

**ANALISIS PENGGUNAAN PASAK SEBAGAI PENGGANTI LEM PADA  
STRUKTUR KAYU LAMINASI SILANG (CLT)**  
*Analysis of using Dowel Fastener as Replacement of Adhesive on  
Cross Laminated Timber (CLT)*

**Dedy Wahyuddin\*, Buan Anshari\*\*, Jauhar Fajrin\*\***

**Abstrak**

Papan kayu laminasi silang atau Cross Laminated Timber (CLT) adalah salah satu contoh teknologi rekayasa kayu. Teknologi ini digunakan untuk memodifikasi kayu yang berkualitas rendah, sedang maupun dari spesies yang kurang dikenal (*unknown species*) menjadi bahan struktur berkualitas tinggi. Terdapat cukup banyak pilihan untuk merangkaikan potongan-potongan kayu pada produk CLT antara lain dengan menggunakan lem, baut dan paku. Penelitian ini menggunakan sambungan pasak dalam membentuk CLT menggantikan lem epoxy yang biasa digunakan sebagai penyambung. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemungkinan digunakannya sistem sambungan pasak (kayu Jati dan bambu) dalam membentuk CLT dan untuk mengetahui perilaku struktur dari masing-masing CLT dengan sistem sambungan yang berbeda (lem, pasak kayu dan pasak bambu)

Untuk mencapai tujuan, uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik kayu. CLT, berukuran panjang 195 cm, lebar 90 cm dan tebal 10 cm, disusun dari 5 lapis kayu baji dengan lebar 15 cm dan tebal 2 cm yang disusun saling bersilangan membentuk sudut 90°. Sebagai penyambung digunakan pasak bambu Petung, pasak kayu Jati dan lem Epoxy.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa beban luar yang diijinkan untuk pelat CLTSL, LSB dan LSJ berturut-turut sebesar 1353 N, 397 N dan 556 N. Modulus elastisitas rata-rata untuk CLT penyambung lem epoxy, pasak bambu dan pasak Jati berturut-turut sebesar 288,8 N/mm<sup>2</sup>, 84,1 N/mm<sup>2</sup> dan 116,3 N/mm<sup>2</sup>. Untuk kuat lentur rata-rata CLT penyambung lem epoxy, pasak bambu dan pasak Jati berturut-turut sebesar 0,9 N/mm<sup>2</sup>, 1,4 N/mm<sup>2</sup> dan 1,4 N/mm<sup>2</sup> sedangkan nilai daktilitas CLT penyambung lem epoxy, pasak bambu dan pasak Jati berturut-turut sebesar 3,5 ; 2,6 dan 3,4.

**Kata kunci :** Kayu Baji, Lem epoxy, Pasak bambu, Pasak Jati.

**PENDAHULUAN**

Papan kayu laminasi silang atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan *Cross Laminated Timber (CLT)* adalah salah satu contoh produk dari olahan kayu. Keunggulan CLT ini adalah dimungkinkan memodifikasi atau mengkombinasikan kayu kelas kuat rendah, sedang maupun tinggi sehingga diperoleh produk berkualitas tinggi. Kayu yang belum dimanfaatkan selama ini seperti limbah industri kayu berupa potongan-potongan kecil, cabang dan ranting kayu maupun kayu-kayu yang berasal dari kelas rendah atau dari spesies yang kurang dikenal (*unknown species*) dapat digunakan untuk membuat CLT. Teknologi CLT dapat menghasilkan komponen struktur seperti pelat lantai yang ukurannya relatif besar tetapi jauh lebih ringan dibandingkan produk serupa yang terbuat dari beton atau baja. Teknologi ini menawarkan kemungkinan tak terbatas pada bentuk dan desain.

Perbedaan Kayu laminasi Silang (CLT) dibanding dengan kayu laminasi biasa (*glulam*) terletak pada tiap lapisnya dipasang bertumpuk secara silang atau melintang (biasanya pada 90° derajat), sementara kayu laminasi biasa (*glulam*) yang tiap lapisnya dipasang bertumpuk sejajar seratnya. Penampang kayu Laminasi Silang (CLT) berjumlah ganjil biasanya antara tiga sampai tujuh lapisan, bahkan dapat lebih untuk beberapa kasus.

\* Alumni Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram, dedybaoks@gmail.com

\*\* Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram, buan.anshari@unram.ac.id dan jauhar.fajrin@unram.ac.id

Steiger (2008) mengevaluasi sifat bahan elastis kayu silang laminasi menggunakan tes non-destruktif untuk mengetahui pengaruh getaran dan guncangan dari mesin produksi di pabrik. Penelitian ini menggunakan 42 CLT dengan ukuran, ketebalan dan dari produsen yang berbeda. Kemudian hasil pengujian divalidasi menggunakan uji bending statik. Hasil analisis perbandingan parameter kekakuan model eksperimental dan teoritis diperoleh getaran dan guncangan yang berasal dari mesin produksi di pabrik tidak memiliki pengaruh terhadap kekuatan CLT.

Vessby (2009) melakukan percobaan menggunakan Papan kayu silang dilaminasi yang digunakan sebagai panel dinding kayu dengan menghubungkan elemen dinding satu sama lain. Percobaan ini menggunakan lima lapis papan kayu jenis konifera (cemara norwegia) dengan tebal setiap lapisan adalah 19 mm. Dari percobaan ini diperoleh panel dinding kayu memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup baik sebagai panel dinding kayu.

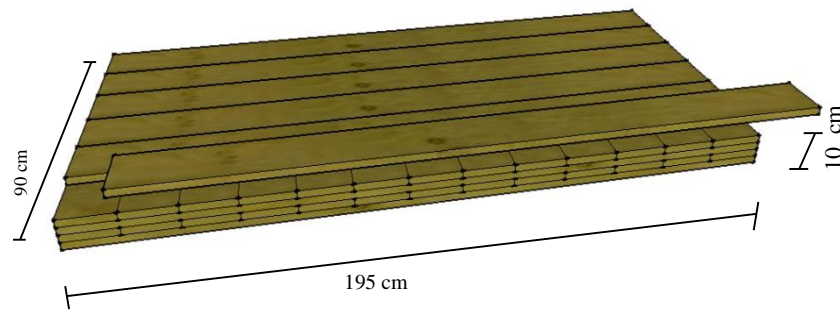
Tjondro (2013) mengembangkan balok papan kayu laminasi menggunakan kayu Albasia yang dengan perekat paku dan lem PvAc. Hasil penelitian menunjukkan berat *CLT* sangat ringan dan mempunyai daktilitas yang cukup besar antara 2,20-3,51 sehingga dapat mereduksi gaya inersia akibat gempa. Kekuatan dan rigiditas papan kayu silang dengan menggunakan perekat PvAc lebih kuat dan kaku dibandingkan dengan menggunakan penghubung paku.

Terdapat cukup banyak pilihan untuk merangkaikan potongan-potongan kayu pada produk *CLT* antara lain dengan menggunakan lem, baut dan paku. Sambungan dengan paku atau baut terbuat dari logam yang dalam jangka panjang bisa mengalami korosi. Selain itu penggunaan baut dan paku tentu saja akan menghasilkan produk *CLT* yang lebih berat dibandingkan dengan menggunakan bahan dari kayu. Penggunaan lem sangat bagus karena tidak diperlukan membuat lubang-lubang sambungan yang memungkinkan terjadinya konsentrasi tegangan (*stress concentration*) pada daerah perlubangan. Tetapi sambungan dengan perekat lem mempunyai kelemahan yang serius dalam jangka panjang karena biasanya perekat akan mengalami keausan seiring berjalannya waktu.

Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji kemungkinan digunakannya sistem sambungan pasak (kayu Jati dan bambu) dalam membentuk *CLT*. Lebih spesifik tujuan penelitian ini untuk mengetahui perilaku struktur dari masing-masing *CLT* dengan sistem sambungan yang berbeda (lem, pasak kayu dan pasak bambu).

## **METODE PENELITIAN**

Kayu yang digunakan sebagai bahan penyusun *CLT* adalah kayu Bujur dengan ukuran lebar 15 cm dan tebal 2 cm dengan panjang 195 cm dan 90 cm yang disusun 5 lapis saling bersilangan 90°. Tiga variasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu (1) lem Epoxy sebagai perekat (LSL); (2) pasak bambu Petung sebagai perekat (LSB) dan (3) pasak kayu Jati sebagai perekat (LSJ). *CLT* yang sudah jadi berukuran panjang 195 cm lebar 90 cm dan tebal 10 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan Benda Uji *CLT* 5 Lapis

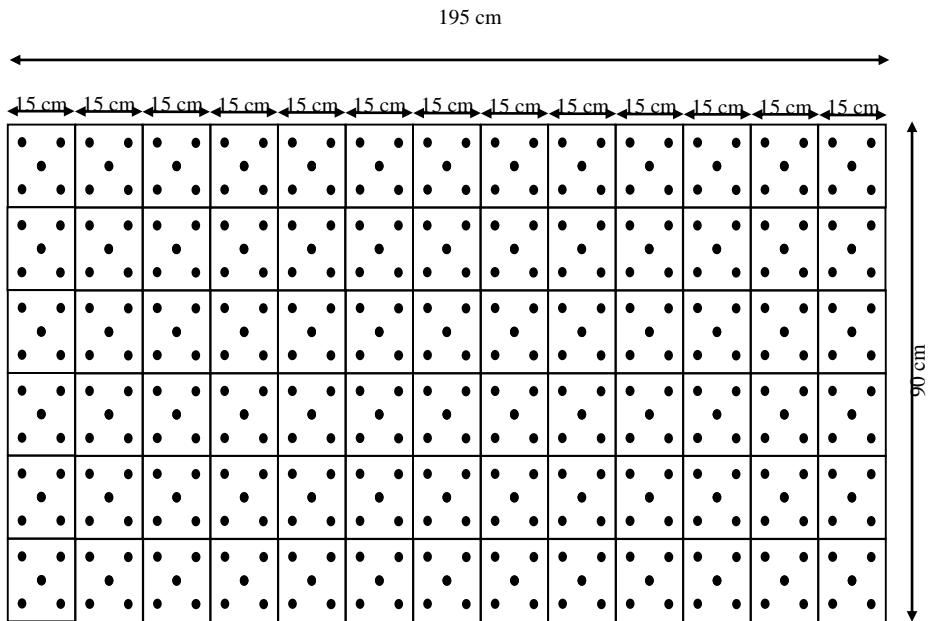
Untuk pelat lantai kayu laminasi silang dengan perekat menggunakan perekat lem Epoxy, perekat dilaburkan pada kedua bidang rekat dengan berat labur  $280 \text{ gr/m}^2$ . Benda uji yang telah diberi perekat kemudian dikempa dengan lama waktu pengempaan adalah 24 jam pada suhu ruangan.

Alat yang digunakan untuk mengempa benda uji *CLT* dibuat secara manual dari 26 balok kayu Jati dengan panjang balok 120 cm, lebar 5 cm dan tebal 7 cm. Alat tersebut menggunakan baut sebanyak 26 buah baut pada sisi samping kiri dan kanan kayu pengempa. Baut dengan panjang 30 cm dan diameter  $\frac{1}{2}$  inci digunakan. Dua buah besi profil L 6 cm  $\times$  6 cm dan tebal 0,6 cm ditambahkan ke arah memanjang. Empat buah baut, panjang 40 cm dengan diameter  $\frac{1}{2}$  inci, ditempatkan pada ujung-ujung besi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



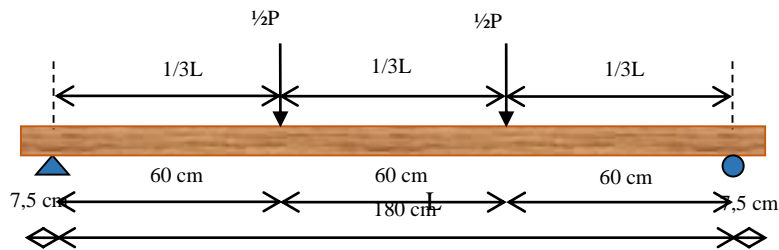
Gambar 2. Alat Pengempa *CLT*

Pasak bambu Petung dan pasak Jati yang digunakan sebagai penyambung pada *CLT* disusun secara berselang seling seperti yang terlihat pada Gambar 3. Lubang penuntun pada Pelat lantai kayu laminasi silang yang menggunakan perekat atau pengencang pasak harus dibor 0 mm sampai 0,8 mm lebih kecil dari diameter aktual pasak kayu. Jarak antar pasak pada baris terluar adalah sebesar 35 mm dan jarak penempatan pasak sebesar 40 mm.



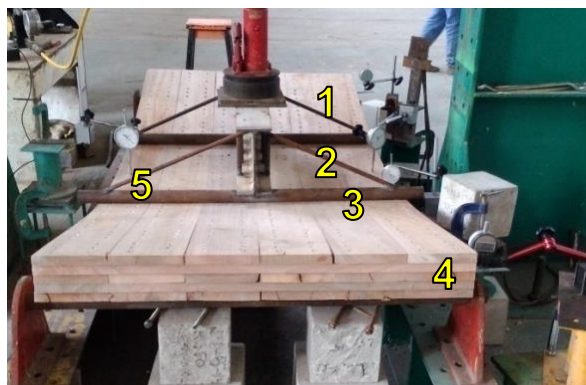
Gambar 3. Konfigurasi Penempatan Pasak pada CLT.

Pengujian benda uji dilakukan dengan metode dua titik beban dengan jarak tumpuan 180 cm. Jarak penempatan beban sepertiga dari panjang bentang diukur dari titik reaksi (tumpuan). seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengujian CLT dengan Metode Dua Titik Beban

Untuk mengukur lendutan yang terjadi pada CLT digunakan 5 buah *dial gauge* yang diletakkan di tumpuan dan di tengah bentang seperti terlihat pada Gambar 5 (Angka 1 – 5 pada gambar menunjukkan posisi dial gauge). Untuk membaca beban digunakan *load cell* dengan satuan *pounds* (lbs) kemudian dikonversi ke dalam satuan *Newton* (N).



Gambar 5. Penempatan Alat Ukur Lendutan Berupa *Dial Gauge* pada CLT

Untuk perhitungan modulus elastisitas menggunakan Persamaan 1 berikut :

$$E = \frac{P_y L^3}{4,7bh^3 \Delta y} \dots\dots\dots (1)$$

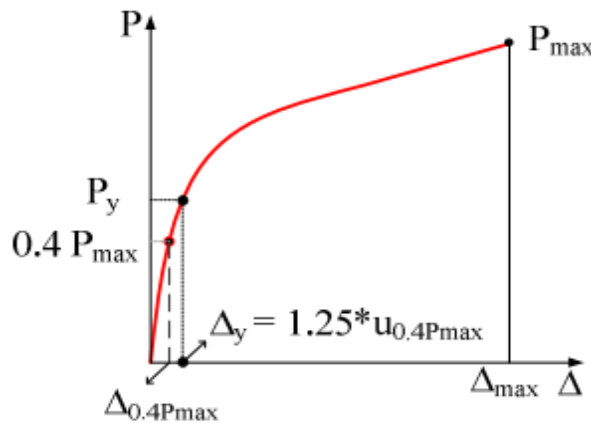
dengan , E = modulus elastisitas (MPa),  $P_y$  = beban pada batas proporsional (N), L= panjang bentang (mm), b = lebar benda uji (mm), h = tinggi benda uji (mm)  $\Delta y$  = defleksi proporsional(mm)

Sementara untuk kuat lentur dihitung menggunakan Persamaan 2. berikut :

$$F_b = \frac{P_{max}L}{bh^2} \dots\dots\dots (2)$$

dengan,  $F_b$  = kuat lentur (MPa), P = beban maksimum (N)

Untuk menentukan beban batas proporsional ( $P'$ ) dan beban batas ultimit (P) menggunakan metode *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)*. Seperti yang terlihat dalam Gambar 6. dalam hal ini titik defleksi proporsional ( $\Delta_y$ ) diperoleh menggunakan asumsi nilai defleksi saat 40 % beban puncak dikalikan dengan faktor 1,25 (Munoz et.al., 2010). Selanjutnya beban proporsional ( $P_y$ ) diperoleh dari koresponding defleksi proporsional tersebut.



Gambar 6. Metode penentuan titik atau beban batas proporsional dan beban batas ultimit (Munoz et.al., (2010)

Untuk menghitung daktilitas menggunakan Persamaan 3 :

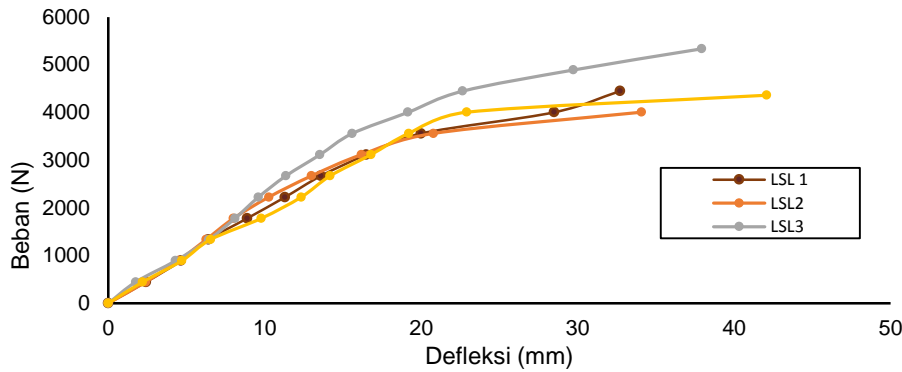
$$Daktilitas = \frac{\Delta u}{\Delta y} \dots\dots\dots (3)$$

dengan,  $\Delta u$  = lendutan saat ultimit (mm) ,  $\Delta y$  = lendutan saat proporsional (mm)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kayu Laminasi Silang dengan perekat Lem (LSL)**

Hasil pengujian kuat lentur CLT dengan penghubung lem epoxy atau *Melamin Forlamrdehida* seperti terlihat pada Tabel 1. Beban ijin rata-rata (beban elastis rata-rata) yang terjadi pada benda uji CLT dengan penghubung lem (LSL) dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Hubungan Defleksi dan Beban CLT dengan Penyambung Lem (LSL)

Gambar 7 menunjukkan pada umumnya keempat benda uji memiliki kesamaan pola, juga dapat dilihat bahwa meskipun beban yang mampu diterima oleh papan kayu laminasi silang (CLT) telah tercapai, tetapi lendutannya terus berlangsung hingga beban yang mampu ditahan semakin menurun. Dari Tabel 1 diperoleh beban maksimum rata-rata yang mampu ditahan oleh papan kayu laminasi silang dengan perekat lem (LSL) sampai mengalami keruntuhan lentur adalah sebesar 4537 N pada lendutan 36,70 mm.

Tabel 1. Beban dan Lendutan (LSL)

NO	Jenis CLT	Elastis		Maksimum	
		P (beban) (N)	$\Delta$ (Lendutan) (mm)	P (beban) (N)	$\Delta$ (Lendutan) (mm)
1	LSL 1	1010	4,63	4448	32,72
2	LSL 2	1049	4,49	4003	34,08
3	LSL 3	1069	4,21	5338	37,93
4	LSL 4	1032	4,72	4359	42,08
Rata-rata		1040	4,51	4537	36,7

Keterangan : LSL = CLT penyambung Lem epoxy

### Kayu Laminasi Silang dengan Pengcang Pasak Bambu (LSB)

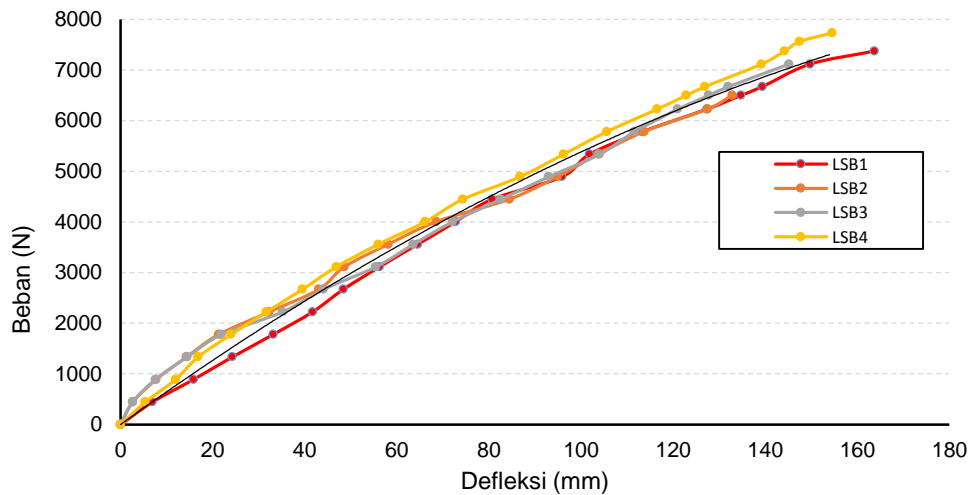
Hasil pengujian kuat lentur CLT dengan penyambung pasak bambu (LSB) terdiri dari 4 buah benda uji yaitu LSB<sub>1</sub>, LSB<sub>2</sub>, LSB<sub>3</sub> dan LSB<sub>4</sub> masing-masing dapat dilihat pada Tabel 2. Beban ijin rata-rata (beban elastis rata-rata) yang terjadi pada benda uji CLT dengan penyambung pasak bambu (LSB) dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 2. Beban dan Lendutan (LSB)

NO	Jenis CLT	Elastis		Maksimum	
		P (beban) (N)	$\Delta$ (Lendutan) (mm)	P (beban) (N)	$\Delta$ (Lendutan) (mm)
1	LSB 1	1366	23,40	7375	163,74
2	LSB 2	2039	30,17	6499	132,82
3	LSB 3	1483	26,98	7117	145,12
4	LSB 4	1812	27,10	7735	154,52
Rata-rata		1675	26,91	7182	149,05

Keterangan : LSB = CLT penyambung pasak Bambu

Dari Tabel 2 hubungan beban maksimum dan defleksi, beban maksimum rata-rata yang mampu ditahan oleh papan kayu laminasi silang dengan penyambung pasak bambu (LSB) sampai mengalami keruntuhan lentur sebesar 7182 N pada lendutan 149,05 mm. CLT yang mampu menahan beban paling besar adalah LSB<sub>4</sub> sebesar 7735 N. Gambar 8 menunjukkan keempat benda uji memiliki kesamaan pola. Dapat dilihat bahwa meskipun beban yang mampu diterima oleh kayu laminasi silang (CLT) telah tercapai, tetapi lendutannya terus berlangsung hingga beban yang mampu ditahan semakin menurun.



Gambar 8 Beban vs Defleksi CLT Penyambung Pasak Bambu (LSB)

### Kayu Laminasi Silang dengan Pengencang Pasak Kayu Jati (LSJ)

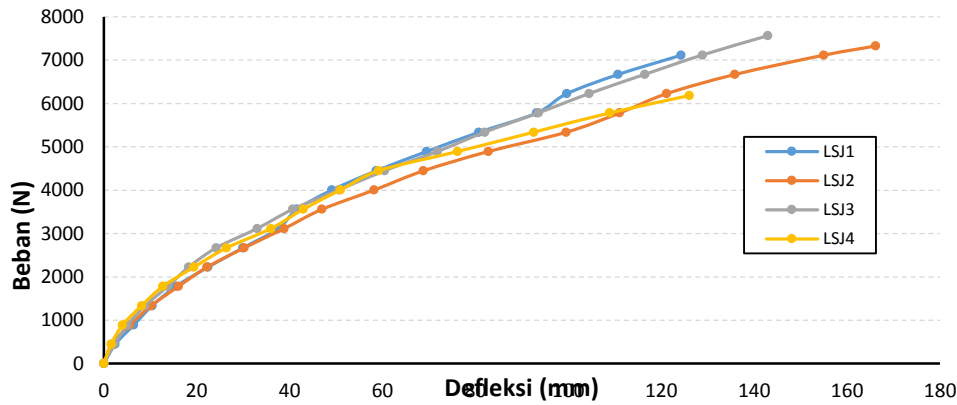
Hasil pengujian kuat lentur CLT dengan penyambung pasak Jati (LSJ) terdiri dari 4 buah benda uji seperti terlihat pada Tabel 3. Beban ijin rata-rata (beban elastis rata-rata) yang terjadi pada benda uji CLT dengan penyambung pasak Jati (LSJ) dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 3. Beban dan Lendutan (LSJ)

NO	Jenis CLT	Elastis		Maksimum	
		P (beban) (N)	$\Delta$ (Lendutan) (mm)	P (beban) (N)	$\Delta$ (Lendutan) (mm)
1	LSJ 1	2592	29,21	7117	124,29
2	LSJ 2	2145	27,63	7331	166,17
3	LSJ 3	2542	28,58	7562	142,95
4	LSJ 4	2893	31,35	6183	126,06
Rata-rata		2543	29,19	7048	139,87

Keterangan : LSJ = CLT penyambung pasak Bambu

Dari Tabel 3 hubungan beban maksimum dan defleksi, beban maksimum rata-rata yang mampu ditahan oleh papan kayu laminasi silang dengan penyambung pasak bambu (LSB) sampai mengalami keruntuhan lentur sebesar 7048 N pada lendutan 139,87 mm. Gambar 9 pada umumnya menunjukkan keempat benda uji memiliki kesamaan pola, juga dapat dilihat bahwa meskipun beban yang mampu diterima oleh papan kayu laminasi silang (CLT) telah tercapai, tetapi lendutannya terus berlangsung hingga beban yang mampu ditahan semakin menurun.



Gambar 9 Grafik Hubungan Beban dan Defleksi CLT dengan Penyambung Pasak Jati (LSJ)

### Perbandingan Perilaku Lentur CLT

Bila lendutan yang diijinkan untuk konstruksi terlindung tidak boleh lebih dari  $L/300$  atau 6 mm dalam penelitian ini, maka beban yang korespon dengan nilai lendutan ijin ini disebut sebagai kapasitas ijin (Pijin) pelat CLT. Adapun perbandingan nilai-nilai kapasitas tahanan ijin pelat tersebut disajikan dalam Tabel 4.

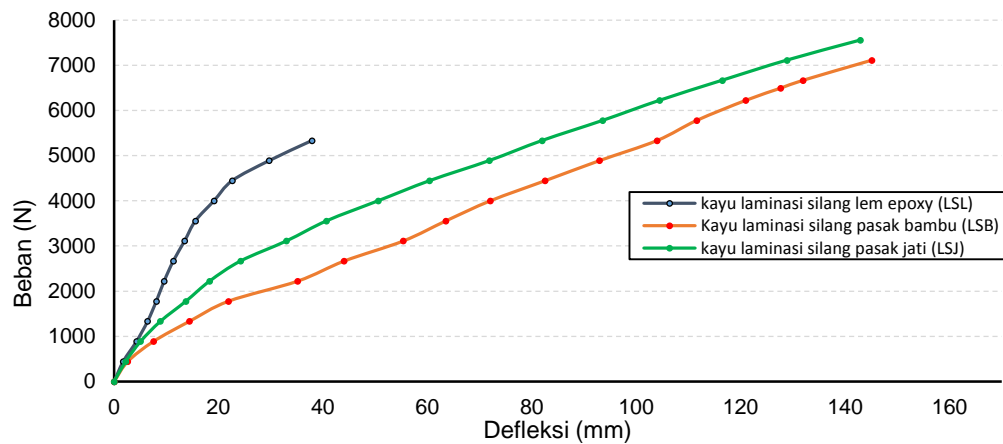
Rata-rata kapasitas tahanan ijin pelat LSL, LSB dan LSJ berturut-turut 1353 N, 396 dan 556 N. Ini berarti *CLT-LSL* memiliki kemampuan menahan beban yang lebih besar dibanding dengan *CLT-LSB* maupun *CLT-LSJ*.

Tabel 4. Kapasitas Tahanan Ijin (Pijin) pelat CLT

No	Jenis CLT	Kontrol Lendutan (mm)	P (beban) (N)	P (beban) Rata-rata (N)
1	LSL1	6,00	1281	1353
2	LSL2	6,00	1362	
3	LSL3	6,00	1483	
4	LSL4	6,00	1286	
5	LSB1	6,00	361	396
6	LSB2	6,00	423	
7	LSB3	6,00	387	
8	LSB4	6,00	415	
9	LSJ1	6,00	568	556
10	LSJ2	6,00	488	
11	LSJ3	6,00	563	
12	LSJ4	6,00	605	

Hasil pengujian *CLT* penyambung lem epoxy, pasak bambu dan pasak kayu Jati diambil masing-masing salah satu benda uji yang mewakili masing-masing variabel benda uji untuk dibandingkan. Hasil analisa perbandingan beban dan lendutan untuk tiap variasi dapat dilihat pada Gambar 10.





Gambar 10. Beban rata-rata vs Defleksi Semua Jenis Penyambung

Dari Gambar 10, dapat dilihat pola perbandingan kemampuan *CLT* berbagai jenis penyambung dalam menahan beban luar. Papan kayu laminasi silang penyambung pasak bambu dan pasak Jati memiliki pola kenaikan beban yang hampir sama. *CLT-LSL* mempunyai kemampuan menahan beban yang lebih kecil dibanding kedua tipe *CLT* diatas namun *CLT-LSL* memiliki daktilitas yang lebih besar dari kedua tipe pelat *CLT* tersebut. Untuk lebih jelas mengenai nilai-nilai daktilitasnya disajikan pada sub bagian dibawah ini. Adapun pola keruntuhan pelat *CLT* untuk masing-masing tipe penyambung dapat dilihat pada Gambar 11.



a) Keruntuhan dan Geser pada *CLT* penyambung lem epoxy



b) Keruntuhan dan Geser pada *CLT* penyambung pasak Bambu



c) Keruntuhan dan Geser pada *CLT* penyambung pasak Jati

Gambar 11. Keruntuhan dan Geser pada *CLT* berbagai penyambung

### Modulus Elastisitas dan Daktilitas CLT

Modulus elastisitas CLT dihitung menggunakan Persamaan (1) dan kuat lentur dihitung dengan Persamaan (2). Hasilnya berturut-turut disajikan pada kolom (6) dan kolom (8) dalam Tabel 5 dibawah ini. Adapun daktilitas yang diperoleh dengan menggunakan Persamaan (3) hasilnya disajikan pada kolom (10) table tersebut. Hasil perhitungan secara lengkap ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Modulus Elaastisitas, Kuat lentur dan Daktilitas CLT

Jenis CLT	Spesimen	P (N)	P' (N)	$\Delta y$ (mm)	E (N/mm <sup>2</sup> )	E Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )	Fb (N/mm <sup>2</sup> )	Fb Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )	Daktilitas	Daktilitas rata-rata
CLT penyambung Lem	LSL1	4448,00	2145,61	10,88	272,02	288,76	0,89	0,91	3,01	3,53
	LSL2	4003,00	1932,27	9,02	295,27		0,80		3,78	
	LSL3	5338,00	2573,82	11,33	313,34		1,07		3,35	
	LSL4	4359,00	2104,82	10,58	274,42		0,87		3,98	
CLT penyambung Pasak Bambu	LSB1	7375,15	3598,99	66,56	74,55	84,12	1,48	1,44	2,46	2,57
	LSB2	6498,85	3193,64	48,82	90,19		1,30		2,72	
	LSB3	7117,15	3522,93	57,58	84,36		1,42		2,52	
	LSB4	7735,46	3791,03	59,83	87,37		1,55		2,58	
CLT penyambung pasak Jati	LSJ1	7117,15	3475,85	40,46	118,44	116,32	1,42	1,41	3,07	3,41
	LSJ2	7330,67	3584,95	48,43	102,06		1,47		3,43	
	LSJ3	7561,98	3699,64	43,13	118,28		1,51		3,31	
	LSJ4	6183,03	3018,47	32,90	126,49		1,24		3,83	

Dari Tabel 5 diperoleh bahwa Modulus elastisitas rata-rata untuk CLT penyambung lem epoxy, pasak bambu dan pasak Jati berturut-turut sebesar 288,76 N/mm<sup>2</sup>, 84,12 N/mm<sup>2</sup> dan 116,32 N/mm<sup>2</sup>. Untuk kuat lentur rata-rata CLT penyambung lem epoxy, pasak bambu dan pasak Jati berturut-turut sebesar 0,91 N/mm<sup>2</sup>, 1,44 N/mm<sup>2</sup> dan 1,41 N/mm<sup>2</sup>. Besarnya daktilitas CLT penyambung lem epoxy, pasak bambu dan pasak Jati berturut-turut sebesar 3,53, 2,57 dan 3,41.

### SIMPULAN DAN SARAN

#### Simpulan

Pasak bambu Petung dan pasak kayu Jati dapat digunakan sebagai penyambung pada CLT. Dari hasil eksperimen yang dilakukan di laboratorium dan dengan menggunakan kontrol lendutan ijin sebesar L/300 atau 6 mm. Kapasitas tahanan ijin pelat CLT -LSL, LSB dan LSJ berturut-turut sebesar 1353 N, 397 N dan 556 N. Modulus elastisitas rata-rata untuk CLT LSL, LSB dan LSJ berturut-turut sebesar 288,8 N/mm<sup>2</sup>, 84,1 N/mm<sup>2</sup> dan 116,3 N/mm<sup>2</sup>. Untuk kuat lentur rata-rata CLT penyambung lem epoxy, pasak bambu dan pasak Jati berturut-turut sebesar 0,9 N/mm<sup>2</sup>, 1,4 N/mm<sup>2</sup> dan 1,4 N/mm<sup>2</sup>. Besarnya daktilitas CLT penyambung lem epoxy, pasak bambu dan pasak Jati berturut-turut sebesar 3,5, 2,6 dan 3,4.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Da Vinci Leonardo (2008) *Handbook Timber Structur* Educational Materials for Designing and Testing of TIMBER Structures - TEMENTIS
- Moody RC and Hernandez. 1997. *Glued laminated Timber* . Di dalam : *Engineered wood products-A guide for specifiers, designers and users..* Madison, WI : USDA Forest Service, Forest Products Laboratory Hlm. 5-6
- Morisco, 1999, *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta
- Munoz, W., Mohammad, M., Salenikovich, A., Quenneville, P. 2010, *Determination of Yield Point and Ductility of Timber Assemblies: In Search for a Harmonized Approach*, Engineered Wood Products Association
- RSNI T-07-2005, *Metode pengujian lentur posisi tegak kayu dan bahan struktur bangunan berbasis kayu*
- SNI 03-1726-2002, *Tata Cara perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*
- SNI 7973-2013, *Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu*
- Steiger R., Gülzow A., Gsell D., (2008), *Non Destructive Evaluation Of Elastic Material Properties Of Cross Laminated Timber (CLT)*, Confrence COST E53
- Tjondro, J.A., Natalia S., Kusumo B., (2013), *Kuat Lentur Dan Rigiditas Balok Dan Lantai Papan Kayu Laminasi Silang Dengan Perekat*. Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan
- Vessby J., Enquist B., Petersson H., Alsmarker T., (2009), *Experimental study of cross-laminated timber wall panels*. Eur.J.Wood Prod