

Karakteristik Papan Laminasi dari Batang Kelapa Sawit (*The Characteristics of the Laminated Board of Oil Palm Trunk*)

Atmawi Darwis^{1*}, Muhammad Y Massijaya², Naresworo Nugroho², Eka M Alamsyah¹

¹Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa 10
Bandung 40132

²Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB
Dramaga, Bogor 16680

*Penulis korespondensi: atmawi@sith.itb.ac.id

Abstract

The purpose of this study was to determine the physical and mechanical properties of glue laminated (glulam) of oil palm trunks lumber (OPTL) composed of different number of layers and trunk heights (2 m, 4 m, and 6 m). The number of layers was varied at 2, 3 and 4 layers with the thickness of lamina of 3 cm, 2 cm, and 1.5 cm, respectively. The results showed that the glulam of OPTL retained higher density and mechanical properties compared to those of its solid form. The properties of OPTL glulam decreased from the bottom to the top division of the trunk. The physical and mechanical properties of glulam increased with increasing layers. Modulus of Elasticity (MOE) of OPTL 4 layered glulam increased by more than 50% compared to that of its solid OPT. Isocyanate based adhesive used to produce the glulam resulted in a satisfied bonding indicated by 100% and 0% wood damage in shear and delamination test, respectively. The mechanical properties of OPTL glulam (MOE, MOR, and shear strength) failed to satisfy the requirement of Japan Agricultural Standard for Glued Laminated: No 1152 (2007).

Keywords: glulam, laminae, oil palm trunk, physical-mechanical properties

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik kayu laminasi dari batang kelapa sawit berdasarkan jumlah lapisan dimana lamina yang digunakan dari berbagai ketinggian pada batang (2m, 4m, dan 6m). Kayu laminasi batang kelapa sawit tersusun atas 2, 3, dan 4 lapisan dengan ketebalan lamina berturut-turut 3 cm, 2 cm, dan 1,5 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan dan sifat mekanis kayu laminasi batang kelapa sawit lebih besar dibandingkan dengan kayu utuhnya. Karakteristik kayu laminasi batang kelapa sawit menurun dari pangkal ke bagian ujung. Berdasarkan jumlah lapisannya, karakteristiknya meningkat dengan semakin banyaknya jumlah lapisan lamina. Nilai MOE kayu laminasi dari batang kelapa sawit 4 lapis meningkat lebih besar 50% dibandingkan kayu utuhnya. Performa perekat isosianat mampu menghasilkan kekuatan rekat yang baik dimana nilai kerusakan dan rasio delaminasinya berturut-turut sebesar 100% dan 0%. Sifat mekanis kayu laminasi dari batang kelapa sawit belum seluruhnya memenuhi standar *Japan Agricultural Standard for Glued Laminated: 1152 (2007)*.

Kata kunci: batang kelapa sawit, kayu laminasi, lamina, sifat fisis mekanis

Pendahuluan

Di Indonesia terdapat banyak perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.), baik milik pemerintah, swasta maupun masyarakat. Pada saat ini,

kelapa sawit merupakan tanaman primadona subsektor perkebunan. Hal ini terlihat dengan semakin bertambahnya luasan perkebunan kelapa sawit dari tahun ke tahun. Tahun 2013 luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia

telah mencapai 10,6 juta hektar (BPS 2014). Peningkatan luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia secara signifikan dimulai pada awal tahun 1980-an.

Pohon kelapa sawit yang sudah tidak produktif lagi akan ditebang dan batangnya selama ini hanya dibiarkan saja di lahan perkebunan dan dapat menjadi sarang hama kelapa sawit. Dalam satu hektar perkebunan sawit terdapat 120 sampai 130 pohon. Setiap pohon sawit memiliki volume batang 1,5 m³, sehingga volume kayu yang dihasilkan antara 180 sampai 195 m³ per ha (Bakar *et al.* 2008).

Penelitian sifat dasar kayu kelapa sawit menunjukkan bahwa sifat fisis dan mekanis serta sifat keawetan kayu kelapa sawit tergolong rendah (Bakar *et al.* 1998). Berat jenis dan sifat mekanisnya cenderung menurun dari tepi kearah pusat batang (Bakar *et al.* 1998, Rahayu 2001, Erwinsyah 2008, Darwis 2013).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa bagian batang kelapa sawit yang layak digunakan sebagai bahan baku konstruksi ringan adalah 1/3 bagian terluar dari batang kelapa sawit seperti yang rekomendasikan oleh Bakar *et al.* (1999). Rendemen kayu gergajian dengan pola penggergajian yang dimodifikasi yang dinamakan *polygon sawing* hanya sebesar 30% (Bakar *et al.* 2006). Berdasarkan penelitian tersebut, maka kayu sawit yang dapat diproduksi berkisar antara 54 sampai 58 m³ per ha. Keterbatasan dimensi sortimen yang dapat dihasilkan dari limbah batang kelapa sawit, merupakan salah satu faktor yang menghambat penggunaannya sebagai bahan bangunan. Pembuatan kayu laminasi merupakan salah satu langkah cerdas yang dapat memecahkan

masalah tersebut. Kayu laminasi merupakan cara yang efektif dalam memanfaatkan kayu berkekuatan tinggi dengan dimensi terbatas menjadi elemen struktural yang besar dalam berbagai bentuk dan ukuran (CWC 2000).

Kayu laminasi merupakan produk yang dihasilkan dengan cara menyusun sejumlah papan atau lamina di atas satu dengan lainnya dan merekatnya sehingga membentuk penampang yang diinginkan (Serrano 2003). Keuntungan penggunaan kayu laminasi adalah meningkatkan sifat-sifat kekuatan dan kekakuan, memberikan pilihan bentuk geometri yang lebih beragam, memungkinkan untuk penyesuaian kualitas laminasi dengan tingkat tegangan yang diinginkan dan meningkatkan akurasi dimensi dan stabilitas bentuk. Keuntungan utama dari pembuatan kayu laminasi adalah dapat menghasilkan kayu besar dari kayu berdimensi kecil dengan kualitas rendah (Berglund & Rowell 2005).

Perekat merupakan salah satu komponen penting yang juga menentukan karakteristik kayu laminasi yang dihasilkan. Perekat isosianat merupakan salah satu perekat yang baik dan cocok digunakan sebagai bahan perekat dalam kayu laminasi, khususnya dari bahan batang kelapa sawit. Pada penelitian kedua, perekat ini mampu merekatkan bahan tersebut dengan baik. Penelitian ini merekomendasikan untuk menggunakan perekat ini dengan berat labur 300 g cm⁻² dengan lama pengempaan selama 1 jam (Darwis *et al.* 2014).

Karakteristik kayu laminasi juga dipengaruhi oleh sifat lamina-lamina penyusunnya (Bodig & Jayne 1982). Kadar air dan kerapatan merupakan indikator kualitas kayu yang paling mendasar dimana akan mempengaruhi sifat-sifat kayu (Kretschmann & Green

1996). Pada umumnya, kerapatan kayu memiliki keterkaitan yang erat dengan sifat mekanis kayu (Sonderregger *et al.* 2008). Sebagai bahan konstruksi, sifat mekanis yang sangat penting adalah MOR dan MOE. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik kayu laminasi dari batang kelapa sawit bagian luar berdasarkan ketebalan lamina yang diambil dari tepi batang.

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu dari batang kelapa sawit berumur 20 tahun yang diambil dari perkebunan kelapa sawit PT. Perkebunan Nusantara VII Propinsi Lampung. Bahan perekat yang digunakan adalah isosianat yang diproduksi oleh PT Koyobond Indonesia.

Pembuatan lamina

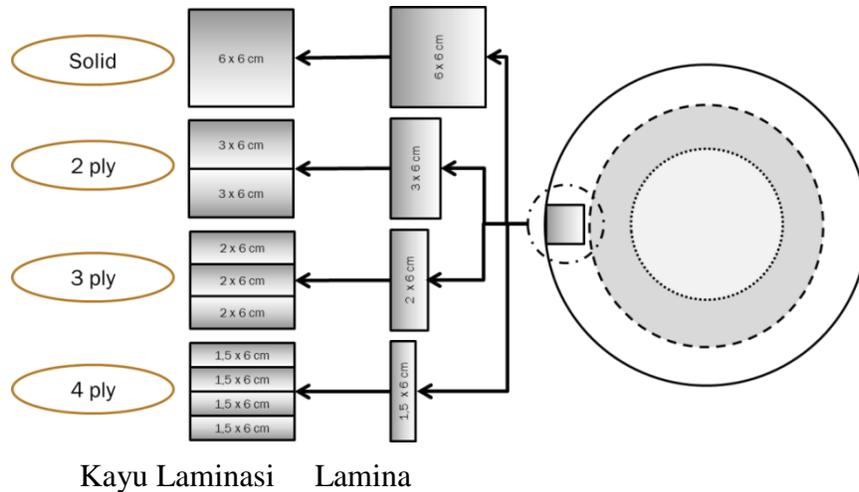
Batang kelapa sawit ditebang menjadi kayu gelondongan (*log*) dengan *chain saw* menjadi 3 bagian berdasarkan ketinggian (2 m, 4 m, 6 m) dan dibelah menjadi papan/sortimen pada 1/3 bagian batang terluar. Papan-papan yang dihasilkan kemudian dikeringkan dalam *kiln drying* sampai mencapai kadar air kering udara (12-14%). Sortimen-sortimen tersebut kemudian dipotong dan dibelah dengan *circular saw* hingga diperoleh papan lamina dengan ukuran ketebalan masing-masing 6 cm, 3 cm, 2 cm, dan 1,5 cm dengan lebar 60 cm dan panjang 150 cm. Tebal lamina diukur mulai dari bagian terluar batang (Gambar 1). Papan lamina kayu sawit diuji MOE dengan metode non destruktif. Metode yang digunakan adalah dengan mencari

hubungan antara pembebanan dan nilai defleksinya.

Pembuatan kayu laminasi

Kayu laminasi kelapa sawit yang dibuat bervariasi jumlah lapisannya tergantung tebal lamina penyusunnya (3 cm, 2 cm, dan 1,5 cm). Lamina-lamina selanjutnya direkatkan satu sama lain dengan perekat isosianat dengan berat labur 300 g m⁻². Kayu laminasi kelapa sawit yang dibuat berukuran (6 x 6 x 150) cm³ sehingga jumlah lapisan bervariasi menjadi 2 lapis, 3 lapis dan 4 lapis. Sebagai pembandingnya dibuat kontrol berupa kayu kelapa sawit utuh dengan ukuran kayu laminasi yang dibuat (Gambar 1). Setelah direkatkan, kayu laminasi kelapa sawit tersebut ditekan dengan kempa dingin sebesar 10 kg cm⁻² dengan waktu kempa 1 jam sesuai penelitian Darwis *et al.* (2014). Kayu laminasi batang kelapa sawit kemudian dikondisikan selama 1 minggu.

Karakteristik kayu laminasi kelapa sawit yang dihasilkan ditentukan dengan melakukan pengujian sifat fisis dan sifat mekanis. Pengujian sifat fisis diantaranya: kadar air dan kerapatan sedangkan pengujian sifat mekanisnya adalah kekuatan geser, keteguhan patah (*Modulus of Rupture*) dan kekakuan lentur (*Modulus of Elasticity*). Alat yang dipergunakan dalam uji mekanis adalah *Universal Testing Machine* (UTM) Instron Type 3369. Selanjutnya contoh uji diuji dengan konfigurasi *center point loading* yang mengacu pada *Japan Agricultural Standard for Glued Laminated: Timber Notification No. 1152* (JPIC 2007).



Gambar 1 Bahan lamina yang digunakan dan konfigurasi struktur lapisan kayu laminasi batang kelapa sawit.

Analisis data

Penelitian ini menggunakan dua faktor: faktor A adalah posisi ketinggian pada batang yang terdiri dari 3 taraf, yaitu 2 m, 4 m dan 6 m. Faktor B adalah jumlah lapisan kayu laminasi yang terdiri dari 4 taraf, yaitu 1 lapis (kayu utuh), 2 lapis, 3 lapis dan 4 lapis. Pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap respon pengamatan dianalisis dengan menggunakan model rancangan percobaan faktorial acak lengkap 3 x 4 dengan 3 ulangan. Model linier rancangan percobaan tersebut adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

dimana i (1,2,3): taraf posisi ketinggian batang, j (1,2,3,4): taraf jumlah lapisan, k (1,2,3): ulangan. Apabila hasil uji F menunjukkan ada pengaruh nyata secara statistik (pada $\alpha = 5\%$) pada kedua perlakuan maupun kombinasinya, selanjutnya akan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji selang berganda Duncan (*Duncan multiple range test/DMRT*).

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik lamina kayu kelapa sawit

Sifat fisis (kerapatan) dan sifat mekanis (MOE) kayu lamina kelapa sawit memiliki nilai yang bervariasi (Tabel 1).

Kerapatan dan MOE kayu sawit bervariasi pada berbagai posisi ketinggian dan ketebalan lamina yang diambil dari bagian tepi batang. Pada setiap posisi ketinggian batang, semakin tipis ketebalan lamina, kerapatan dan MOE-nya semakin besar. Semakin tipisnya ketebalan lamina yang diambil dari bagian terluar batang kelapa sawit menyebabkan distribusi ikatan pembuluh semakin besar persatuan luasnya. Hal tersebut menyebabkan nilai kerapatan dan MOE semakin besar. Namun hal ini tidak berlaku pada posisi ketinggian yang berbeda.

Tabel 1 Karakteristik lamina batang kelapa sawit

Karakteristik	Ketebalan lamina (cm)			
	Kontrol (6,0)	A (3,0)	B (2,0)	C (1,5)
2 meter				
Kadar Air (%)	12,47 ± 0,21*	12,38 ± 0,16	12,29 ± 0,43	12,35 ± 0,19
Kerapatan (g cm ⁻³)	0,32 ± 0,001	0,34 ± 0,004	0,36 ± 0,003	0,38 ± 0,005
MOE (kg cm ⁻²)	20,0 x 10 ³ ± 103,73	25,3 x 10 ³ ± 67,57	28,3 x 10 ³ ± 69,47	30,4 x 10 ³ ± 106,05
4 meter				
Kadar Air (%)	12,35 ± 0,09	12,38 ± 0,29	12,34 ± 0,27	12,38 ± 0,20
Kerapatan (g cm ⁻³)	0,30 ± 0,007	0,30 ± 0,004	0,32 ± 0,014	0,34 ± 0,007
MOE (kg cm ⁻²)	16,6 x 10 ³ ± 130,84	21,2 x 10 ³ ± 321,62	23,9 x 10 ³ ± 140,51	25,6 x 10 ³ ± 260,56
6 meter				
Kadar Air (%)	12,39 ± 0,09	12,44 ± 0,27	12,38 ± 0,21	12,34 ± 0,21
Kerapatan (g cm ⁻³)	0,23 ± 0,006	0,27 ± 0,009	0,29 ± 0,005	0,30 ± 0,004
MOE (kg cm ⁻²)	10,6 x 10 ³ ± 45,86	13,4 x 10 ³ ± 541,72	15,1 x 10 ³ ± 98,05	16,2 x 10 ³ ± 98,68

*) nilai simpangan baku

Pada bagian pangkal nilai kerapatan maupun MOE-nya lebih besar dibandingkan pada bagian atas. Semakin tinggi posisi pengambilan bahan lamina, akan semakin menurun nilainya. Dilihat dari segi umur batang yang sama, bagian pangkal lebih tua dari bagian atasnya sehingga mempengaruhi karakteristik sel-sel penyusunnya (Lim & Khoo 1986). Sel-sel penyusun ikatan pembuluh pada bagian ujung masih berumur muda dibandingkan bagian dibawahnya dan dalam pertumbuhannya masih dipengaruhi oleh meristem pucuk. Sel-sel muda tentu memiliki sifat-sifat yang berbeda dibandingkan sel-sel dewasa. Hasil penelitian Rahayu (2001), berat jenis ikatan pembuluh kelapa sawit umur 27 tahun menurun dari pangkal ke ujung batang. Hal ini didukung dengan penelitian Shirley (2002) melalui kajian anatomi dinding sel serat dimana jumlah lapisan dinding selnya menurun dari pangkal ke ujung batang kelapa sawit.

Karakteristik kayu laminasi batang kelapa sawit

Kadar air dan kerapatan

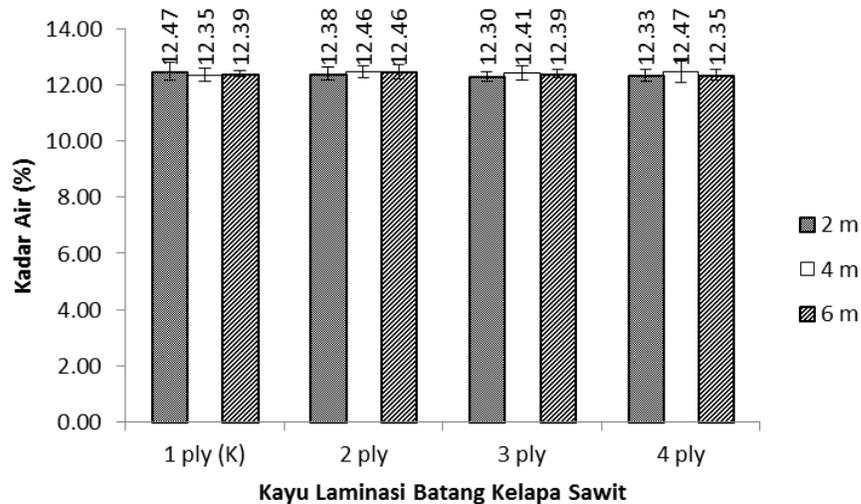
Kadar air kayu laminasi batang kelapa sawit berkisar antara 12,10% sampai 12,87%. Hal ini menunjukkan bahwa kayu laminasi batang kelapa sawit telah memenuhi standar *Japan Agricultural Standard for Glued Laminated : Timber Notification* No. 1152 (JPIC 2007) yang mensyaratkan tidak lebih dari 15%. Nilai kadar air kayu laminasi batang kelapa sawit ditunjukkan dalam Gambar 2.

Kayu laminasi batang kelapa sawit memiliki nilai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan kayu utuhnya (Gambar 3). Kayu laminasi batang kelapa sawit yang tersusun dari lamina dengan ketebalan 1,5 cm memiliki kerapatan yang paling besar dibandingkan kayu laminasi dari lamina-lamina yang ketebalannya lebih besar pada posisi ketinggian yang sama.

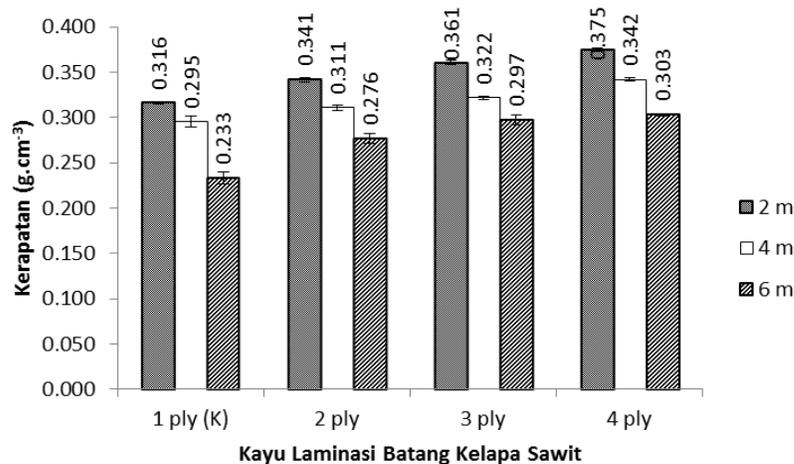
Semakin besar kerapatan lamina penyusunnya, semakin besar pula kerapatan kayu laminasinya. Kerapatan kayu laminasi batang kelapa sawit menurun dengan semakin tingginya posisi pengambilan bahannya pada batang kelapa sawit.

Kayu laminasi batang kelapa sawit memiliki nilai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan kayu utuhnya (Gambar 3). Kayu laminasi batang kelapa sawit yang tersusun dari lamina

dengan ketebalan 1,5 cm memiliki kerapatan yang paling besar dibandingkan kayu laminasi dari lamina-lamina yang ketebalannya lebih besar pada posisi ketinggian yang sama. Semakin besar kerapatan lamina penyusunnya, semakin besar pula kerapatan kayu laminasinya. Kerapatan kayu laminasi batang kelapa sawit menurun dengan semakin tingginya posisi pengambilan bahannya pada batang kelapa sawit.



Gambar 2 Kadar air kayu utuh dan kayu laminasi batang kelapa sawit.

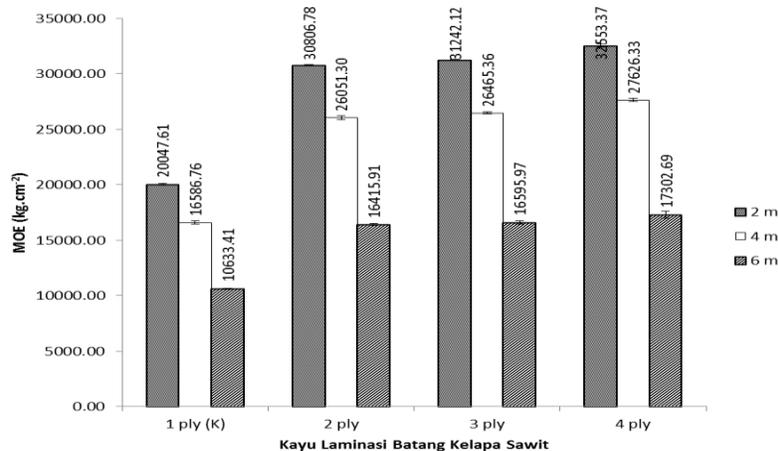


Gambar 3 Kerapatan kayu utuh dan kayu laminasi batang kelapa sawit.

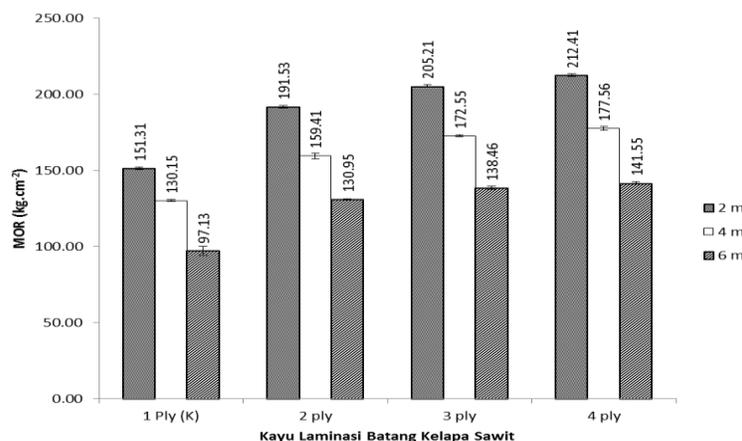
Sifat mekanis kayu laminasi batang kelapa sawit

Sifat kelenturan kayu laminasi batang kelapa sawit (MOE) ditentukan oleh kerapatan maupun MOE lamina penyusunnya sebagaimana halnya pada kayu laminasi pada umumnya maupun pada kayu utuh. Izekor *et al.* (2010) melaporkan bahwa nilai MOE dan MOR kayu jati pada kelas umur yang berbeda meningkat dengan meningkatnya kerapatan kayu. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan linieritas antara kerapatan dan MOE serta antara MOE lamina penyusun dengan MOE

kayu laminasi. Hubungan ini ditunjukkan dengan persamaan regresi linier $y_{MOE} = 177864x_{kerapatan} - 32225$ ($R^2 = 82\%$) dan $y_{MOE} = 1,0466x_{MOE\ lamina} + 1748,5$ ($R^2 = 95\%$). Kayu laminasi batang kelapa sawit memiliki MOE dan MOR lebih tinggi dari kayu utuhnya (Gambar 4 dan Gambar 5). Karakteristik LVL dari batang kelapa sawit juga juga dipengaruhi sifat-sifat finir penyusunnya. Berdasarkan penelitian Wahab *et al.* (2008), karakteristik LVL dari bagian tepi dan pangkal batang memiliki kerapatan dan sifat mekanis yang paling tinggi.



Gambar 4 Keteguhan lentur kayu utuh dan kayu laminasi batang kelapa sawit.



Gambar 5 Keteguhan patah kayu utuh dan kayu laminasi batang kelapa sawit.

Pada berbagai posisi ketinggian, kayu laminasi 4 lapis memiliki nilai MOE dan MOR terbesar. Peningkatan nilai MOE kayu laminasi sawit 4 lapis dibandingkan kayu utuhnya cukup signifikan yaitu 62,38% (2 m), 66,56% (4 m), dan 62,72% (6 m). Jumlah lapisan kayu laminasi berbanding lurus dengan jumlah perekat yang dibutuhkan, dimana semakin banyak jumlah lapisan kayu laminasi maka jumlah perekat yang dibutuhkan juga semakin banyak. Hal ini disebabkan luas permukaan bidang rekatnya juga semakin besar. Jumlah perekat yang semakin banyak akan meningkatkan sifat kekakuan kayu laminasi karena perekat ini berperan penting dalam memperkuat kayu laminasi yang dihasilkan (Persson & Wogelberg 2011).

Secara umum dapat dikatakan bahwa jumlah lamina pada suatu balok dengan dimensi yang sama, akan mempengaruhi kekakuan balok. Penambahan jumlah lamina akan menambah luas bidang rekat antar lapisan lamina tersebut sehingga dapat meningkatkan kekakuan balok (Yoresta 2014). Kayu lamina penyusun kayu laminasi yang lebih tipis cenderung meningkatkan sifat kekakuannya (Sulistiyawati *et al.* 2008). Selain itu, karakteristik kayu laminasi juga dipengaruhi oleh karakteristik lamina penyusunnya (Yang *et al.* 2007). Terdapat hubungan matematis yang eksak antara sifat mekanis lentur (MOE dan MOR) kayu laminasi dengan sifat mekanis lentur lamina penyusunnya. Hubungan matematis itu telah disajikan oleh Bahtiar *et al.* (2010, 2011). Namun demikian, berdasarkan standar *Japan Agricultural Standard for Glued Laminated: Timber Notification* No. 1152 (JPIC 2007), nilai MOE dan MOR kayu laminasi batang kelapa sawit belum memenuhi standar yang mensyaratkan

MOE dan MOR minimum $75 \times 10^3 \text{ kg cm}^{-2}$ dan 300 kg cm^{-2} .

Sistem pelapisan juga mempengaruhi nilai kekuatan kayu. Penyusunan lamina kayu sawit menempatkan bagian yang kuat di bagian terluar seperti pada Gambar 4.1. Penelitian kayu laminasi bambu yang memiliki karakteristik struktur anatomi yang sama dengan kayu kelapa sawit yang dilakukan oleh Nugroho *et al.* (2001) menunjukkan bahwa pola penyusunan lapisan lamina akan mempengaruhi sifat mekanisnya. Bahtiar *et al.* (2014) membuktikan bahwa konfigurasi luar-luar yang digunakan untuk membuat bambu laminasi dua lapis akan memiliki MOE yang lebih tinggi daripada konfigurasi dalam-dalam dan luar-dalam.

Keteguhan geser rekat kayu laminasi juga menunjukkan fenomena yang sama seperti halnya pada keteguhan lentur, kecuali pada kayu laminasi yang tersusun dua lapis. Nilai keteguhan geser rekat kayu laminasi 2 lapis lebih kecil dibandingkan kayu utuhnya, hal ini dipengaruhi keberadaan *leaf trace* pada kayu utuhnya. Nilai keteguhan geser rekat kayu laminasi batang kelapa sawit belum memenuhi standar *Japan Agricultural Standard for Glued Laminated : Timber Notification* No. 1152 (JPIC 2007) yang mensyaratkan keteguhan geser rekat minimum 54 kg cm^{-2} (Gambar 6). Rendahnya keteguhan geser rekat juga disebabkan oleh rendahnya kerapatan kayu laminasi batang kelapa sawit dan ditunjukkan dengan persamaan regresi linier $y = 123,56x - 23,184$ ($R^2 = 77\%$).

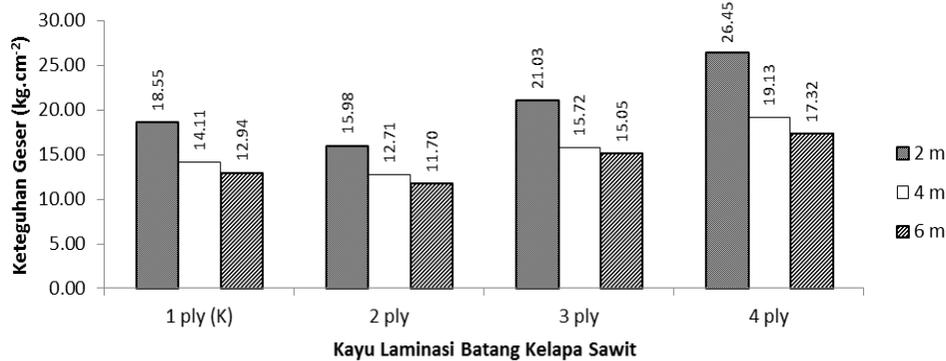
Hubungan yang erat antara kerapatan dan nilai keteguhan geser rekat juga terjadi pada produk laminasi dari kayu tropis (Alamsyah *et al.* 2007). Hal ini juga ditunjukkan dengan persentase kerusakan

kayu pada bidang geser sebesar 100% untuk semua perlakuan. Kerusakan tersebut terjadi pada jaringan parenkim kayu penyusunnya dan sebagian kecil juga terjadi pada ikatan pembuluhnya (Darwis *et al.* 2014)).

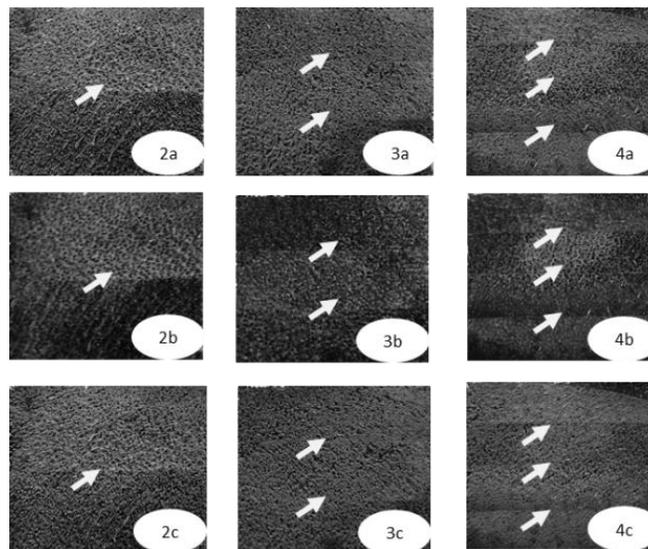
Rasio delaminasi

Kayu laminasi batang kelapa sawit tidak mengalami delaminasi baik yang

direndam dalam air dingin maupun air panas (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahan perekat isosianat mampu bekerja dengan baik dalam mengikat lamina-lamina dari batang kelapa sawit. Penelitian ini sesuai dengan penelitian tahap kedua. Rasio delaminasi kayu laminasi batang kelapa sawit telah memenuhi standar JAS (JPIC 2007) yang mensyaratkan tidak melebihi 5%.



Gambar 6 Keteguhan kayu utuh dan keteguhan geser rekat kayu laminasi batang kelapa sawit.



Gambar 7 Delaminasi kayu laminasi batang kelapa sawit a) sebelum direndam, b) setelah direndam air, dan c) setelah di oven. Angka 2, 3 dan 4 menunjukkan jumlah lamina penyusun kayu laminasi. Tanda panah menunjukkan garis rekat.

Tabel 2 Analisis sidik ragam karakteristik kayu laminasi batang kelapa sawit

Karakteristik Kayu laminasi Batang Kelapa sawit	Perlakuan					
	Posisi Ketinggian		Jumlah Lapisan		Kombinasi Perlakuan	
	F hit.	Sig.	F hit.	Sig.	F hit.	Sig.
Kadar Air	0,132	0,877 ^{tn}	0,139	0,936 ^{tn}	0,213	0,969 ^{tn}
Kerapatan	947,127	0,000**	423,63	0,000**	13,22	0,000**
MOR	947,127	0,000**	3014,757	0,000**	32,203	0,000**
MOE	29449,459	0,000**	10282,074	0,000**	310,145	0,000**
Keteguhan geser rekat	177,234	0,000**	125,477	0,000**	4,930	0,002**

Keterangan: ^{tn} tidak nyata, * nyata pada taraf 5% dan ** sangat nyata pada taraf 1%

Tabel 3 Karakteristik kayu laminasi batang kelapa sawit

Ketinggian (m)	Jumlah Lapisan	Karakteristik Kayu Utuh dan Kayu Laminasi Batang Kelapa Sawit						
		KA (%) [*]	Kerapatan (g cm ⁻³) [*]	MOR (kg cm ⁻²) [*]	MOE (kg cm ⁻²) [*]	Keteguhan geser rekat (kg cm ⁻²) [*]	Kerusakan Kayu (%)	Rasio Delaminasi (%)
2	1	12,47	0,32de	151,3e	20,0 x 10 ³ d	18,55fg	100	0
	2	12,38	0,34f	191,5i	30,8 x 10 ³ h	15,98de	100	0
	3	12,30	0,36g	205,2j	31,2 x 10 ³ i	21,03h	100	0
	4	12,33	0,38h	212,4k	32,6 x 10 ³ j	26,45i	100	0
4	1	12,35	0,30c	130,2b	16,6 x 10 ³ b	14,11bc	100	0
	2	12,46	0,31d	159,4f	26,1 x 10 ³ e	12,71ab	100	0
	3	12,41	0,32e	172,6g	26,5 x 10 ³ f	15,72d	100	0
	4	12,47	0,35f	177,6h	27,6 x 10 ³ g	19,13g	100	0
6	1	12,39	0,23a	97,1a	10,6 x 10 ³ a	12,94ab	100	0
	2	12,46	0,28b	130,9b	13,4 x 10 ³ b	11,70a	100	0
	3	12,39	0,30c	138,5c	15,1 x 10 ³ b	15,05cd	100	0
	4	12,35	0,31d	141,6d	17,3 x 10 ³ c	17,32ef	100	0

^{*})Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan).

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa semua faktor perlakuan (posisi pada ketinggian batang dan jumlah lapisan kayu laminasi) serta kombinasinya menunjukkan pengaruh yang sangat nyata pada nilai kerapatan, MOE, MOR dan keteguhan geser rekat (Tabel 2). Hasil uji lanjut dengan uji selang berganda Duncan dapat dilihat pada Tabel 3.

Kesimpulan

Kayu laminasi dari batang sawit memiliki kerapatan dan sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan kayu utuhnya pada berbagai posisi ketinggian

pada batang. Kayu laminasi yang tersusun 4 lapis dengan ketebalan lamina 1,5 cm memiliki nilai kerapatan dan sifat mekanis tertinggi dibandingkan yang lainnya. Berdasarkan karakteristik kayu laminasi dari batang kelapa sawit, nilai kadar air dan rasio delaminasi kayu laminasi batang kelapa sawit umur 20 tahun yang telah memenuhi standar JAS 1152 (JPIC 2007).

Daftar Pustaka

[BPS] Badan Pusat Statistik. 2014. *Statistik Indonesia: Statistical Yearbook of Indonesia 2014*. Jakarta:

- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Bahtiar ET, Nugroho N, Massijaya MY, Roliandi H, Nurbaiti RA, Satriawan A. 2010. A new method to estimate modulus of elasticity and modulus of rupture of glulam I-Joist. *AIP Conference Proceedings* 1325. 2010, Oktober, 12-13; Bandung. USA, *AIP Publishing* hlm 319-322. doi: 10.1063/1.3537940.
- Bahtiar ET, Nugroho N, Massijaya MY, Roliandi H, Nurbaiti RA, Satriawan A. 2011. Method of estimate mechanical properties of glulam on flexure testing based on its laminae characteristics and position. *Indonesian J. Physics*. 22 (2):57-67.
- Bahtiar ET, Nugroho N, Karlinasari L, Surjokusumo S, Darwis A. 2014. Rasio ikatan pembuluh sebagai substitusi rasio modulus elastisitas pada analisa layer system pada bilah bambu dan bambu laminasi. *J Tek. Sipil* 21(2):147-162.
- Bakar ES, Rachman O, Hermawan D, Karlinasari L, Rosdiana N. 1998. Pemanfaatan batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) sebagai bahan bangunan dan furniture (I): Sifat fisis, kimia dan keawetan alami kayu kelapa sawit. *J. Teknik. Has. Hutan* 11(1):1-12.
- Bakar ES, Rachmat O, Darmawan W, Hidayat I. 1999. Pemanfaatan batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) sebagai bahan bangunan dan furnitur (II): Sifat mekanis kayu kelapa sawit. *JTHH* 12 (1):10-20.
- Bakar ES, Febrianto F, Wahyudi I, Ashaari Z. 2006. Polygon sawing: an optimum sawing pattern for oil palm stems. *J Biol Sci*. 6(4):744-749.
- Bakar ES, Sahry MH, H'ng PS. 2008. Anatomical Characteristic and Utilization of Oil Palm Wood. Di dalam: Nobuchi T, Sahry MH. editor. *The Formation of Wood in Tropical Forest Tree: A Challenge from the Perspective of Functional Wood Anatomy*. Serdang: Penerbit Universiti Malaysia.
- Berglund L, Rowell RM. 2005. *Wood Composites, Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Boca Raton, Fla: CRC Press, hlm. 279-301.
- Bodig J, Jayne BA. 1982. *Mechanics of Wood and Wood Composites*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- [CWC] Canadian Wood Council. 2000. *Wood Reference Handbook: A Guide to The Architectural Use Of Wood In Building Contruction*. Ed ke-4. Ottawa: Canadian Wood Council.
- Darwis A, Nurrochmat DR, Massijaya MY, Nugroho N, Alamsyah EM, Bahtiar ET, Safe'I R. 2013. Vascular bundle distribution effect on density and mechanical properties of oil palm trunk. *Asian J. Plant Sci*. 12(5):208-213.
- Darwis A, Massijaya MY, Nugroho N, Alamsyah EM, Nurrochmat DR. 2014. Bond ability of oil palm xylem with isocyanate adhesive. *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis*. 12(1):39-47.
- Erwinsyah. 2008. Improvement of oil palm wood properties using bioresin [disertasi]. Dresden: Institut für Forstnutzung und Forsttechnik Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften Technische Universität Dresden
- Izekor DN, Fuwape JA, Oluyeye AO. 2010. Effect of density on variations in the mechanical properties of

- plantation grown *Tectona grandis* wood. *Arch. Appl. Sci. Res.* 2 (6):113-120.
- [JPIC] Japan Plywood Inspection Corporation. 2007. *Japanese Agricultural Standard for Glued Laminated Timber Notification No. 1152*. Tokyo: JPIC.
- Kretschmann DE, Green DW. 1996. Modeling moisture content-mechanical property relationships for clear southern pine. *Wood Fiber Sci.* 28(3):320-337.
- Lim SC, Khoo K. 1986. Characteristic of oil palm trunk and its potential utilization. *The Malaysian Forester.* 49(1):3-22.
- Nugroho N, Ando N. 2001. Development of structural composite products made from bamboo II: fundamental properties of laminated bamboo lumber. *J. Wood Sci.* 47 (3):237-242.
- Persson M, Wogelberg S. 2011. Analytical models of pre-stressed and reinforced glulam beams: A competitive analysis of strengthened glulam beams [Tesis]. Göteborg: Chalmers University of Technology
- Rahayu IS. 2001. Sifat dasar vascular bundle dan parenchyma batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) dalam kaitannya dengan sifat fisis, mekanis serta keawetan [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Serrano E. 2003. Mechanical Performance and Modeling of Glulam. Di dalam: Thelandesson S, Larsen HJ, editor. *Timber Engineering*. Madison: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Shirley MB. 2002. Cellular structure of stems and fronds of 14 and 25 year-old *Elaeis guineensis* Jacq [Tesis]. Serdang : Universiti Putra Malaysia.
- Sonderegger W, Mandallaz D, Niemz P. 2008. An investigation of the influence of selected factors on the properties of spruce wood. *Wood Sci. Technol.* 42:281-298.
- Sulistiyawati I, Nugroho N, Suryokusumo S, Hadi YS. 2008. Kekakuan dan kekuatan lentur maksimum balok glulam dan utuh kayu akasia. *J. Tek. Sipil.* 15 (3):113-121.
- Wahab R, Samsi HW, Mohamad A, Sulaiman O, Salim R. 2008. Properties of laminated veneer lumbers of oil palm trunks. *J. Plant Sci.* 3(4):255-259.
- Yang TH, Wang SY, Lin CJ, Tsai MJ, Lin FC. 2007. Effect of laminate configuration on the modulus of elasticity of glulam evaluated using a strain gauge method. *J. Wood Sci.* 53(1): 31-39.doi: 10.1007/s10086-006-0818-z
- Yoresta FS. 2014. Studi eksperimental perilaku lentur balok glulam kayu pinus (*Pinus merkusii*). *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis.* 12(1):33-38.
- Riwayat naskah (*article history*)
- Naskah masuk (*received*): 3 Maret 2014
Diterima (*accepted*): 7 Mei 2014