

Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Panel *Cross Laminated Timber* Kayu Sengon dan Kayu Jabon

IRFAN NAUFAL ABDURRAHMAN, HERU JUHDI GULTOM,
ERMA DESMALIANA

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email: irfannaufalabdurahman@gmail.com

ABSTRAK

*Panel Cross Laminated Timber (CLT) merupakan rekayasa kayu dengan penyusunan kayu dengan arah bersilangan 90°. Material kayu yang digunakan yaitu kayu Sengon dan kayu Jabon. Pembuatan panel CLT menggunakan perekat Polyvinyl Acetate, Cross-linker, dan Lateks Karet Alam dengan perbandingan 1:1 untuk base dan 15% untuk katalisator. Tujuan dari penelitian ini, untuk mengetahui kinerja panel CLT kayu Sengon dan kayu Jabon terhadap beban tekan dan geser. Pembuatan panel CLT dilakukan dengan menggunakan kempa dingin dan dimensi panel CLT yang digunakan yaitu 950mm*950mm*120mm. Hasil pengujian eksperimental pada benda uji small clear, didapatkan bahwa kayu jabon dan kayu sengon masuk kedalam kelas kuat V. Kapasitas tekan panel CLT kayu Sengon lebih kuat dibandingkan CLT Jabon yaitu 12,196 MPa dengan defleksi 10,51 mm dan kapasitas tekan panel CLT Kayu Jabon 9,572 MPa dengan defleksi 2,67. Pada pengujian kuat geser Panel CLT kayu Sengon menghasilkan nilai kuat geser lebih baik dari pada CLT kayu Jabon sebesar 0,09 MPa, dan kuat geser CLT kayu Jabon 0,089 MPa.*

Kata kunci: *cross laminated timber, perekat, kuat tekan, kuat geser, defleksi.*

ABSTRACT

*Cross Laminated Timber (CLT) Panel Is wood engineering with wood's arrangement cross direction 90°. Wood materials used Sengon and Jabon. Making CLT panels using Polyvinyl Acetate, Cross-linker, and Natural Rubber Latex adhesives with a ratio of 1:1 for base and 15% for catalyst. The purpose of this research is to know the performance of Sengon and Jabon wood CLT panels against press and shear load. CLT panel is made by used cold press processed and the CLT panel dimensions used is 950mm*950mm*120mm. The results of small clear test object, found that Jabon wood and sengon wood were included in the strong V class. The compressive capacity of Sengon wood CLT panel is stronger than Jabon CLT which is 12.196 MPa with 10.51 mm deflection and the compressive capacity of Jabon CLT panel is 9.572 MPa with a deflection of 2.67. The shear strength testing of Sengon wood CLT Panel produces better shear strength than Jabon wood. Shear strength Sengon's CLT is 0.089 MPa and Jabon's CLT is 0.128 MPa.*

Keywords: *cross laminated timber, glue, compression strength, shear strength, deflection.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan penduduk terbesar ke empat di dunia. Diprediksi menurut sensus penduduk tahun 2010, jumlah penduduk Indonesia mencapai 262 juta jiwa. Banyaknya jumlah penduduk harus sebanding dengan ketersediaan tempat tinggal. Indonesia masih memiliki kesenjangan antara kebutuhan tempat tinggal dan ketersediaan tempat tinggal atau rumah. Besar kesenjangan tersebut pada tahun 2015 mencapai 11.459.875 rumah tangga (PPDPP, 2018).

Dengan adanya masalah diatas, dibutuhkan percepatan dalam pembangunan perumahan atau tempat tinggal bagi masyarakat. Teknologi konstruksi saat ini terus berkembang, dalam waktu yang singkat suatu bangunan dapat selesai dengan cara fabrikasi material menjadi panel-panel. Proses konstruksi di lapangan hanya tinggal menyusun dengan sedemikian rupa.

Adanya isu *green building* harus diperhatikan juga, dari segi material harus ramah lingkungan dan memenuhi kekuatan yang dibutuhkan. Kayu merupakan salah satu material yang ramah lingkungan. Kayu juga merupakan sumber daya yang dapat diperbaharui (*Renewable resource*) secara terus menerus untuk jangka waktu yang lama. Di Indonesia kayu dapat tumbuh dengan cepat dan mampu tumbuh dimana-mana. Oleh sebab itu, kayu berpotensi digunakan sebagai material konstruksi bangunan.

Kemajuan teknologi konstruksi kayu membuat kayu dapat menjadi susunan panel yang pada saat konstruksinya hanya tinggal menyambungkan dan menyusun panel-panel menjadi suatu bangunan yang utuh. Salah satu rekayasa kayu dengan bentuk panel adalah panel *cross laminated timber* (CLT). Panel tersebut tersusun dari susunan kayu yang menyilang dan direkatkan dengan teknik laminasi menggunakan zat perekat.

Tujuan penelitian ini membahas tentang kinerja panel *Cross laminated timber* yang tersusun dari jenis kayu Sengon dan kayu Jabon. Kinerja yang ditinjau merupakan kuat tekan dan kuat geser panel CLT kayu Sengon dan panel CLT kayu Jabon yang memiliki dimensi 950mm*950mm*120mm.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kayu

Kayu merupakan suatu bahan konstruksi bangunan yang berasal dari alam yaitu tumbuhan. Sebagai material konstruksi pertama konstruksi kayu pada masa lalu hanya berdasarkan kepada pengalaman dan intuisi semata, sekarang semakin pesatnya ilmu pengetahuan dan berkembangnya pula teori untuk konstruksi bangunan, maka ilmu teknik konstruksi kayu mengalami transisi dari yang berasal ilmu pertukangan semata menjadi ilmu pengetahuan berdasarkan perhitungan matematis yang sudah lama dipergunakan pada material konstruksi seperti beton dan baja (Yap, K. H. F., 1964).

2.2 Kayu Sengon

Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria*) merupakan jenis kayu yang umumnya bersifat ringan, lunak sampai agak lunak. Warna kayu terasnya berwarna putih sampai coklat muda pucat atau kuning muda sampai coklat kemerahan. Kerapatan kayu Sengon berkisar antara 230 kg/m³ sampai 500 kg/m³ pada kadar air 12%–15%. Kayu Sengon memiliki serat lurus dan saling bertautan serta memiliki tekstur yang cukup kasar tetapi seragam. Daya tahan kayu Sengon rata-rata dapat bertahan selama 0,5–2,1 tahun. Kayu Sengon juga tidak tahan lama ketika digunakan di tempat terbuka serta sangat rentan terhadap serangan serangga dan jamur, namun ketahanan kayu Sengon dapat dimodifikasi menjadi lebih baik dengan cara memberi

bahan pengawet pada kayu Sengon sehingga kayu Sengon akan bertahan didaerah beriklim tropis. Kayu Sengon dapat dipergunakan sebagai bahan konstruksi ringan seperti langit-langit, bahan baku triplex, kayu lapis, panel, dan cabinet (Krisnawati, H., et al., 2011).

2.3 Kayu Jabon

Kayu Jabon yang memiliki nama botani *Anthocephalus Chinensis* memiliki ciri yaitu pada kayu teras berwarna putih semu-semu kuning muda dengan tekstur kayu agak halus sampai agak kasar. Arah serat kayu Jabon yaitu lurus dengan permukaan kayu mengkilap.

Sifat fisis yang dimiliki oleh kayu Jabon biasanya memiliki berat jenis antara 0,29–0,56 dan kelas kuat yaitu kelas III–IV. Keawetan kayu Jabon dimasukkan kedalam kelas awet V (Martawijaya, A., et al., 1989).

2.4 Penggolongan Mutu Kayu

Penggolongan kayu secara visual dapat dilakukan menggunakan hasil pengukuran berat jenis. Nilai berat jenis tersebut kemudian menghasilkan nilai modulus elastisitas kayu yang dapat dilanjutkan untuk menentukan kelas kuat kayu berdasarkan **Tabel 1** menurut SNI 7973:2013.

Tabel 1. Nilai Desain Acuan dan Modulus Elastisitas Acuan

Kode Mutu	f_b [MPa]	f_t [MPa]	f_c [MPa]	f_v [MPa]	f_{cl} [MPa]	E [MPa]	E_{min} [MPa]
E25	26,0	22,9	22,9	3,06	6,11	25.000	12.500
E24	24,4	21,5	21,5	2,87	5,74	24.000	12.000
E23	23,2	20,5	20,5	2,73	5,46	23.000	11.500
E22	22,0	19,4	19,4	2,59	5,19	22.000	11.000
E21	21,3	18,8	18,8	2,50	5,00	21.000	10.500
E20	19,7	17,4	17,4	2,31	4,63	20.000	10.000
E19	18,5	16,3	16,3	2,18	4,35	19.000	9.500
E18	17,3	15,3	15,3	2,04	4,07	18.000	9.000
E17	16,5	14,6	14,6	1,94	3,89	17.000	8.500
E16	15,0	13,2	13,2	1,76	3,52	16.000	8.000
E15	13,8	12,2	12,2	1,62	3,24	15.000	7.500
E14	12,6	11,1	11,1	1,48	2,96	14.000	7.000
E13	11,8	10,4	10,4	1,39	2,78	13.000	6.500
E12	10,6	9,4	9,4	1,25	2,50	12.000	6.000
E11	9,1	8,0	8,0	1,06	2,13	11.000	5.500
E10	7,9	6,9	6,9	0,93	1,85	10.000	5.000
E9	7,1	6,3	6,3	0,83	1,67	9.000	4.500
E8	5,5	4,9	4,9	0,65	1,30	8.000	4.000
E7	4,3	3,8	3,8	0,51	1,02	7.000	3.500
E6	3,1	2,8	2,8	0,37	0,74	6.000	3.000
E5	2,0	1,7	1,7	0,23	0,46	5.000	2.500

(Sumber: SNI 7973:2013)

2.5 Cross Laminated Timber

Cross laminated timber (CLT) merupakan salah satu produk kayu rekayasa yang dibentuk dengan cara menyusun sejumlah lapisan kayu yang dikenal sebagai lamina secara bersilangan satu sama lainnya dan kemudian direkatkan.

CLT diharapkan produk yang akan berperan penting dalam penggunaan masa depan kayu pada konstruksi lantai tunggal atau gedung bertingkat. Panel CLT dapat digunakan sebagai panel penyusun dinding dan panel penyusun pelat lantai. Penelitian uji dinding geser panel CLT dengan material jenis kayu Sengon, kayu Mindi dan Kayu nangka serta dilakukan dengan penyusunan lima lapis yang menggunakan perekat isosianat didapatkan hasil bahwa nilai

kekuatan dan kekakuan dinding CLT masing-masing jenis kayu adalah 129.360 N dan 7.388 N/mm, 117.600 N dan N/mm, 146.020 N dan 9.402 N/mm (Muthmainnah, et al., 2013).

2.6 Perekat

Perekat mentransfer dan mendistribusikan beban antar komponen, sehingga meningkatkan kekuatan dan kekakuan produk kayu. Transfer tegangan yang efektif dari satu anggota ke anggota lainnya tergantung pada kekuatan ikatan, dengan demikian, kinerja sambungan tergantung pada seberapa baik faktor-faktor kompleks yang berkontribusi terhadap sifat-sifat individual (kayu, perekat, dan daerah interfase kayu dan perekat).

Untuk kekuatan ikatan perekat maksimum, perekat cair harus membasahi permukaan kayu, mengalir di atas dan menembus ke dalam kayu. Molekul perekat harus bersentuhan langsung dengan molekul kayu untuk memberikan *interlock* mekanik terbaik dan tarik antarmolekul antara perekat dan kayu (Haygreen, J., & Bowler, J., 2010). Perekat kayu dapat dikategorikan sesuai dengan kinerja struktur dan kebutuhan kondisi lingkungan seperti terlihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Klasifikasi Perekat Sesuai Dengan Kinerja Struktur

Integrasi Struktur	Lingkungan Layan	Tipe Perekat
Struktural	Eksterior penuh	<i>Phenol-formaldehyde</i> <i>Resorcinol-formaldehyde</i> <i>Phenol-resorcinol-formaldehyde</i> <i>Emulsion polymer isocyanate</i> <i>Melamine-formaldehyde</i> <i>Isocyanate</i>
	Eksterior terbatas	<i>Melamine-urea-formaldehyde</i> <i>Epoxy</i> <i>Polyurethane</i>
Semi struktural	Eksterior terbatas	<i>Cross-linked poly(vinyl acetate)</i> <i>Cross-linkes soybean</i> <i>Poly(Vinyl acetate)</i>
Non struktural	Interior	<i>Animal</i> <i>Elastomeric contraction</i> <i>Elastomeric contact</i> <i>Hot-melt</i> <i>Strach</i>

(Sumber: Haygreen, et al., 2010)

3. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah kayu Sengon dan Kayu Jabon dengan kadar air rata-rata kurang dari 15% dan dimensi 900mm*90mm*40mm. Perekat yang digunakan bersumber dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Biomaterial. Perekat tersebut terdiri dari 3 jenis perekat, yaitu PVA (*polyvinyl acetate*), LKA (Lateks Karet Alam), dan *Crosslinker*. Ketiga perekat tersebut kemudian di campur dengan komposisi perbandingan adalah 1:1 antara LKA dengan PVA, selanjutnya dicampur *crosslinker* sebesar 15% dari LKA dan PVA.

Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara melabur perekat ke permukaan kayu dengan jumlah kayu 11 buah batang pelapisan. Lapisan CLT yang dibuat terdiri dari tiga buah lapis dengan sistem kempa dingin seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Proses pengempaan panel CLT

Pengujian panel CLT dilakukan di laboratorium struktur menggunakan mesin *universal testing machine* (UTM) dengan kapasitas 250 ton-f. Setting pengujian kuat tekan panel CLT dapat dilihat pada **Gambar 2** dan pengujian kuat Geser dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 2. Setting pengujian kuat tekan panel CLT



Gambar 3. Setting pengujian kuat geser panel CLT

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Kayu

Berdasarkan pengujian berat jenis kayu, kayu Jabon masuk kedalam mutu E5–E6. Dari beberapa pengujian mekanik kayu yang dilakukan kayu Jabon menghasilkan beberapa properties seperti yang terlihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Kekuatan Kayu Jabon

Kuat Lentur [MPa]	Kuat Tekan [MPa]	Kuat Tekan Tegak Lurus Serat [MPa]	Kuat Tarik [MPa]	Kuat Tarik Tegak Lurus Serat [MPa]	Kuat Geser [MPa]
27,638	13,68	3,904	16,857	0,874	3,654

Sedangkan kayu Sengon masuk kedalam mutu E6 dengan kekuatan kayu sebagai berikut:

Tabel 4. Kekuatan Kayu Sengon

Kuat Lentur [MPa]	Kuat Tekan [MPa]	Kuat Tekan Tegak Kurus Serat [MPa]	Kuat Tarik [MPa]	Kuat Tarik Tegak lurus Serat [MPa]	Kuat Geser [MPa]
28,24	18,074	6,192	35,809	1,614	4,880

Setelah melihat hasil pengujian, kayu Sengon memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan kayu Jabon.

4.2 Perbandingan Kuat Geser Kayu Solid dengan Kuat Geser Perekat

Perekat yang digunakan merupakan produk penelitian LIPI yaitu *polyvinyl acetate*, *cross-linker* dan Lateks Karet Alam. Menurut tabel klasifikasi perekat, perekat tersebut merupakan campuran yang tergolong kedalam jenis perekat semi-struktural dan non-struktural. Perbandingan kuat geser kayu dengan kuat geser perekat dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Tabel Kuat Geser Kayu Solid Dan Kuat Geser Perekat

Kuat Geser Kayu Jabon Solid [MPa]	Kuat Geser Kayu Sengon Solid [MPa]	Kuat Geser Perekat Kayu Jabon [MPa]	Kuat Geser Perekat Kayu Sengon [MPa]
3,252	4,372	1,436	2,106

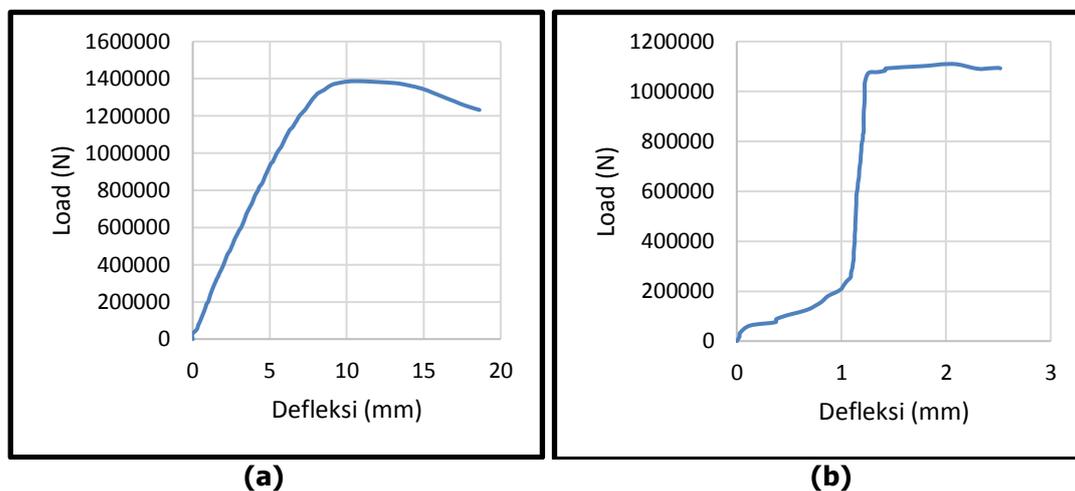
Dari hasil pengujian kuat geser kayu solid lebih besar dari pada kuat geser kayu yang diberi perekat. Pada pengujian rekatan lem, kedua jenis kayu tidak mengalami kerusakan pada bagian kayu, sehingga dapat disimpulkan bahwa ikatan antara kayu dengan perekat tidak mengikat dengan baik. Hal tersebut bisa terjadi akibat adanya zat ekstraktif kayu yang dapat menghalangi proses penetrasi dan pematangan perekat serta keadaan permukaan kayu yang direkat. Presentase kekuatan perekat yaitu 44% kekuatan dari kayu solid Jabon dan 48% kekuatan dari kayu solid Sengon.

4.3 Perbandingan Sifat Mekanik Panel CLT Kayu Jabon dan Kayu Sengon

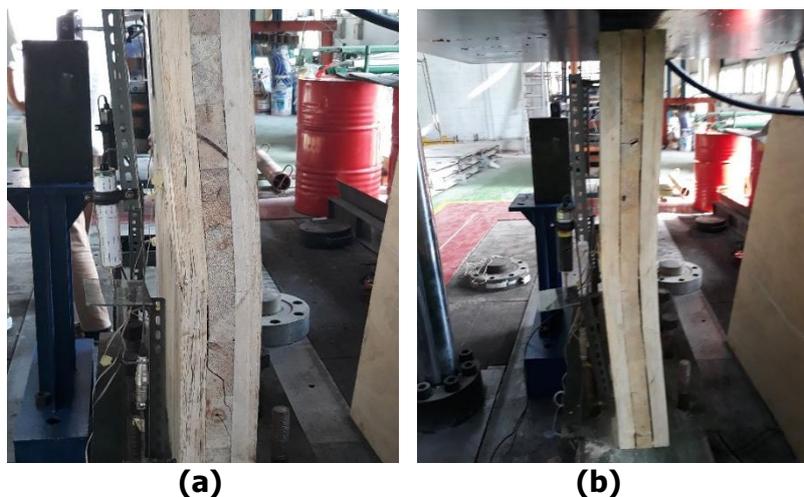
Perbandingan hasil pengujian kuat tekan panel CLT dapat dilihat pada **Tabel 6** serta grafik pengujian dan benda uji hasil pengujian dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Panel CLT

Jenis Kayu	Beban Maksimum [N]	Defleksi [mm]	Kuat Tekan [MPa]
Jabon	1.109.000	2,67	9,752
Sengon	1.387.000	10,51	12,196



Gambar 4. Grafik hubungan beban dengan defleksi pengujian tekan panel (a) CLT Sengon dan (b) CLT Jabon

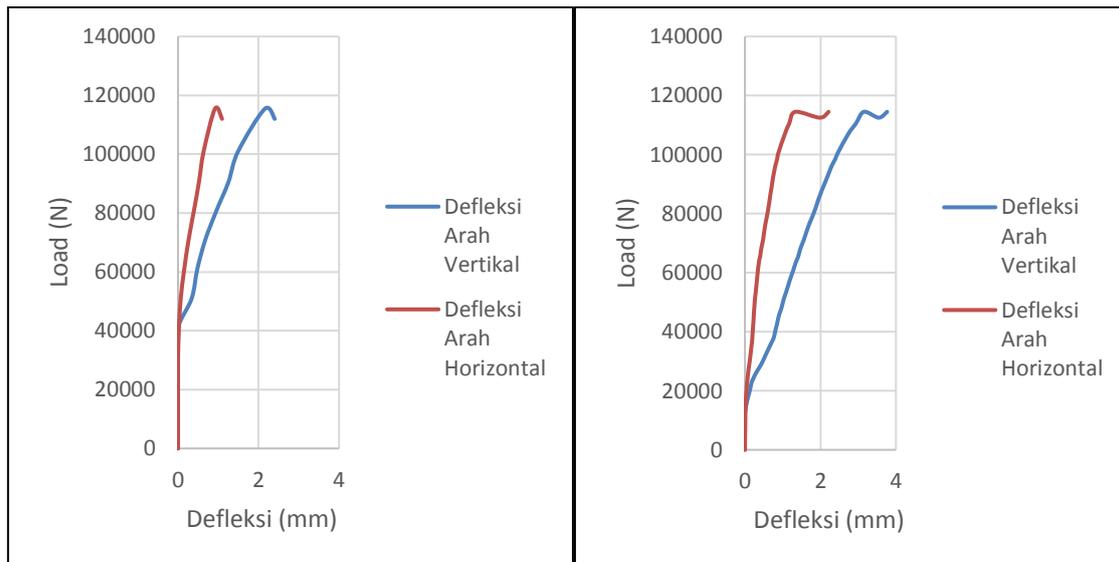


Gambar 5. Bentuk keruntuhan panel CLT pada pengujian kuat tekan panel (a) CLT Sengon dan (b) CLT Jabon

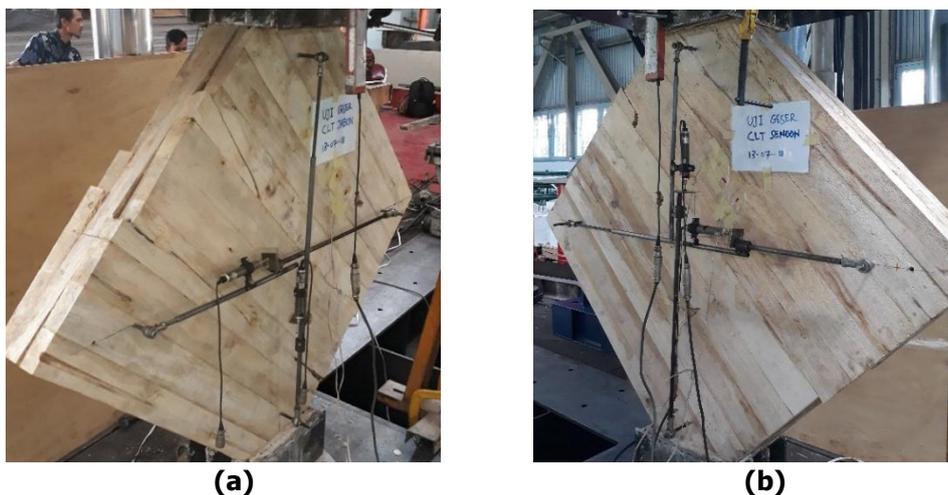
Perbandingan hasil pengujian kuat geser panel CLT dapat dilihat pada **Tabel 7** serta grafik pengujian dan benda uji hasil pengujian dapat dilihat pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Geser Panel CLT

Jenis Kayu	Beban Maksimum [N]	Luas Bidang Geser [mm ²]	Kuat Geser [MPa]
Jabon	114.500	902.500	0,089
Sengon	115.500	902.500	0,09



(a) (b)
Gambar 6. Grafik hubungan beban dengan defleksi panel
(a) CLT Jabon dan (b) CLT Sengon



(a) (b)
Gambar 7. Bentuk keruntuhan panel CLT pada pengujian kuat geser panel
(a) CLT Jabon dan (b) CLT Sengon

Analisa kuat geser panel CLT mengacu kepada peraturan SNI tentang pengujian dinding batu-bata dan, dimana perhitungan tegangan geser merupakan beban maksimum dibandingkan dengan luas area yang mengalami pergeseran. Dalam kasus ini seluruh bidang dinding CLT mengalami pergeseran sehingga luas bidang yang bergeser merupakan luas permukaan dinding CLT.

Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat geser panel CLT menunjukkan bahwa panel CLT kayu Sengon lebih kuat dibandingkan dengan Panel CLT kayu Jabon hal tersebut dikarenakan kayu Sengon memiliki mekanik *properties* kayu lebih baik dari pada kayu Jabon seperti yang telah dilakukan pada pengujian benda uji kecil (*small clear specimen*). Selain itu, kayu Jabon memiliki penampang yang tidak lurus atau memuntir hal tersebut terjadi karena adanya proses pengeringan dengan penguapan yang tidak merata dan adanya faktor kerapatan kayu yang rendah sehingga terjadi cacat memuntir. Cacat tersebut dapat mempengaruhi proses pengeleman pada saat dilakukan pengempaan.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis beberapa pengujian sifat fisik dan mekanik kayu dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan nilai modulus elastisitas acuan kayu Jabon masuk kedalam mutu E5 dan kayu Sengon masuk kedalam mutu E5–E6.
2. Dari pengujian kuat geser perekat didapat nilai tegangan geser perekat untuk kayu Jabon yaitu 1,436 MPa dan kuat geser perekat pada kayu Sengon 2,106 MPa. Nilai kuat geser perekat tersebut berbeda dan dapat terjadi akibat adanya zat ekstraktif kayu yang dapat menghalangi proses penetrasi dan pematangan perekat serta keadaan permukaan kayu yang direkat.
3. Hasil pengujian kuat geser kayu solid lebih besar dibandingkan kuat geser perekat. Presentase kekuatan perekat yaitu 44% kekuatan dari kayu solid Jabon dan 48% kekuatan dari kayu solid Sengon.
4. Besar nilai kuat tekan panel CLT kayu Jabon sebesar 9,752 MPa dan kuat tekan panel CLT kayu Sengon sebesar 12,196 MPa.
5. Kuat geser kayu Jabon memiliki nilai lebih besar yaitu 0,089 MPa, sedangkan kuat geser panel CLT kayu Sengon memiliki kuat geser 0,09 MPa.
6. Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat geser panel CLT menunjukkan bahwa panel CLT kayu Sengon lebih kuat dibandingkan dengan Panel CLT kayu Jabon hal tersebut dikarenakan kayu Sengon memiliki *properties* kayu lebih baik dari pada kayu Jabon seperti yang telah dilakukan pada pengujian benda uji kecil (*small clear specimen test*).

6. SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan yang diperoleh maka penyempurnaan dan kesinambungan penelitian pada tahap selanjutnya disarankan:

1. Perlu dilakukannya variasi penggunaan jenis perekat agar terjadi perbedaan pengaruh penggunaan perekat.
2. Perlu dilakukannya variasi jumlah lapisan kayu CLT agar dapat menentukan jumlah lapis optimal pada penggunaan panel CLT.
3. Perlu dilakukan pengujian kuat lentur panel kayu CLT.
4. Perlunya pembuatan dan pengujian panel CLT dengan material kayu penyusun yang berbeda.

7. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Dr. Maryoko Hadi selaku kepala balai sains bangunan yang telah memberikan kesempatan dan mendanai untuk melakukan penelitian di Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 7973:2013 tentang Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Haygreen, J., & Bowler, J. (2003). *Forest Products and Wood Science: An Introduction* (Fourth Edition ed.). Iowa: Iowa State Press.
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M., & Kanninen, M. (2011). *Paeaserianthes Falcataria (L.) Nielsen*. Bogor: CIFOR.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Mandang, Y. I., Prawira, S. A., & Kadir, K. (1989). *ATLAS KAYU INDONESIA*. Bogor: Departemen Kehutanan.

- Muthmainnah, Sadiyo, S., & Karlinasari, L. (2014). Evaluasi Pengujian Dinding Geser Panel Cross Laminated Timber (CLT) dari Tiga Jenis Kayu Rakyat. *J. ForestSaint*, 99-109.
- PPDPP. (2018, Maret 30). *Data Backlog Kepemilikan Rumah*. Dipetik Maret 20 dari Pusat Pengelolaan Dana Pembiayaan Perumahan: <http://ppdpp.id/data-backlog/>
- Yap, K. H. F. (1964). *Konstruksi Kayu*. Bandung: Binacipta.