \frac{1}{6} L$$

$$M = \frac{4475 \cdot 70}{2} - \frac{8950 \cdot 70}{12}$$

$$M = 1044174 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_x}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot \frac{1}{2} h}{\frac{1}{12} b \cdot h^3}$$

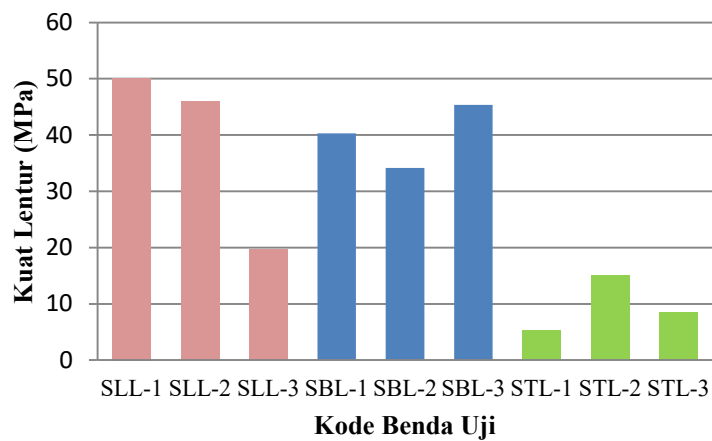
$$\sigma = \frac{1044174 \cdot \frac{1}{2} \cdot 50}{\frac{1}{12} \cdot 50 \cdot 50^3}$$

$$\sigma = 50,12 \text{ MPa}$$

Adapun hasil perhitungan lengkap kuat lentur seluruh benda uji balok bambu laminasi disajikan pada Tabel 12.

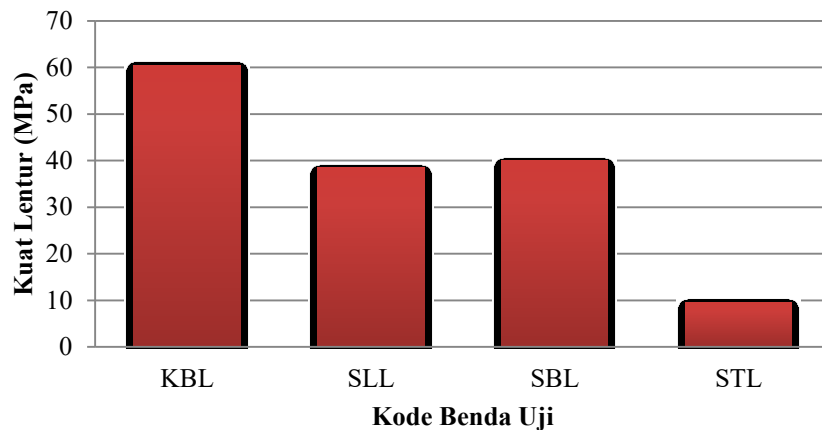
Tabel 12. Kuat lentur balok bambu laminasi

Kode benda uji	M (Nmm)	σ (MPa)	σ rata-rata (MPa)
SLL-1	1.044.174	50,12	38,54
SLL-2	956.673	45,92	
SLL-3	408.336	19,60	
SBL-1	840.006	40,32	39,94
SBL-2	711.671	34,16	
SBL-3	945.006	45,36	
STL-1	110.834	5,32	9,61
STL-2	315.002	15,12	
STL-3	175.001	8,40	



Gambar 18. Diagram batang kuat lentur balok bambu petung laminasi

Dari Gambar 18 dapat diketahui kuat lentur maksimum adalah variasi lamina SLL-2 sebesar 50,12 MPa, sedangkan kekuatan lentur minimum adalah variasi lamina STL-3 sebesar 5,32 MPa. Perbandingan kuat lentur balok bambu petung laminasi dengan kayu bengkirai tersaji pada Gambar 19.



Gambar 19. Perbandingan rata-rata kuat lentur balok laminasi dengan kayu bengkirai

Dari Gambar 19 dapat diketahui bahwa kuat lentur dari 3 variasi benda uji laminasi lebih kecil dari kuat lentur kayu bengkirai. Kekuatan lentur rata-rata maksimum terjadi pada SBL sebesar 39,94 MPa dengan persentase 66% dibanding kayu bengkirai. Sedangkan kuat lentur rata-rata minimum terjadi pada variasi lamina STL sebesar 15,58 MPa dengan persentase 15%.

Kuat lentur maksimum terhadap kayu bengkirai yang hanya sebesar 66% membuat balok bambu petung laminasi kurang sesuai untuk material lentur. Defleksi yang besar juga membuat material ini tidak cocok untuk lentur, karena batas maksimum defleksi adalah $1/12$ dari bentang utama.

b. *MOE*

Berikut ini contoh perhitungan modulus elastisitas untuk benda uji SLL-1. Disajikan sebagai berikut:

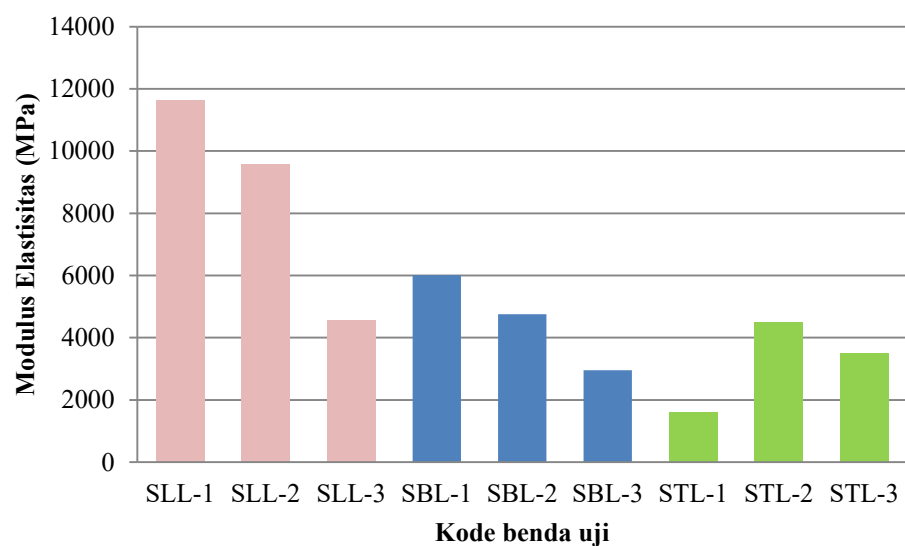
$$MOE = \frac{P'a}{4.b.h^3.\Delta} (3L^2 - 4a^2)$$

$$MOE = \frac{8950.233,33}{4.50.50^3} (3.700^2 - 4.233,33^2)$$

$$MOE = 11662 \text{ MPa}$$

Tabel 13. *MOE* balok bambu petung laminasi

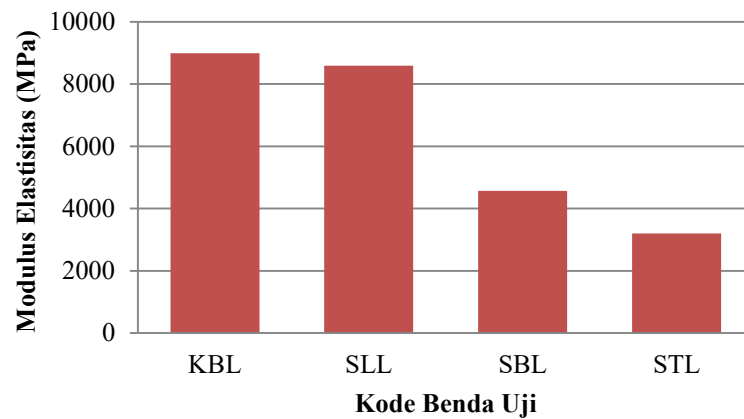
Kode benda uji	P' (N)	Δ'(mm)	MOE (MPa)	MOE rata-rata (MPa)
SLL-1	8950	9	11.622	8.583
SLL-2	8250	10	9.534	
SLL-3	3500	9	4.545	
SBL-1	7200	14	6.010	4.573
SBL-2	6100	15	4.752	
SBL-3	8100	32	2.958	
STL-1	950	7	1.586	3.200
STL-2	2700	7	4.507	
STL-3	1500	5	3.506	



Gambar 20. Diagram batang *MOE* masing-masing benda uji balok laminasi

Menurut *MOE*, berdasarkan SNI 1729-2013, variasi lamina SLL termasuk kode mutu E17, SBL termasuk kode mutu E9 dan STL

masuk ke dalam kode mutu E6. Perbandingan *MOE* balok bambu petung laminasi dibandingkan dengan kayu bengkirai dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Perbandingan *MOE* rata-rata balok bambu laminasi dengan kayu bengkirai

Dari Gambar 21 dapat diketahui bahwa *MOE* rata-rata maksimum adalah variasi lamina SLL dengan persentase sebesar 95,53%. Sedangkan *MOE* rata-rata minimum adalah variasi lamina STL dengan persentase sebesar 35,61%.

c. *MOR*

Berikut ini contoh perhitungan *MOR* untuk benda uji SLL-1. Disajikan sebagai berikut:

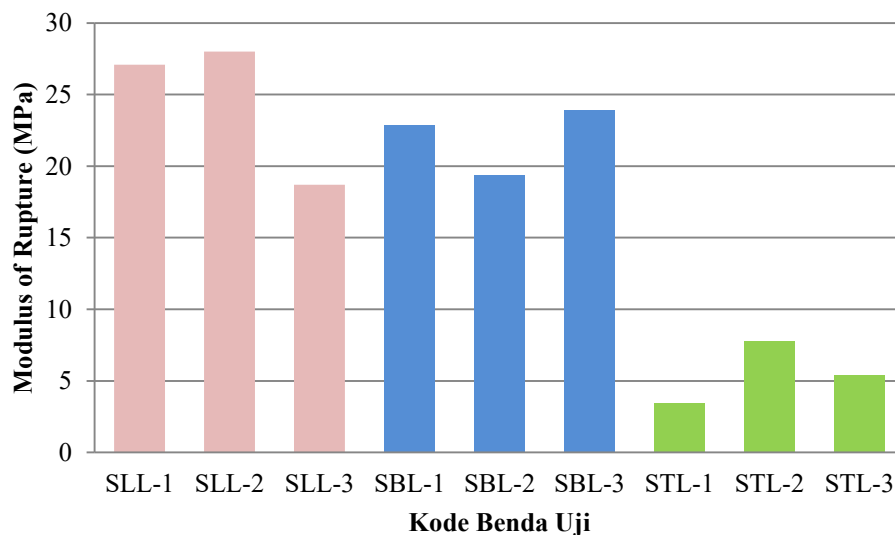
$$MOR = \frac{3 P a}{bh^2}$$

$$MOR = \frac{3.9670.233.33}{50.50^2}$$

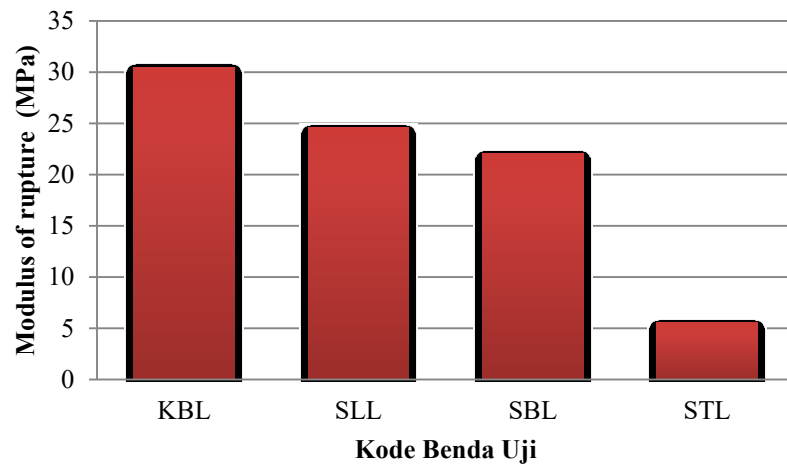
$$MOR = 27,075 \text{ MPa}$$

Tabel 14. *MOR* balok bambu laminasi

Kode benda uji	P (N)	MOR (MPa)	MOR rata-rata (MPa)
SLL-1	9.670	27,075	24,593
SLL-2	10.000	27,999	
SLL-3	6.680	18,703	
SBL-1	8.160	22,847	22,045
SBL-2	6.910	19,347	
SBL-3	8.550	23,939	
STL-1	1.240	3,471	5,553
STL-2	2.780	7,783	
STL-3	1.930	5,403	

Gambar 22. Diagram batang *MOR* masing-masing benda uji balok laminasi

Dari Gambar 22 dapat diketahui bahwa nilai *MOR* maksimum terjadi pada variasi lamina SSL-2 sebesar 27,99 MPa. Sedangkan *MOR* minimum terjadi pada variasi lamina STL-3 sebesar 5,40 MPa. Adapun perbandingan *MOR* rata-rata balok bambu petung laminasi disajikan pada Gambar 23.



Gambar 23. Diagram batang perbandingan rata-rata MOR dengan kayu bengkirai

Dari Gambar 23 diketahui *MOR* rata-rata maksimum adalah variasi lamina dengan persentase sebesar 80% dibanding kayu bengkirai. Sedangkan *MOR* rata-rata minimum adalah variasi lamina STL dengan persentase sebesar 18%.

2. Kekuatan tekan balok bambu laminasi

Berikut ini contoh perhitungan *MOE* untuk benda uji SLL-1. Disajikan sebagai berikut:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

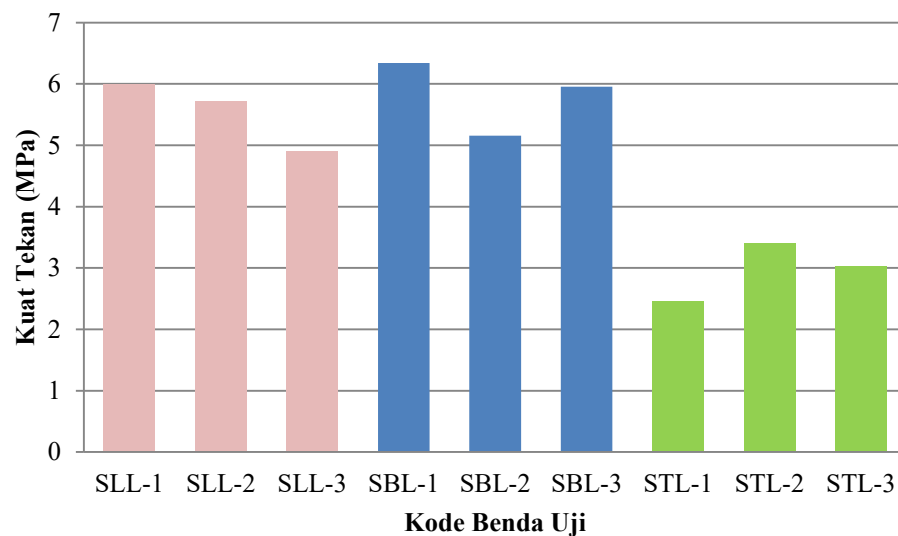
$$\sigma_{ult} = \frac{15000}{2502}$$

$$\sigma_{ult} = 5,99 \text{ MPa}$$

Tabel 15. Hasil pengujian kuat tekan bambu laminasi

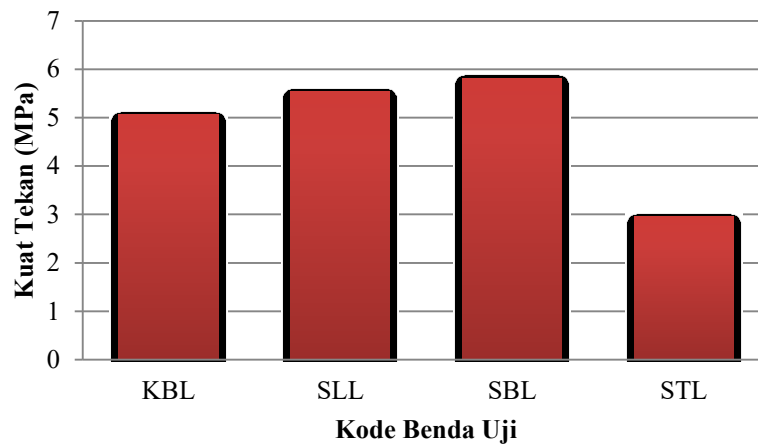
Kode	F_{ult} (N)	A (mm ²)	σ_{ult} (MPa)	σ_{ult} rata-rata (MPa)
SLT-1	15.000	2.502	5,99	5,53
SLT-2	16.000	2.796	5,72	
SLT-3	13.000	2.651	4,90	

Kode	F_{ult} (N)	A (mm ²)	σ_{ult} (MPa)	σ_{ult} rata-rata (MPa)
SBT-1	17.000	2.680	6,34	5,81
SBT-2	13.000	2.520	5,15	
SBT-3	15.000	2.520	5,95	
STT-1	6.000	2.445	2,45	2,96
STT-2	9.000	2.644	3,40	
STT-3	8.000	2.643	3,02	



Gambar 24. Diagram batang kuat tekan

Dari Gambar 24 diketahui kuat tekan maksimum adalah variasi lamina SBL-1 sebesar 6,34 MPa. Sedangkan kuat tekan minimum adalah variasi lamina STL-1 sebesar 2,45 MPa. Adapun perbandingan kuat tekan balok bambu petung laminasi terhadap kayu bengkirai tersaji pada Gambar 25.



Gambar 25. Perbandingan kuat tekan balok bambu petung

Dari Gambar 25 dapat diketahui bahwa kuat tekan rata-rata maksimum adalah SBL dengan persentase 109% dibanding kayu bengkirai. Sedangkan kuat tekan rata-rata minimum adalah STL dengan persentase 58%. Dengan persentase kuat tekan yang melebihi kayu bengkirai, balok bambu petung laminasi cocok digunakan sebagai pengganti kolom untuk bangunan struktural.