

Karakteristik *Cross Laminated Timber* (CLT) dari Kayu Jati Platinum Hasil Penjarangan dan Limbah Batang Kelapa Sawit

Characteristic of Cross Laminated Timber (CLT) from Thinned Platinum Teak and Oil Palm Stem Waste

Oleh:

Dimas Triwibowo*, Prabu Satria Sejati, Mohamad Gopar, Sudarmanto, Fazhar Akbar, Deni Purnomo, Sukma Surya Kusumah, Yusup Amin, Wahyu Dwianto

Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jl. Raya Bogor Km. 46
Cibinong, Bogor 16911, Jawa Barat, Indonesia

*E-mail: dimas_triwibowo@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis *cross laminated timber* (CLT) dari limbah batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis. Jacq*) dikombinasikan dengan kayu jati platinum (*Tectona grandis*) hasil penjarangan. CLT dibuat menjadi dua tipe yaitu CLT tipe A (jati-sawit-jati) dan CLT tipe B (jati-jati-jati) dengan menggunakan perekat *Waterbased Polymer Isocyanate* (WBPI). Ukuran panjang kedua tipe CLT tersebut adalah 150 cm dan lebar 20 cm dengan variasi ketebalan 3,0 cm, 4,5 cm, dan 6,0 cm, serta berat labur perekat 300 g/m². Hasil penelitian menunjukkan bahwa CLT tipe B memiliki sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dari CLT tipe A. Secara umum perlakuan yang menghasilkan performa terbaik adalah penggunaan lamina dengan ketebalan 4,5 cm. Kayu jati platinum dan batang kelapa sawit berpotensi untuk dijadikan sumber bahan baku CLT karena nilai kadar air, modulus lentur (MOE), dan modulus patah (MOR) yang telah memenuhi standar JAS 1152.

Kata kunci: *Cross laminated timber*, jati platinum, batang kelapa sawit, sifat fisis, sifat mekanis

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the physical and mechanical properties of Cross laminated timber (CLT) made from oil palm (Elaeis guineensis. Jacq) stem waste combined with thinned platinum teak (Tectona grandis) wood. CLT was made into two types, namely CLT type A (teak-palm-teak) and CLT type B (teak-teak-teak). The CLT was 150 cm in length and 20 cm in width, with variation of the thickness of 3,0 cm, 4,5 cm, and 6,0 cm, and the glue spread of 300 g/m². The results showed that CLT type B has better physical and mechanical properties than CLT type A. Generally, CLT made of lamina with a thickness of 4,5 cm showed the best performance of physical and mechanical properties. Platinum teak and palm oil stem waste have the potential to be used as a source of CLT raw materials because of the moisture content, flexural modulus (MOE), and fracture modulus (MOR) that meet the JAS 1152 standard.

Keywords: *Cross laminated timber, platinum teak, oil palm stem, physical properties, mechanical properties*

PENDAHULUAN

Kayu merupakan sumber daya hayati yang banyak digunakan untuk keperluan manusia. Kayu digunakan sebagai bahan bakar, kerajinan seni, furnitur, hingga konstruksi bangunan. Penggunaan kayu untuk bahan konstruksi bangunan dalam 10 tahun ini mengalami peningkatan yang signifikan dengan meningkatnya kesadaran akan bangunan yang ramah lingkungan (Lestari 2017). Penggunaan kayu sebagai bahan bangunan tidak hanya memberikan keuntungan bagi pemilik bangunan akan tetapi juga bagi lingkungan. Lippke et al. (2004) mengungkapkan bahwa penggunaan kayu untuk dinding rumah dapat menurunkan potensi emisi rumah kaca sebesar 33% dibandingkan baja dan 80% dibandingkan dengan beton. Namun, tidak semua jenis kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi bangunan.

Kayu yang digunakan untuk konstruksi biasanya berasal dari kayu berumur tua, berdiameter besar, dan memiliki sifat mekanis yang tinggi (Muthmainah 2014). Jenis kayu yang biasanya untuk bangunan seperti jati umumnya mempunyai harga yang mahal dan langka karena masa tumbuh yang lama untuk bisa dimanfaatkan. Kayu jati (*Tectona grandis*) banyak digunakan karena memiliki penampilan yang menarik, kuat, keawetan yang tinggi, hingga pengerjaan yang mudah (Hidayati et al. 2016). Namun ketersediaan kayu jati di pasaran setiap tahun semakin menurun. Hal ini disebabkan karena masa pertumbuhan kayu jati yang lama sebelum dapat dimanfaatkan. Pengembangan Hutan Tanam Industri (HTI) dan Hutan Rakyat (HR) juga belum mampu memenuhi kebutuhan kayu untuk konstruksi karena diameter kayu yang kecil dan berkualitas rendah. Oleh karena itu diperlukan bahan alternatif untuk mensubstitusi kayu konvensional yang ada. Bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti kayu adalah limbah batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). Menurut data (BPS 2019), jumlah luas area kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2018 tercatat mencapai lebih dari 12 juta hektar. Besarnya luas area kelapa sawit tersebut menyebabkan potensi limbah batang kelapa sawit yang besar. Limbah kelapa sawit belum optimal pemanfaatannya karena memiliki kestabilan dimensi yang buruk, rentan terhadap serangan organisme, dan memiliki sifat fisis yang rendah.

Dalam usaha mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan teknologi rekayasa kayu untuk meningkatkan kualitas dari kayu yang berkualitas rendah. Salah satu teknologi rekayasa kayu tersebut adalah *cross laminated timber* (CLT). CLT adalah panel kayu yang terbuat dari minimal tiga lapisan kayu gergajian yang ditumpuk secara bersilangan dan direkatkan untuk membentuk ketebalan 50–500 mm sehingga dapat digunakan untuk lantai, dinding bangunan, dan atap (Ramage et al. 2017). Kelebihan dari hasil rekayasa kayu CLT adalah mempunyai dimensi yang stabil karena minimalnya kembang susut sehingga mampu menahan beban tanpa mengubah bentuk (Brandner et al. 2016). Pada penelitian ini, limbah batang kelapa sawit dibuat menjadi CLT yang dikombinasikan dengan jati platinum hasil penjarangan. Jati platinum adalah jati hasil rekayasa genetika yang dikembangkan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Selain itu, jati platinum mampu tumbuh hingga 5-6 meter sebelum mulai bertunas ke samping sehingga kualitas kayu jati menjadi baik. Jati platinum memiliki prospek yang baik sebagai bahan bangunan karena memiliki sifat mekanis yang hampir mirip jati konvensional (Adi et al. 2016). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dari CLT dari limbah batang kelapa sawit dikombinasikan dengan jati platinum hasil penjarangan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan di Pusat Penelitian Biomaterial LIPI Cibinong, Kabupaten Bogor. Bahan yang digunakan adalah batang jati platinum hasil penjarangan di kawasan Cibinong *Science Center* (CSC) LIPI berumur 5 tahun, sedangkan limbah batang kelapa sawit didapatkan dari kampus IPB Darmaga, Bogor. Limbah batang kelapa sawit yang digunakan adalah bagian dalam mendekati inti. Perekat yang digunakan adalah *Waterbased Polymer Isocyanate* (WBPI) merk Koyo Bond yang didapatkan dari PT. Koyolem Indonesia, Gunung Putri, Jawa Barat. Alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu gergaji kayu, kaliper, klem, mesin *Universal Testing Machine* (UTM) Shimadzu buatan Jepang, serta oven.

Rancangan Penelitian

Analisa data pada penelitian ini menggunakan 2 faktor perlakuan. CLT yang dibuat memiliki 2 tipe yaitu CLT dari jati platinum dan CLT dari kombinasi jati platinum dengan limbah batang kelapa sawit. Perlakuan yang dilakukan adalah variasi ketebalan CLT (3,0 cm, 4,5 cm, dan 6,0 cm) dengan berat labur 300 g/m². Pelaburan perekat dilakukan pada dua sisi (*double spread*).

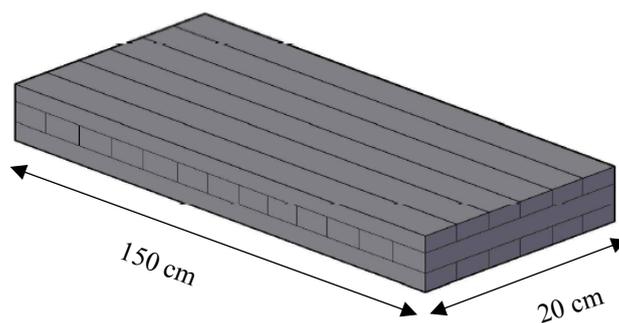
Pembuatan CLT

Kayu jati platinum dan limbah batang kelapa sawit disortir secara manual dari kecacatan kayu yang ada seperti terdapatnya mata kayu, pecah atau retak, dan rusak karena terkena jamur dan rayap. Kadar air kayu jati platinum dan limbah batang kelapa sawit masing-masing adalah sebesar 10,63% dan 11,57% dengan kerapatan kayu sawit sebesar 0,38 g/cm³ dan kayu jati platinum sebesar 0,57 g/cm³. Ukuran CLT yang dibuat adalah 150 cm (panjang) x 20 cm (lebar) (Gambar 1). CLT yang terdiri dari 3 lapis ini dibuat dalam dua tipe CLT, yaitu tipe A dimana lapisan pertama dan lapisan ketiga terbuat dari kayu jati platinum dan lapisan keduanya terbuat dari limbah batang kelapa sawit, dan tipe B dimana keseluruhan lapisan terbuat dari jati platinum. Masing-masing tipe CLT diberikan variasi ketebalan CLT (3,0 cm, 4,5 cm, dan 6,0 cm). Selanjutnya CLT di klem selama 24 jam supaya perekat merekat secara baik.

Metode Pengujian CLT

CLT yang telah direkatkan dengan klem selama 24 jam selanjutnya dipotong untuk dilakukan uji sifat fisis dan mekanisnya. Pengujian sifat fisis CLT meliputi kadar air dan kerapatan. Pengujian sifat mekanis CLT meliputi uji keteguhan geser dan uji kelenturan (MOR dan MOE). Pengujian sifat mekanis menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) Shimadzu buatan Jepang. Pemotongan sampel dengan ukuran sebagai berikut:

1. Sampel uji kadar air: 5 cm x 5 cm (panjang x lebar),
2. Sampel uji kerapatan: 5 cm x 5 cm (panjang x lebar),
3. Sampel uji keteguhan geser: 5 cm x 5 cm (panjang x lebar),
4. Sampel uji MOR dan MOE (ketebalan 3 cm): 80 cm x 5 cm (panjang x lebar),
5. Sampel uji MOR dan MOE (ketebalan 4,5 cm): 120 cm x 5 cm (panjang x lebar),
6. Sampel uji MOR dan MOE (ketebalan 6 cm): 150 cm x 5 cm (panjang x lebar).



Gambar 1. Ukuran CLT yang disusun tiga lapis.

Bentuk dan ukuran sampel, serta prosedur pengujian yang dilakukan mengacu kepada *Japan Agricultural Standard (JAS) for Glued Laminated Timber* Nomor 1152 tahun 2007 (Japan Plywood Inspection Corporation 2007).

Analisis Statistik

Analisis data dilakukan menggunakan SPSS versi 16.0 (IBM Corporation, California USA). Analisis sidik ragam pada selang kepercayaan 95% dilakukan untuk mengetahui pengaruh komposisi lamina dan tebal CLT terhadap beberapa karakteristik kayu yang diuji. Uji lanjut Duncan mengklasifikasikan perlakuan ke dalam kategori *a* hingga *c*. Perlakuan yang tidak terhubung dengan huruf yang sama menunjukkan berbeda secara statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisis

Karakteristik fisis CLT jati platinum umur 5 tahun hasil penjarangan dan limbah batang kelapa sawit yang diamati dalam penelitian ini adalah kadar air dan kerapatan. Kadar air CLT yang tersusun dari kayu jati platinum dan batang kelapa sawit berkisar antara 12,58% sampai dengan 13,33% seperti terlihat pada Gambar 2. *Japan Agricultural Standard for Glued Laminated Timber* Nomor 1152 tahun 2007 mensyaratkan kadar air papan laminasi maksimal sebesar 15%, sehingga semua CLT dalam penelitian ini memenuhi standar JAS 1152. Untuk mengetahui nilai signifikansi pengaruh perlakuan komposisi lamina dan ketebalan CLT maupun interaksi keduanya terhadap sifat fisis dan mekanis CLT, dilakukan analisa sidik ragam yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa sidik ragam sifat fisis dan mekanis CLT.

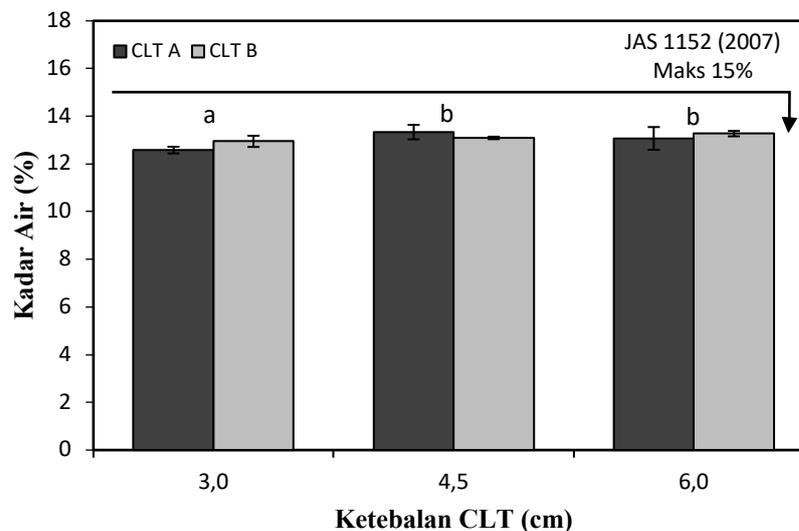
Parameter	<i>P-value</i>		
	Komposisi Lamina	Ketebalan CLT	Interaksi
Kadar air	0,398 ^{ts}	0,021 [*]	0,155 ^{ts}
Kerapatan	0,000 [*]	0,054 ^{ts}	0,115 ^{ts}
MOE	0,023 [*]	0,000 [*]	0,234 ^{ts}
MOR	0,002 [*]	0,175 ^{ts}	0,617 ^{ts}
Keteguhan Geser	0,000 [*]	0,225 ^{ts}	0,142 ^{ts}

Keterangan: ^{*} signifikan; ^{ts}: tidak signifikan.

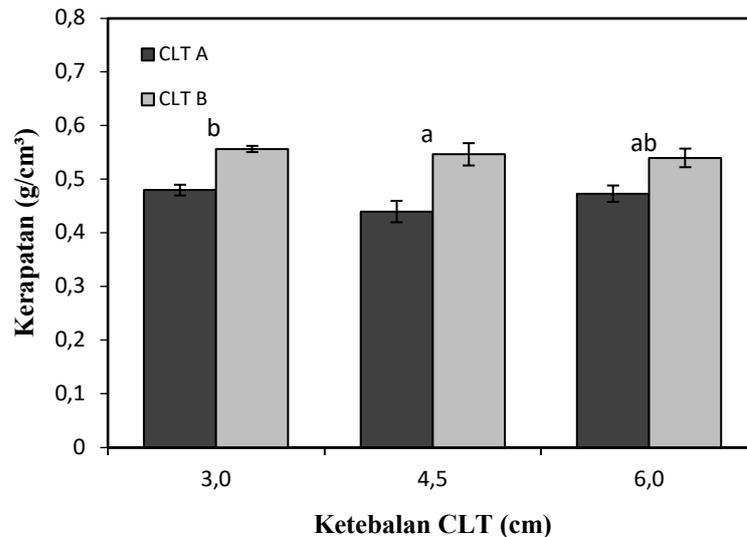
Perbedaan ketebalan CLT memberikan perbedaan yang nyata ditunjukkan nilai *P-value* yang lebih rendah dari 0,05 dan perbedaan notasi setelah uji lanjut, sementara komposisi lamina

antara jati platinum dan batang kelapa sawit tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kadar air CLT. Berdasarkan analisis sidik ragam, hanya perlakuan ketebalan CLT yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar air CLT di mana ketebalan CLT 3,0 cm memberikan kadar air terendah. Sementara itu, perlakuan komposisi lamina dan interaksi antara perlakuan komposisi lamina dan ketebalan CLT tidak memberikan pengaruh yang nyata secara statistik.

Kerapatan CLT berkisar antara 0,44 – 0,56 g/cm³ (Gambar 3). Kerapatan CLT tipe B yang tersusun dari kayu jati platinum menunjukkan nilai yang lebih besar dengan rata-rata 0,55 g/cm³, lebih besar sekitar 18% dibandingkan kerapatan CLT tipe A yang tersusun dari lamina jati platinum sebagai lapisan muka dan batang sawit sebagai lapisan inti yaitu sebesar 0,46 g/cm³. Berdasarkan hasil penelitian (Adi et al. 2016) kerapatan kayu jati platinum umur 5 tahun berkisar antara 0,44 – 0,61 g/cm³. Berdasarkan Tabel 1, ketebalan CLT 3,0 cm, 4,5 cm, dan 6,0 cm tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap kerapatan CLT dan perlakuan perbedaan komposisi lamina memberikan perbedaan yang signifikan secara statistik. Sementara itu, interaksi antara perlakuan komposisi lamina dan ketebalan CLT tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap kerapatan CLT. Ketebalan lamina 4,5 cm pada CLT jati-sawit-jati menghasilkan kerapatan yang paling rendah dibandingkan ketebalan CLT 3,0 dan 6,0 cm. Darwis et al. (2014) menyatakan bahwa semakin tipis lamina akan menghasilkan kerapatan yang semakin tinggi. Hal ini dikarenakan papan yang digunakan memiliki ketebalan akhir CLT yang sama, sehingga pada lamina yang semakin tipis maka semakin banyak lapisan perekat yang dapat meningkatkan kerapatan. Sedangkan dalam penelitian ini jumlah lamina pada setiap CLT adalah 3 lapis, sehingga kerapatan CLT pun hampir sama dengan kerapatan lamina penyusunnya.



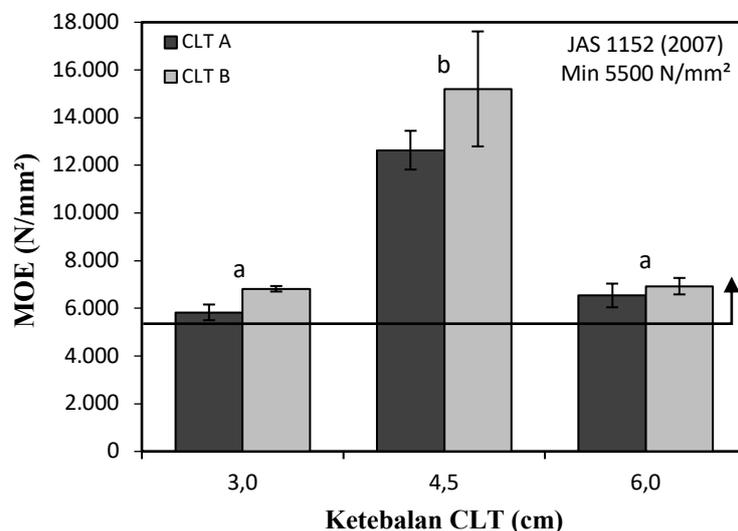
Gambar 2. Kadar air CLT A (jati-sawit-jati) dan CLT B (jati) pada berbagai ketebalan CLT (Perbedaan notasi menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik setelah uji lanjut, semakin tinggi notasi menunjukkan rata-rata yang lebih tinggi).



Gambar 3. Kerapatan CLT A (jati-sawit-jati) dan CLT B (jati) pada berbagai ketebalan CLT (Perbedaan notasi menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik setelah uji lanjut, semakin tinggi notasi menunjukkan rata-rata yang lebih tinggi).

Sifat Mekanis

Sifat mekanis CLT yang disusun oleh lamina jati platinum hasil penjarangan dan limbah batang kelapa sawit meliputi modulus lentur atau *modulus of elasticity* (MOE), modulus patah atau *modulus of rupture* (MOR), dan keteguhan geser atau *shear strength*. Nilai MOE CLT memiliki kisaran 5.832 – 12.635 N/mm² untuk CLT A jati-sawit-jati dan 6.822 – 15.205 N/mm² untuk CLT B jati platinum (Gambar 4).

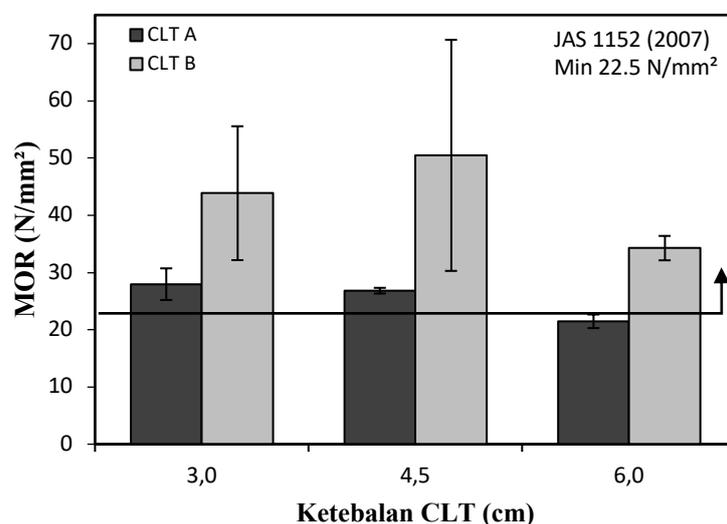


Gambar 4. MOE CLT A (jati-sawit-jati) dan CLT B (jati) pada berbagai ketebalan CLT (Perbedaan notasi menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik setelah uji lanjut, semakin tinggi notasi menunjukkan rata-rata yang lebih tinggi).

Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat pola yang kurang lebih sama pada CLT jati-sawit-jati dan CLT jati, yaitu terjadi peningkatan nilai MOE pada ketebalan CLT 4,5 cm secara signifikan yaitu sebesar dua kali lipat dibandingkan nilai MOE pada ketebalan lamina 3,0 dan 6,0 cm. Berdasarkan analisis statistik pada Tabel 1 terdapat pengaruh yang signifikan antara perlakuan komposisi lamina dan ketebalan CLT, hal ini ditunjukkan dengan perbedaan notasi

uji lanjut pada ketebalan 4,5 cm (B), sedangkan notasi untuk perlakuan ketebalan CLT 3,0 dan 6,0 cm adalah A. Namun tidak terdapat pengaruh signifikan terhadap interaksi antara perlakuan komposisi lamina dan ketebalan CLT. Meskipun demikian, nilai MOE semua perlakuan pada penelitian ini telah memenuhi standar JAS 1152 (2007) untuk papan lamina 3 lapis kelas kuat E55-F225 yaitu minimal 5,500 N/mm². Nilai MOE papan lamina yang tersusun hanya oleh batang kelapa sawit dengan perekat isosianat yang dilakukan oleh Darwis (et al. 2014a) lebih kecil, yaitu berkisar antara 1.314 – 2.981 N/mm². CLT bambu betung dengan perekat isosianat yang dilakukan oleh Agustina et al. (2015) juga diperoleh nilai MOE yang lebih rendah, yaitu antara 820 – 5.272 N/mm² dan terdapat kecenderungan semakin tebal lamina menghasilkan nilai MOE yang lebih tinggi. Sementara itu, Hadjib et al. (2015) melaporkan nilai MOE papan laminasi jati 6 lapis adalah 8.607 N/mm². Dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah disebutkan sebelumnya mengenai MOE papan laminasi baik yang disusun oleh lamina yang sama, maupun dengan perekat yang sama, CLT jati-sawit-jati dan CLT jati platinum memiliki nilai MOE yang lebih unggul terutama pada ketebalan lamina 4,5 cm. Tingginya nilai MOE pada CLT dapat dikarenakan penggunaan perekat isosianat yang memiliki keterbasahan yang baik pada kayu kelapa sawit (Darwis et al. 2014b). Hal ini juga didukung oleh pernyataan (Hermanto dan Massijaya 2018) papan komposit yang direkatkan dengan isosianat memiliki sifat fisis dan mekanis yang lebih baik daripada papan komposit yang direkatkan dengan perekat urea formaldehida.

Gambar 5 menunjukkan nilai MOR CLT tipe A yang tersusun dari lamina jati-sawit-jati berkisar antara 21,47 – 27,96 N/mm², sedangkan MOR CLT tipe B yang tersusun dari lamina jati platinum memiliki nilai yang lebih tinggi berkisar antara 34,26 – 50,47 N/mm². Penggunaan jati platinum pada keseluruhan lamina CLT memberikan peningkatan MOR yang signifikan secara statistik dibandingkan dengan CLT dengan lamina *core* limbah batang kelapa sawit sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Sementara perlakuan perbedaan ketebalan CLT tidak memberikan perbedaan yang nyata pada nilai MOR.

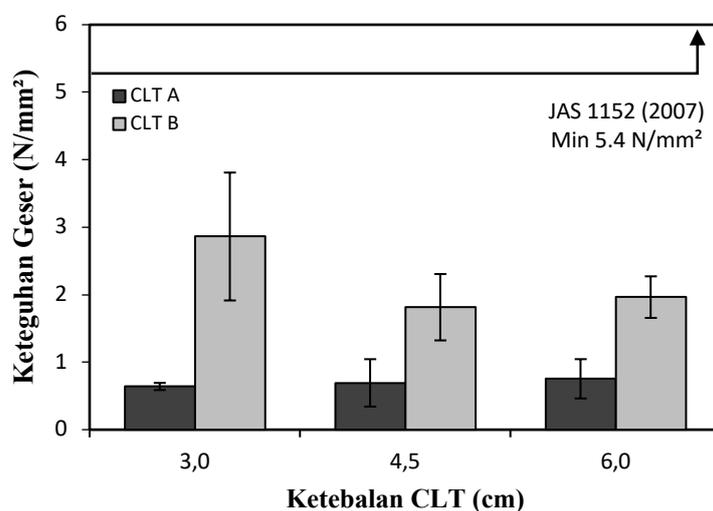


Gambar 5. MOR CLT A (jati-sawit-jati) dan CLT B (jati) pada berbagai ketebalan CLT (Perbedaan notasi menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik setelah uji lanjut, semakin tinggi notasi menunjukkan rata-rata yang lebih tinggi).

Nilai MOR semua perlakuan CLT telah memenuhi standar JAS 1152 (2007) untuk papan lamina 3 lapis kelas kuat E55-F225 yaitu minimal 22,5 N/mm² kecuali untuk CLT jati-sawit-jati dengan ketebalan lamina 6,0 cm. Srivaro et al. (2019) melaporkan MOR CLT batang kelapa sawit berperekat melamin urea formaldehida (MUF) dengan kerapatan rendah (0,38 – 0,44

g/cm^3) berkisar antara 19,7 – 24,3 N/mm^2 dan MOR CLT batang kelapa sawit kerapatan tinggi (0,59 – 0,66 g/cm^3) berkisar antara 34,7 – 51,6 N/mm^2 . Nilai MOR CLT jati-sawit-jati yang dihasilkan pada penelitian ini sedikit lebih besar dibandingkan CLT sawit dengan kisaran kerapatan yang sama. Hasil yang lebih rendah juga dilaporkan oleh Agustina et al. (2015) dan Darwis et al. (2014a), yaitu sebesar 10,3 – 22,0 N/mm^2 untuk CLT bambu betung dengan perekat isosianat, dan sebesar 12,8 – 20,8 N/mm^2 untuk papan laminasi sawit dengan perekat isosianat. Sementara Hadjib et al. (2015) melaporkan nilai MOR papan laminasi jati dengan perekat isosianat yang lebih tinggi, yaitu 134,5 N/mm^2 . Distribusi tegangan saat pengujian lentur balok laminasi di lamina bagian atas adalah tegangan tekan, lamina pada bagian bawah adalah tegangan tarik, dan lamina tengah adalah tegangan normal. Kerusakan balok laminasi ini sering diawali dengan terjadinya *slip* atau lepasnya sambungan pada garis rekat diikuti dengan kerusakan bagian bawah oleh gaya tarik (Sulistiyawati et al. 2008).

Keteguhan geser CLT yang tersaji pada Gambar 6 menunjukkan bahwa CLT tipe A jati-sawit-jati memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan CLT tipe B, yaitu berkisar antara 0,64 – 0,75 N/mm^2 dengan tidak ada perbedaan yang signifikan antara perlakuan ketebalan lamina CLT. Sementara itu CLT tipe B jati platinum memiliki nilai keteguhan geser yang lebih tinggi dan berbeda signifikan secara statistik (Tabel 1) terhadap keteguhan geser CLT tipe A jati-sawit-jati, yaitu berkisar antara 1,81 – 2,86 N/mm^2 . Ketebalan lamina 3,0 cm memiliki nilai tertinggi diikuti oleh ketebalan lamina 6,0 dan 4,5 cm. Semua nilai CLT masih di bawah nilai yang dipersyaratkan oleh JAS 1152 (2007) yaitu minimal 5,4 N/mm^2 . Darwis et al. (2014b) melaporkan papan laminasi sejajar atau glulam batang kelapa sawit dengan perekat isosianat menghasilkan keteguhan rekat yang sedikit lebih besar dari CLT jati-sawit-jati, yaitu 1,25 – 1,42 N/mm^2 , namun nilainya masih lebih rendah dibandingkan CLT jati platinum hasil penjarangan. Hal serupa juga dilaporkan oleh Agustina et al. (2015) bahwa CLT bambu betung dengan sudut *core* 90° berperekat isosianat memiliki keteguhan rekat yang rendah berkisar antara 0,61 – 0,10 N/mm^2 . Dari data yang diperoleh pada penelitian ini kayu jati platinum berikatan dengan perekat isosianat lebih baik dibandingkan dengan batang kelapa sawit.

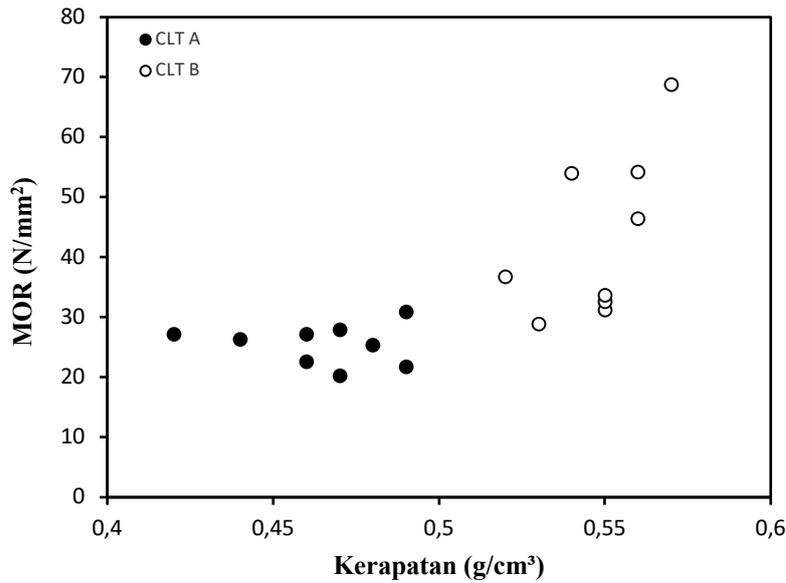


Gambar 6. Keteguhan geser CLT A (jati-sawit-jati) dan CLT B (jati) pada berbagai ketebalan CLT (Perbedaan notasi menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik setelah uji lanjut, semakin tinggi notasi menunjukkan rata-rata yang lebih tinggi).

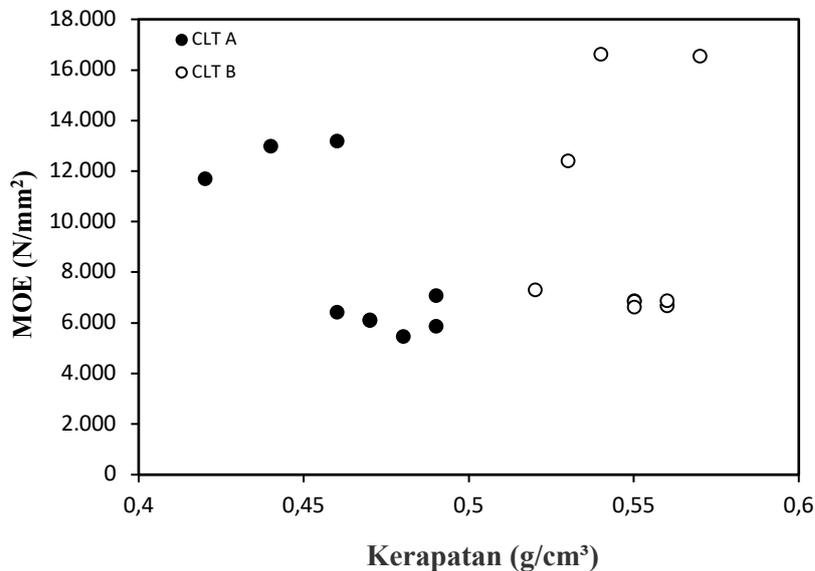
Persebaran Data Kerapatan dan Sifat Mekanis

Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9 menunjukkan persebaran data kerapatan CLT dengan MOR, MOE, dan keteguhan geser CLT. Secara umum, keseluruhan grafik menunjukkan bahwa CLT tipe A yang dibuat dengan mengkombinasikan antara jati platinum

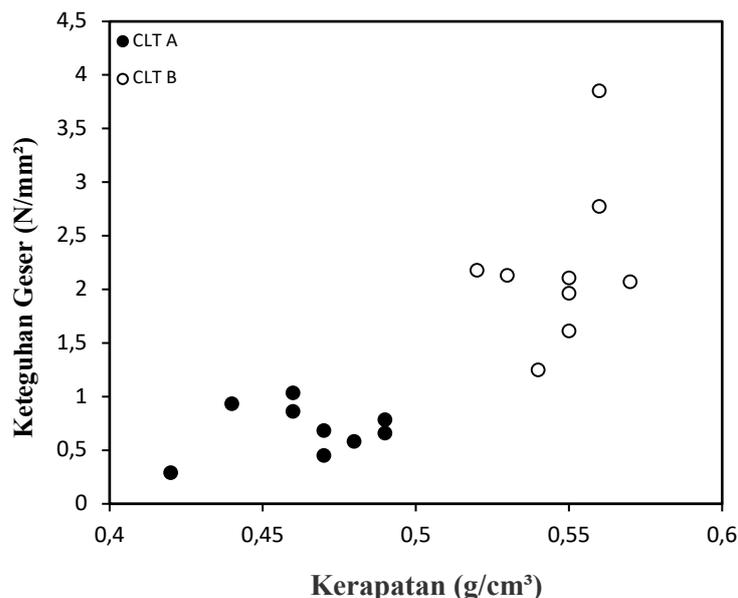
dengan limbah batang kelapa sawit terletak di bagian kiri grafik yang menunjukkan bahwa CLT A memiliki kerapatan lebih rendah dibandingkan dengan CLT tipe B yang dibuat dari lamina jati platinum yang terletak di bagian kanan grafik. Rendahnya kerapatan CLT cenderung menghasilkan sifat mekanis yang lebih rendah terutama pada nilai MOR dan keteguhan geser. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh dari limbah batang kelapa sawit terhadap sifat mekanis CLT tipe A. Pengaruh penurunan ini diduga dikarenakan limbah batang kelapa sawit yang digunakan adalah bagian yang mendekati inti. Bagian batang kelapa sawit yang mendekati inti memiliki kerapatan yang rendah sehingga mempengaruhi sifat mekanisnya.



Gambar 7. Grafik persebaran data antara kerapatan dengan MOR CLT.



Gambar 8. Grafik persebaran data antara kerapatan dengan MOE CLT.



Gambar 9. Grafik persebaran data antara kerapatan dengan keteguhan geser CLT.

SIMPULAN

Kayu jati platinum dan batang kelapa sawit memiliki potensi yang baik untuk dijadikan CLT ditunjukkan dengan nilai kadar air, MOE, dan MOR yang telah memenuhi standar JAS 1152 (2007). CLT dengan komposisi jati platinum memiliki sifat fisis dan sifat mekanis yang lebih baik dari CLT dengan komposisi limbah batang kelapa sawit sebagai lapisan *core* dan jati platinum sebagai lapisan *face* dan *back* dan berpengaruh nyata secara statistik hampir di seluruh parameter, yaitu kerapatan, MOR, MOE, dan keteguhan geser. Sementara itu perlakuan ketebalan lamina penyusun CLT hanya berpengaruh nyata pada nilai kadar air dan MOE. Papan CLT yang tersusun oleh lamina jati platinum dengan ketebalan CLT 4,5 cm menghasilkan nilai MOE dan MOR tertinggi, sedangkan ketebalan CLT 3,0 cm menghasilkan nilai keteguhan geser tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, D. S., Sudarmanto, Ismadi, Gopar, M., Darmawan, T., Amin, Y., Dwianto, W., and Witjaksono. 2016. Evaluation of the Wood Quality of Platinum Teak Wood. *Teknologi Indonesia* 39(1): 36–44.
- Agustina, A., Nugroho, N., Bahtiar, E. T., and Hermawan, D. 2015. Karakteristik Cross Laminated Bamboo sebagai Bahan Komposit Struktural. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 25(2): 174–181.
- BPS. 2019. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2018*. Badan Pusat Statistik (BPS), Jakarta, Indonesia.
- Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A., Schickhofer, G., and Thiel, A. 2016. Cross Laminated Timber (CLT): Overview and Development. *European Journal of Wood and Wood Products* Springer Berlin Heidelberg 74: 331–351. DOI: 10.1007/s00107-015-0999-5

- Darwis, A., Massijaya, M. Y., Nugroho, N., and Alamsyah, E. M. 2014a. Karakteristik Papan Laminasi dari Batang Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 12(2): 157–168.
- Darwis, A., Massijaya, M. Y., Nugroho, N., and Alamsyah, E. M. 2014b. Bond Ability of Oil Palm Xylem with Isocyanate Adhesive. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 12(1): 39–47.
- Hadjib, N., Abdurachman, and Basri, E. 2015. Karakteristik Fisis dan Mekanis Glulam Jati, Mangium, dan Trembesi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 33(2): 105–114.
- Hermanto, I., and Massijaya, M. Y. 2018. Performance of Composite Boards from Long Strand Oil Palm Trunk Bonded by Isocyanate and Urea Formaldehyde Adhesives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 141(1). DOI: 10.1088/1755-1315/141/1/012012
- Hidayati, F., Fajrin, I. T., Ridho, M. R., Nugroho, W. D. N., Marsoem, S. N., and Na'iem, M. 2016. Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Jati Unggul “Mega” dan Kayu Jati Konvensional yang ditanam di Hutan Pendidikan Wanagama, Gunungkidul, Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 10(2): 98–107.
- Japan Plywood Inspection Corporation. 2007. Japanese Agricultural Standard for Glued Laminated Timber Notification No. 1152. Tokyo.
- Lestari, R. Y. 2017. CLT (Cross Laminated Timber): Produksi, Karakteristik dan Perkembangannya. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 9(1): 41–55.
- Lippke, B. R., Bowyer, J., and Meil, J. 2004. CORRIM: Life-Cycle Environmental Performance of Renewable Building Materials. *Forest Products Journal* 54(6): 8–19.
- Muthmainah. 2014. Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Cross Laminated Timber dari Tiga Jenis Kayu Rakyat.
- Ramage, M. H., Burr ridge, H., Busse-wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D. U., Wu, G., Yu, L., Fleming, P., Densley-tingley, D., Allwood, J., Dupree, P., Linden, P. F., and Scherman, O. 2017. The Wood from the Trees : The Use of Timber in Construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68(October 2015): 333–359. DOI: 10.1016/j.rser.2016.09.107
- Srivaro, S., Matan, N., and Lam, F. 2019. Performance of Cross Laminated Timber made of Oil Palm Trunk Waste for Building Construction: A Pilot Study. *European Journal of Wood and Wood Products* Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/s00107-019-01403-0
- Sulistiyawati, I., Nugroho, N., Surjokusumo, S., and Hadi, Y. S. 2008. Kekuatan Lentur Glued Laminated (Glulam) Kayu Vertikal dan Horizontal dengan Metode ”Transformed Cross Section”. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 6(2): 49–55.