

Jurnal Ilmu Kehutanan

<https://jurnal.ugm.ac.id/v3/jik/>
ISSN: 2477-3751 (online); 0126-4451 (print)



Sifat Papan Laminasi Kayu Randu (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn) dengan Variasi Pola Gergajian Lamina dan Arah Lapisan

Properties of Laminated Board Made from Kapok Wood at Different Sawing Pattern of Lamina and Layer Orientation

Muhammad Navis Rofii^{*1}, Vendy Eko Prasetyo¹, Tomy Listyanto¹, Annisa Primaningtyas¹, Yustinus Suranto¹, Tibertius Agus Prayitno¹ & Ragil Widyorini¹

¹Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada,

Jl. Agro No. 1, Bulaksumur, Depok, Sleman, 55281

*Email: navis_r@ugm.ac.id

HASIL PENELITIAN

DOI: 10.22146/jik.v16i1.1739

RIWAYAT NASKAH :

Diajukan (submitted): 22 April 2021

Diperbaiki (revised): 12 Januari 2022

Diterima (accepted): 27 Januari 2022

KEYWORD

low-density wood, kapok wood, laminated board, physical and mechanical properties

KATA KUNCI

kayu berkerapatan rendah, kayu randu, papan laminasi, sifat fisika dan mekanika

ABSTRACT

Kapok wood (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn) is a low-density wood species that can become a light construction material in the form of laminated timber products. This study aimed to understand the properties of laminated timber from kapok wood at different sawing patterns of laminae and core layer orientation. This study used kapok wood produced from community forests and PVAc (Polyvinyl Acetate) resin as the binder to produce laminated timber. The laminated boards were manufactured from dried laminas, measuring 100 x 9.5 x 1.7 cm, and were glued together with the resin before being pressed and clamped with the pressure of 1 MPa for 12 hours. The dimension of the final laminated board was 100 x 38 x 5 cm. Before being cut for the physical and mechanical properties tests, the laminated boards were conditioned at room temperature for a week. The results indicated that sawing patterns had insignificant effects on moisture content, density, static bending properties, and bonding strength of laminated boards. The core layer orientation had a significant effect on the density and the modulus of rupture. Generally, laminated board from kapok wood with the parallel grain direction of the core layer resulted in higher static bending properties and bonding strength than the perpendicular one.

INTISARI

Kayu randu (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn) merupakan salah satu jenis kayu berkerapatan rendah yang potensial dimanfaatkan sebagai produk konstruksi ringan dalam bentuk produk laminasi kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat papan laminasi kayu randu dengan variasi pola gergajian dan arah serat lapisan tengah. Bahan penelitian berupa kayu randu yang diperoleh dari hutan rakyat dan bahan perekat PVAc (*Polyvinyl Acetate*). Papan laminasi dibuat dengan menyusun lamina yang telah dikeringkan dan diketam berukuran 100 x 9,5 x 1,7 cm (p, l, t) dan merekatnya dengan perekat PVAc dengan berat labur 280 g/m² kemudian diklem dan dikempa sebesar 1 MPa selama 12 jam. Ukuran papan yang dibuat adalah 100 x 38 x 5 cm (p, l, t). Setelah pengempaan, papan laminasi kemudian dikondisikan pada suhu dan kelembaban ruangan selama satu pekan sebelum dipotong menjadi contoh uji sifat fisika dan mekanika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi kedua faktor dan faktor pola gergajian lamina tidak memberikan pengaruh nyata pada sifat papan laminasi kayu randu, sedangkan arah serat lapisan tengah memberikan pengaruh nyata pada nilai kerapatan dan MOR. Secara umum papan laminasi kayu randu dengan penyusunan arah serat lapisan tengah sejajar menghasilkan nilai keteguhan lengkung statik dan keteguhan rekat yang lebih tinggi daripada arah serat lapisan tengah tegak lurus dan miring.

Pendahuluan

Pemanfaatan kayu-kayu berkerapatan rendah untuk produk komponen perumahan dan konstruksi ringan sudah mulai dilakukan sebagai substitusi kayu-kayu berkekuatan tinggi. Dalam pemakaiannya, kayu-kayu berkerapatan rendah tersebut perlu dimodifikasi guna mendapatkan sifat yang lebih baik daripada sifat asalnya. Salah satu teknologi yang digunakan adalah teknologi laminasi kayu. Penerapan teknologi kayu laminasi dalam pengolahan kayu mempunyai beberapa keuntungan (Stark et al. 2010) antara lain: kemampuan menghasilkan ukuran yang melebihi diameter kayu solid, dapat menggunakan kayu-kayu berdiameter kecil, dapat dibuat berbagai macam variasi susunan lamina, dapat meminimalkan cacat yang dihasilkan oleh kayu solidnya, dan dapat menggunakan kayu-kayu berkualitas rendah sebagai bahan baku.

Kayu randu atau kapuk randu (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn) merupakan salah satu jenis kayu berkerapatan rendah yang potensial dimanfaatkan sebagai produk konstruksi ringan dalam bentuk produk laminasi kayu. Penggunaan kayu randu saat ini masih terbatas, misalnya untuk kerajinan dan papan cor pada bangunan (Kosasih 2007). Kayu ini dilaporkan mempunyai kerapatan $0,25 \text{ g/cm}^3$ (Orwa et al. 2009) dan termasuk ke dalam kelas kuat maupun awet IV-V (Heyne 1987). Sifat-sifat kayu randu yang rendah tersebut telah mendorong penelitian untuk meningkatkan kualitasnya dengan densifikasi dan pelapisan permukaan (Danu et al. 2012). Pratiwi (2014) melaporkan bahwa luasan tanaman kapuk randu mencapai sekitar 250.000 ha, sedangkan data dari Biro Pusat Statistik Tahun 2017, luas areal tanaman kapuk randu di Indonesia pada tahun 2015 sebesar 143.700 ha (BPS 2017).

Kualitas papan laminasi yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor dalam pembuatan papan laminasi tersebut. Selain faktor yang berasal

dari bahan baku kayu, faktor bahan perekat dan proses pembuatannya juga akan menentukan sifat produk akhirnya. Beberapa penelitian telah dilakukan terkait faktor-faktor tersebut, seperti ketebalan lamina, orientasi sudut maupun bahan perekat (Herawati et al. 2008; Anggraini 2012; Aprilliana 2012; Hendrik et al. 2016), variasi tekanan kempa (Anshari 2006) serta perbedaan bahan baku (Risnasari et al. 2012). Pada penelitian ini faktor pola gergajian lamina dan arah/orientasi lapisan tengah lamina akan dikaji guna menentukan sifat papan laminasi dari kayu randu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan kayu randu pada pembuatan kayu laminasi, yaitu mengetahui sifat fisika dan mekanika papan laminasi kayu randu dengan variasi pola gergajian dan arah penyusunan lamina tengah. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat dalam menentukan jenis/pola potongan lamina dan arah penyusunan lamina yang menghasilkan kekuatan papan laminasi kayu randu yang paling optimal. Penelitian ini diharapkan mendukung pengembangan ilmu dan teknologi kayu terutama dalam menghasilkan produk dari bahan baku yang bernilai rendah. Hal ini juga mendorong pemanfaatan bahan baku yang lebih bervariasi serta memberi kesadaran akan pentingnya konservasi bahan baku kayu dari hutan.

Bahan dan Metode Penelitian

Penyiapan Bahan

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah kayu randu yang diperoleh dari hutan rakyat di Yogyakarta. Bahan perekat berupa Lem PVAc (*Polyvinyl Acetate*) merek Fox dibeli dari toko bahan bangunan di Yogyakarta. Peralatan yang diperlukan antara lain gergaji bundar, oven, timbangan, kaliper, pelabur perekat, klem, kempa hidrolik dan mesin uji mekanika kayu.

Untuk menghasilkan lamina, log kayu randu dibelah menjadi papan tebal dan dikeringkan hingga mencapai kadar air kering udara (15%). Papan tebal kayu randu yang telah kering udara kemudian dipotong menjadi lamina dengan ukuran 100 (p) × 10 (l) × 2 (t) cm. lamina yang sudah diproses kemudian diketam agar kedua permukaannya menjadi rata dengan ketebalan 1,7 cm. Lamina tersebut kemudian dikondisikan pada suhu dan kelembaban ruangan yang konstan untuk menjaga kadar air lamina tetap stabil pada kadar air kering udara (15%).

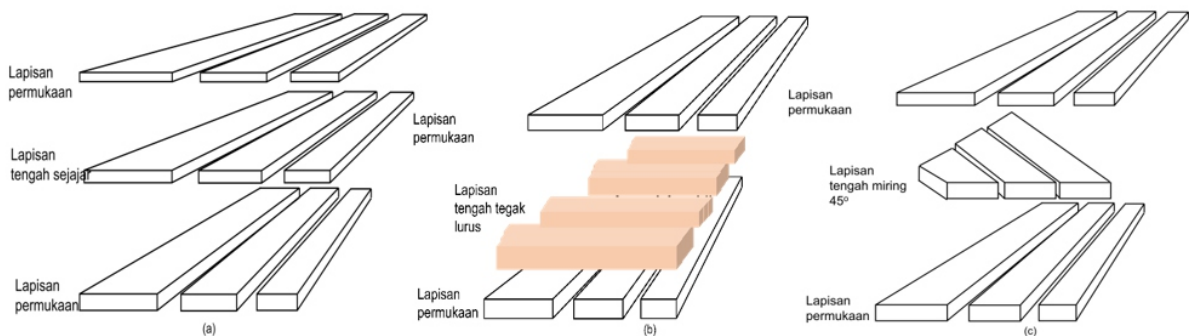
Pembuatan dan Pengujian Papan Laminasi

Lamina yang telah dikondisikan selanjutnya disusun menjadi papan laminasi tiga lapis dengan klem hingga membentuk sebuah papan berukuran 100 (p) × 38 (l) × 5 (t) cm. Arah serat pada lapisan lamina permukaan (atas dan bawah) disusun sejajar dengan panjang papan laminasi, sedangkan pada arah serat pada lamina lapisan tengah, arah lamina dibuat sejajar, tegak lurus dan miring 45° dengan panjang papan laminasi (Gambar 1). Papan-papan tersebut direkat dengan perekat PVAc dengan berat terlabur 280 g/m² dengan metode labur dua sisi (Herawati et al. 2008; Muthmainnah et al. 2014; Hendrik et al. 2016) dan dikempa dengan mesin press hidrolik pada tekanan 1 MPa. Susunan lamina kemudian dikempa dingin selama 12 jam dan dikondisikan selama 1 minggu.

Papan laminasi yang sudah dikondisikan selama 1 minggu kemudian dipotong-potong menjadi contoh uji sifat fisika dan mekanika papan. Pengujian sifat fisika papan meliputi kadar air dan kerapatan serta pengujian mekanika papan meliputi keteguhan lengkung statik menggunakan acuan standar ASTM D-143 (ASTM, 1994). Pada pengujian keteguhan lengkung statik, panjang contoh uji sesuai dengan arah panjang papan laminasi dengan beban lengkung diaplikasikan pada sisi permukaan papan laminasi. Pengujian keteguhan rekat geser menggunakan acuan ASTM D-905 (ASTM, 2003), dengan garis perekat yang diuji sejajar dengan panjang papan laminasi.

Analisis Data

Data hasil pengujian sifat fisika dan mekanika papan laminasi kayu randu diolah menggunakan *software* Microsoft® Excel® LTSC MSO (16.0.14332.20204) 64-bit. Analisis statistik dilakukan menggunakan Analisis Varians (Anova) Dua-arah untuk menguji pengaruh faktor variasi pola gergajian lamina dan arah lamina tengah papan laminasi terhadap parameter pengujian yang dilakukan, dilanjutkan dengan uji lanjut setelah Anova menggunakan uji *Honestly Significant Difference* (HSD) pada tingkat kepercayaan 95%. Keseluruhan analisis statistik tersebut dilakukan menggunakan *software* SigmaXL (V.8, Kitchener, Canada).



Gambar 1. Skema pembuatan papan laminasi kayu randu: (a) arah lamina lapisan tengah sejajar; (b) arah lamina tengah tegak lurus; (c) arah lamina tengah miring 45°
Figure 1. Scheme of manufacturing laminated board made from kapok wood: (a) with a parallel middle lamina; (b) with a perpendicular middle lamina; (c) with a 45°-direction middle lamina

Hasil dan Pembahasan

Rekapitulasi nilai hasil pengujian kadar air, kerapatan, kekuatan rekat, *Modulus of Elasticity* (MOE), dan *Modulus of Rupture* (MOR) papan laminasi kayu randu disajikan pada Tabel 1. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kadar air dan kerapatan papan laminasi yang dibuat berturut-turut sebesar $11,61 \pm 0,84\%$ dan $0,24 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$. Selanjutnya, pada parameter sifat mekanika dihasilkan nilai rata-rata keteguhan rekat sebesar $0,87 \pm 0,20 \text{ MPa}$, nilai rata-rata MOR papan sebesar $8,03 \pm 1,88 \text{ MPa}$ dan nilai rata-rata MOE sebesar $1,57 \pm 0,39 \text{ GPa}$.

Hasil analisis statistik dan uji lanjut pengaruh faktor variasi pola gergajian lamina dan arah lamina tengah papan laminasi kayu randu disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan uji analisis varians dua arah pada tingkat kepercayaan 95%, hanya faktor arah lamina tengah yang memberikan hasil berbeda nyata pada parameter kerapatan dan MoR, sedangkan faktor pola variasi gergajian, dan interaksi kedua faktor tersebut tidak memberikan pengaruh nyata pada semua nilai parameter pengujian. Secara umum, nilai kadar air kering udara papan laminasi kayu randu yang dihasilkan masih dalam batas kewajaran pada lingkungan dengan suhu harian antara $26 - 32 \text{ }^\circ\text{C}$, dengan kelembaban relatif sekitar 70%. Nilai kadar air

tersebut masih sesuai dengan standar JAS 234 (2003), yaitu mensyaratkan nilai kadar air maksimal 15%.

Nilai kadar air papan laminasi tidak dipengaruhi oleh baik faktor variasi pola gergajian lamina maupun arah lamina tengah papan laminasi kayu randu tersebut (Tabel 2). Meskipun demikian, ada kecenderungan bahwa lamina dengan pola gergajian radial memiliki nilai kadar air yang lebih besar daripada lamina dengan pola gergajian tangensial. Selain itu, arah lamina tengah sejajar juga menghasilkan kadar air papan laminasi yang relatif lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa papan tangensial memiliki laju pengeringan yang lebih cepat dari papan radial disebabkan oleh keberadaan parenkim jari-jari yang lebih terbuka yang mempercepat pergerakan air ke permukaan dan ter evaporasi (Pang & Haslett 2002). Kadar air yang lebih rendah pada papan laminasi dengan arah serat lapisan tengah tegak lurus lebih rendah daripada yang arah seratnya sejajar maupun miring dimungkinkan disebabkan oleh pergerakan air arah longitudinal yang lebih cepat pada lapisan tengah karena jaraknya yang lebih pendek.

Nilai kerapatan rata-rata papan laminasi kayu randu yang dihasilkan berkisar antara $0,21 \pm 0,02$ s.d. $0,29 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ (Tabel 1). Hasil analisis varians dua-arah pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai

Tabel 1. Rerata nilai pengujian sifat fisika dan mekanika papan laminasi kayu randu
Table 1. Average values of physical and mechanical properties of laminated board made from kapok wood

Pola Gergajian Lamina	Arah Lamina Tengah	Kadar Air (%)		Kerapatan (g/cm^3)		Kekuatan Rekat (MPa)		MoE (GPa)		MoR (MPa)	
		Rerata	SD	Rerata	SD	Rerata	SD	Rerata	SD	Rerata	SD
Radial	Sejajar	11,99	1,37	0,23	0,04	0,96	0,32	1,75	0,43	10,18	2,02
	Tegak lurus	11,01	0,31	0,26	0,01	0,85	0,21	1,50	0,15	7,27	2,93
	Miring	11,97	0,04	0,21	0,02	0,67	0,13	1,29	0,14	6,72	1,32
	Rerata	11,66	0,58	0,23	0,02	0,83	0,22	1,52	0,24	8,06	2,09
Tangensial	Sejajar	11,60	1,09	0,25	0,05	0,96	0,24	1,69	0,47	9,81	1,68
	Tegak lurus	11,08	0,85	0,29	0,02	0,59	0,19	2,04	0,97	5,02	1,00
	Miring	12,03	1,37	0,23	0,03	0,93	0,13	1,65	0,16	7,88	2,35
	Rerata	11,62	1,11	0,25	0,03	0,83	0,19	1,79	0,53	7,57	1,68
Rerata Total		11,61	0,84	0,24	0,03	0,87	0,20	1,57	0,39	8,03	1,88

Keterangan: SD = Standar Deviasi
 Note: SD = Standard of Deviation

Tabel 2. Analisis statistik dan uji lanjut sifat fisika dan mekanika papan laminasi kayu randu**Table 2.** Statistical analysis and post-hoc tests of physical and mechanical properties of laminated board made from kapok wood

Faktor Penelitian	Nilai F Hitung Anova Dua-arah pada Berbagai Parameter Pengujian				
	Kadar Air	Kerapatan	Kekuatan Rekat	MoE	MoR
Pola Gergajian Lamina (G)	0,03	2,15	0,00	1,49	0,27
Arah Lamina Tengah (A)	1,58	5,49*	1,84	0,67	5,92*
Interaksi G x A	0,11	0,06	2,14	0,59	1,10

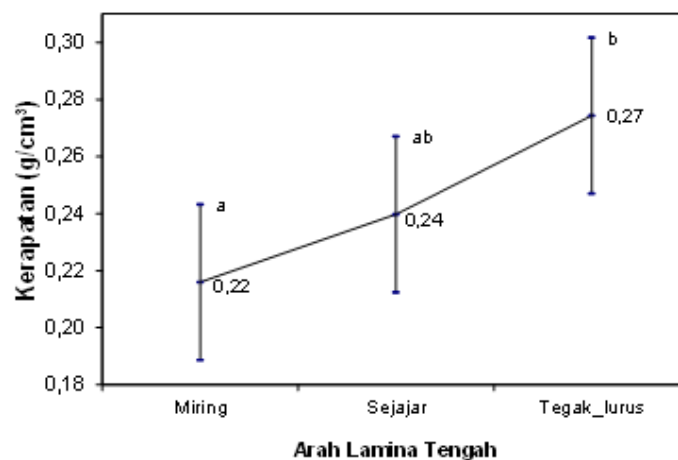
Keterangan: nilai cetak tebal dengan bintang adalah nilai F hitung yang dipengaruhi nyata oleh faktor penelitian pada tingkat kepercayaan 95%

Note: bold values with a star is the F value affected significantly by the research factor at confidence level of 95%

kerapatan papan laminasi kayu randu tidak dipengaruhi oleh pola gergajian, namun hanya dipengaruhi oleh faktor arah lamina. Papan dengan arah lamina pada lapisan tengah yang disusun miring dan tegak lurus memberikan nilai kerapatan yang berbeda nyata (Gambar 2). Selanjutnya, nilai kerapatan papan laminasi yang memiliki arah lamina tengah miring dan sejajar mempunyai nilai yang tidak berbeda nyata. Hasil tersebut juga terjadi pada nilai kerapatan papan laminasi yang memiliki arah lamina tengah sejajar dan tegak lurus. Nilai kerapatan papan laminasi dengan arah lamina tengah tegak lurus mempunyai nilai paling besar, terutama pada pola tangensial. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terdepositnya atau terbentuknya akar perekat bahan perekat kayu yang lebih banyak pada garis perekat pada penampang tangensial dan apabila kedua permukaan berbeda arah seratnya. Hal ini dapat

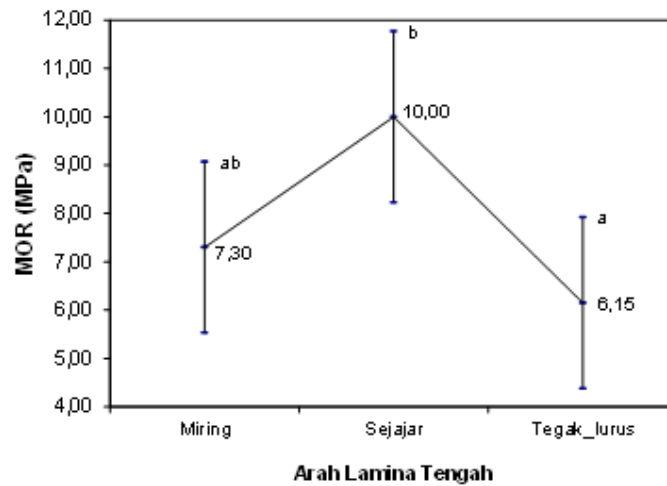
dihubungkan dengan pernyataan Sulastiningsih & Santoso (2012) bahwa bahan penyusun, perekat dan proses pengempaan dapat berpengaruh terhadap kerapatan dan berat jenis produk laminasi.

Nilai rata-rata keteguhan rekat papan yang dihasilkan yaitu $0,87 \pm 0,20$ MPa, dengan nilai yang bervariasi dari $0,23 \pm 0,3 - 2,23 \pm 0,56$ MPa. Apabila dibandingkan dengan standar JAS 234 (2003) yang mempersyaratkan nilai keteguhan rekat sebesar 5,29 MPa, maka nilai yang dihasilkan oleh papan laminasi kayu randu ini sangat rendah. Nilai keteguhan rekat yang relatif kecil ini disebabkan oleh kualitas bahan baku kayu randu yang rendah seperti berat jenis yang rendah, stabilitas dimensi kurang baik dan kekuatan rekat bahan perekat PVAc yang relatif rendah. Kedua faktor penelitian juga tidak menghasilkan nilai yang berbeda. Meskipun demikian, dilihat dari nilai rata-rata keteguhan rekat dapat diketahui ada



Gambar 2. Nilai rata-rata kerapatan papan laminasi kayu randu yang dipengaruhi oleh faktor arah lamina tengah; nilai kerapatan yang ditandai dengan huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada $\alpha = 5\%$

Figure 2. Average values of density of laminated board made from kapok wood; values of density with the same letter are not statistically different at $\alpha = 5\%$ by an HSD test



Gambar 3. Nilai rata-rata MOR papan laminasi kayu randu yang dipengaruhi oleh faktor arah lamina tengah; Nilai kerapatan yang ditandai dengan huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada $\alpha = 5\%$
Figure 3. Average values of MOR of laminated board made from kapok wood; values of density with the same letter are not statistically different at $\alpha = 5\%$ by an HSD test

kecenderungan bahwa keteguhan rekat papan laminasi dengan pola gergajian radial menghasilkan nilai keteguhan rekat yang lebih tinggi daripada pola tangensial, sedangkan arah serat lapisan tengah sejajar juga menghasilkan kekuatan rekat yang lebih tinggi daripada arah serat lapisan tengah tegak lurus ataupun miring yang berada di antara keduanya. Hal ini berarti bahwa garis perekat dengan permukaan yang sama arah seratnya kekuatan rekatnya lebih tinggi daripada yang miring atau tegak lurus.

Parameter keteguhan lengkung statik merupakan indikator yang penting apabila produk dikenai oleh beban lengkung pada penggunaannya (Shmulsky & Jones 2011). Kekuatan lengkung statik dapat dilihat dari nilai modulus patah (*Modulus of rupture/MOR*) dan modulus elastisitas (*Modulus of elasticity/MOE*). Nilai rata-rata MOR yang dihasilkan pada papan laminasi kayu randu ini ($8,03 \pm 1,88$ MPa) sangat rendah bila dibandingkan dengan nilai minimal produk laminasi menurut JAS 234 (2003) sebesar 29 MPa. Nilai MOR papan laminasi dengan pola gergajian radial secara umum lebih tinggi daripada papan tangensial kecuali pada arah serat lapisan tengah miring. Meskipun demikian faktor pola gergajian tidak menunjukkan pengaruh yang nyata

terhadap MOR. Arah serat sejajar pada lapisan tengah papan juga memberikan nilai MOR lebih tinggi daripada arah serat tegak lurus dan miring. Nilai MOR lapisan sejajar berbeda nyata dengan MOR lapisan tengah tegak lurus namun tidak ada perbedaan yang nyata dengan MOR arah lapisan tengah miring (Gambar 3). Adanya sambungan sisi antar lamina pada lapisan tengah kemungkinan menyebabkan menurunnya kekuatan patah pada papan laminasi dengan arah apisan tengah tegak lurus. Hal ini disebabkan sambungan sisi tidak dapat menahan gaya geser selama pengujian lengkung statik.

Nilai rata-rata MOE papan laminasi kayu randu sebesar $1,57 \pm 0,39$ GPa. Apabila dibandingkan dengan nilai MOR, nilai MOE papan laminasi menunjukkan hasil yang sama, yaitu bahwa nilai MOE papan laminasi dengan pola gergajian radial menunjukkan nilai yang relatif lebih tinggi daripada pola gergajian radial meskipun tidak berbeda jauh, kecuali pada arah serat lapisan tengah miring. Arah serat lapisan tengah sejajar juga menghasilkan nilai MOE yang cenderung lebih tinggi daripada pada arah serat lapisan tengah tegak lurus meskipun tidak begitu nyata. Nilai MOE pada papan dengan lapisan tengah miring cenderung memiliki nilai MOE yang lebih tinggi pada pola

gergajian tangensial daripada pola radial, meskipun secara statistic tidak berbeda nyata. Nilai rata-rata MOE papan laminasi randu juga sangat rendah bila dibandingkan dengan nilai minimal produk laminasi menurut JAS 234 (2003) sebesar 7,35 GPa.

Kesimpulan

Penelitian sifat-sifat produk laminasi kayu berkerapatan rendah yaitu kayu randu menunjukkan bahwa faktor pola gergajian lamina tidak memberikan pengaruh nyata pada nilai kadar air, kerapatan, keteguhan lengkung statik dan keteguhan rekat papan laminasi kayu randu, sedangkan arah lapisan lamina berpengaruh pada nilai MOR dan kerapatan. Secara umum nilai keteguhan lengkung statik dan keteguhan rekat papan laminasi kayu randu dengan penyusunan arah lapisan tengah sejajar lebih tinggi daripada arah lapisan tengah tegak lurus maupun miring. Nilai rata-rata sifat-sifat papan laminasi kayu randu yang diperoleh yaitu kadar air $11,61 \pm 0,84\%$, kerapatan $0,24 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$, MOR $8,07 \pm 1,88 \text{ MPa}$, MOE $1,57 \pm 0,39 \text{ GPa}$, dan keteguhan rekat $0,87 \pm 0,20 \text{ MPa}$.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai melalui skema Penelitian Berbasis Laboratorium dari Dana DPP Fakultas Kehutanan UGM Tahun 2019. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fiqri Maulana yang telah membantu pelaksanaan penelitian di lapangan.

Daftar Pustaka

American Society for Testing and Materials. 1994. Standard test methods of small clear specimen of wood, ASTM D 143. ASTM International, New York.

American Society for Testing and Materials. 2005. Standard test method for strength properties of adhesive bonds in shear by compression loading, ASTM D 905. ASTM International, New York.

Anggraini R. 2012. Karakteristik *cross laminated timber* kayu jabon berdasarkan ketebalan dan orientasi sudut

lamina. Thesis (tidak dipublikasikan) Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Anshari B. 2006. Pengaruh variasi tekanan kempa terhadap kuat lentur kayu laminasi dari kayu Meranti dan Keruing. *Civil Engineering Dimension*, 8(1): 25-33.

Aprilliana F. 2012. Pengaruh kombinasi tebal dan orientasi sudut lamina terhadap karakteristik *cross laminated timber* kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen). Skripsi (tidak dipublikasikan). Institut Pertanian Bogor.

Badan Pusat Statistik. 2017. Luas areal tanaman perkebunan rakyat menurut jenis tanaman 2000 – 2015.

Danu S, Darsono, Marsongko, Razzak MT, Handono D. 2012. Densifikasi kayu Randu (*Ceiba pentandra* L. Gaertn.) dan pelapisan permukaannya dengan pemadatan menggunakan radiasi ultra violet. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 14 (3):222-228.

Hendrik J, Hadi YS, Massijaya MY, Santoso A. 2016. Properties of composite laminated panels made from fast growing species glued with mangium tannin adhesive. *BioResources* 11 (3): 5949-5960.

Herawati E, Massijaya MY, Nugroho N. 2008. Karakteristik balok laminasi dari kayu mangium (*Acacia mangium* Willd.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 1(1):1-8.

Heyne K. 1987. Tumbuhan berguna indonesia. Jilid III. Badan Litbang Kehutanan. Jakarta.

Japanese Agricultural Standard (JAS) 234.2003. Glued laminated timber. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo, Japan.

Kosasih AS. 2007. Kapok (*Ceiba pentandra* L. Gaertn) sebagai jenis campuran pada hutan rakyat di Jawa. Pusat Litbang Hutan Tanaman, Bogor.

Muthmainnah, Sadiyo S, Karlinasari L. 2014. Kekuatan tekan tegak lurus serat *Cross Laminated Timber* (CLT) tiga jenis kayu rakyat. *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis*. 12(2):134-145.

Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R, Anthony S. 2009. Agroforestry database: a tree reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre. Kenya.

Pang S, Haslett AN. 2002. Effects of sawing pattern on drying rate and residual drying stresses of Pinus radiata lumber. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 4(1): 40-49.

Pratiwi RH. 2014. Potensi Kapuk Randu (*Ceiba Pentandra* Gaertn.) dalam Penyediaan Obat Herbal. *E-journal Widyia Kesehatan dan Lingkungan* 1(1): 53-60.

Risnasari I, Azhar I, Sitompul AN. 2012. Karakteristik balok laminasi dari batang kelapa (*Cocos nucifera* L.) dan kayu kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.). *FORESTA Indonesian Journal of Forestry* 1 (2) 2012: 79-87.

Shmulsky R, Jones PD. 2011. *Forest Products and Wood Science: An Introduction*, 6th Edition. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. UK.

Stark NM, Cai Z, Carll C. 2010. Wood-based composites materials panel products, glued-laminated timber, structural composite lumber and wood-nonwood composite material, in *Wood handbook: Wood as an engineering material*. United States Departement of Agriculture Forest Service.

Sulastiningsih IM, Santoso A. 2012. pengaruh jenis bambu, waktu kempa dan perlakuan pendahuluan bilah bambu terhadap sifat papan bambu lamina. *Jurnal Hasil Hutan*. 30(3):199-207.