

Keteguhan lengkung statis dan rekat kayu laminasi jenis karet (*Hevea brasiliensis*) berdasarkan variasi waktu tekan

Kusno Yuli Widiati^{1*}, Andry Joel Simanjuntak¹, Sri Asih Handayani¹, Karmini¹

¹Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman

*Email: kywidiati@gmail.com

Artikel diterima : 14 Januari 2024 Revisi diterima 22 April 2024

ABSTRACT

Laminated wood is the oldest engineered product which is a technique of combining two or more pieces of wood that are glued parallel to each other's grain. The aim of the results of this research is to analyze the static bending strength (MoE and MoR) and adhesive shear of laminated wood from Rubber wood (*Hevea brasiliensis*) based on the influence of variations in compression time. This research was carried out at the Industrial Laboratory and Forest Products Testing, Faculty of Forestry, Mulawarman University. The adhesive material used is Polyvinyl Acetate (PVAc). Static bending strength test samples are made based on ASTM D 143-94 standards. Testing for water content, density and adhesive shear strength is based on German standards (DIN). The analysis used was based on a completely randomized design with variations in pressing time of 30, 90 and 120 minutes. The research results averaged a water content of 10.57%, making it suitable for testing. The highest normal density was 0.56 g/cm³ and the highest shear strength of the laminate adhesive was 5.023 kg/cm² at a compression time of 120 minutes. Meanwhile, for the highest test result, MoE was 79,003.46 kg/cm², the MoR test of 665.97 kg/cm² occurred at a press time of 90 minutes. Based on the results of the Anova analysis, it is known that the compression time treatment has no real effect, although the longer the compression time will result in higher adhesive shear strength.

Keyword: Laminate, rubber wood, adhesive, physics, mechanics

ABSTRAK

Kayu laminasi adalah suatu produk rekayasa tertua yang merupakan teknik penggabungan dua atau lebih kayu potongan yang direkatkan dengan arah sejajar serat satu sama lain. Tujuan hasil penelitian ini untuk menganalisis keteguhan lengkung statis (MoE dan MoR) dan keteguhan rekat kayu laminasi dari jenis kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) berdasarkan pengaruh variasi waktu tekan. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Industri dan Pengujian Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. Bahan perekat yang digunakan adalah Polivinil Asetat (PVAc). Sampel uji keteguhan lengkung statis dibuat berdasarkan standar ASTM D 143-94. Pengujian kadar air, kerapatan dan keteguhan geser rekat berdasarkan standar Jerman (DIN). Analisis yang digunakan berdasarkan rancangan acak lengkap dengan variasi waktu tekan 30, 90 dan 120 menit. Hasil penelitian rata-rata kadar air 10,57% sehingga layak untuk diuji. Kerapatan normal tertinggi sebesar 0,56 g/cm³ dan keteguhan geser rekat laminasi tertinggi sebesar 5,023 kg/cm² pada waktu tekan selama 120 menit. Sedangkan untuk hasil uji tertinggi, MoE 79.003.46 kg/cm², uji MoR sebesar 665,97 kg/cm² terjadi pada waktu tekan selama 90 menit. Berdasarkan hasil analisis Anova diketahui bahwa pemberian perlakuan waktu tekan tidak berpengaruh nyata meskipun semakin lama waktu tekan akan menghasilkan keteguhan geser rekat yang semakin tinggi.

Kata kunci: Laminasi, kayu karet, perekat, fisika, mekanika

PENDAHULUAN

Salah satu komoditas perkebunan penting, baik sebagai sumber pendapatan, kesempatan kerja dan devisa adalah pohon karet. Menurut Badan Pusat Statistik (2020), luas areal Perkebunan Besar Negara (PBN) seluas 165,47 ribu hektar dan pada tahun 2019 dan mengalami penurunan menjadi 132,88 ribu hektar. Perkebunan Besar Swasta (PBS) di Indonesia pada tahun 2019 tercatat 241,49 ribu hektar menurun menjadi 225,11 ribu hektar pada tahun 2020. Sedangkan luas PBN areal Kalimantan Timur 2020 tercatat 567 hektar, PBS areal

Kalimantan Timur tercatat 3.704 hektar. Perkebunan Rakyat (PR) pada tahun 2020 untuk areal Kalimantan Timur tercatat 69,507 ribu hektar.

Pohon karet selain menghasilkan getah karet, kayunya juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan industri pengolahan kayu, terutama untuk pohon-pohon yang sudah tidak produktif lagi. Menurut Woelan (2012), karakteristik fisik batang pohon karet pada umur peremajaan rata-rata dapat menghasilkan kayu (diameter +15 cm) sekitar 200 m/ha. Berdasarkan asumsi peremajaan untuk setiap tahunnya sebesar 5%, maka potensi kayu karet yang telah atau harus ditebang untuk peremajaan jika dimanfaatkan secara tepat merupakan sumber bahan

kayu yang sangat menjanjikan sebagai substitusi jenis kayu-kayu yang mulai jarang di pasaran atau kayu yang harganya mahal. Salah satu substitusi kayu solid adalah dibuat kayu lamina untuk mengatasi kurangnya dimensi kayu baik dalam lebar maupun panjang.

Perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah PVAc yang diambil dari PT Cahaya Samtraco Utama dengan jenis Techbond L 560S dan tipe D1 yang digunakan untuk interior. Sifat fisik dan kimia Techbond Law t 560 s ialah memiliki warna perekat putih, tidak mudah menguap, viskositas pada 30°C (cps) brookfield RVT 100 ± 50 (Spindle 2 speed 20 rpm) dan umur penyimpanan 6-9 bulan. Kelebihan dari perekat tersebut yaitu pengerjaan sangat cepat serta kekuatan adhesi yang tinggi, ketahanan yang baik terhadap kelembapan tinggi, ketahanan terhadap suhu serta pelarut tertentu, cocok untuk berbagai kecepatan pada produksi dan umur penyimpanan perekat yang panjang.

Untuk mengetahui kualitas kayu laminasi yang dibuat dari kayu karet ini sampel diuji keteguhan lengkung statis dan keteguhan rekatnya. Hasil dari

pengujian dapat dilihat apakah produk tersebut dapat memenuhi standar pemakaian tertentu atau tidak.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Industri dan Pengujian Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman.

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan sampel kayu lamina adalah: kaliper, *circular saw* digunakan untuk memotong kayu (membuat sampel), mesin serut (*planer*), mesin kempa (*press*), oven, desikator, timbangan digital, UTM (*Universal Testing Machine*), alat pelabur perekat (*kape*), alat tulis dan computer.

Bahan yang digunakan adalah kayu karet (*Hevea brasiliensis*) yang sudah tidak produktif yang berasal dari perkebunan masyarakat di Lempake Kec. Samarinda Utara, perekat *Polivinil Asetat* (PVAc) bantuan dari PT Cahaya Samtraco Utama yang merupakan penggabungan lem putih dengan hardener bermerek *Techbond law t560s*.

Tabel 1. Karakteristik Perekat *Techbond Law t 560 s*

Komposisi Perekat	Techbond l560s
Rasio pencampuran	100 : 15
Kadar air (%)	<12
Masa <i>pot life</i> (pada suhu 30°C)	65 menit
Pelaburan perekat (g/m ²)	250 – 300
Waktu buka untuk 150 g/m ²)	3 menit
Suhu sekitar (°C)	30°C

Prosedur Penelitian

Kayu yang masih berbentuk bulat dibelah menjadi balok besar, kemudian dikeringkan pada kering udara selama 2 minggu. Setelah pengeringan udara, balok besar dipotong menjadi sampel kontrol dengan ukuran 5 cm × 5 cm × 85 cm dan sampel laminasi dengan ukuran 2,5 cm × 2,5 cm × 85 cm. Potongan kayu dibedakan antara bidang rekat radial dan bidang tengensial untuk mempermudah pengerjaan selanjutnya.

Pembuatan sampel uji dibuat berdasarkan ASTM D 143-94 untuk keteguhan lengkung statis dan DIN 52182- 77 untuk kadar air, DIN 52182- 76 untuk kerapatan, DIN 52182-79 untuk keteguhan rekat kayu. Pada setiap sampel kayu bidang rekat yang digunakan adalah bidang radial. Dari bahan yang sudah diketam permukaannya dibuat balok berukuran 5 cm × 5 cm × 85 cm. Perekat dilaburkan pada permukaan dua sisi bidang geser dengan berat

labur 0,03 g/cm², kemudian diberikan tekanan masing-masing 10 bar. Sedangkan waktu tekan yang diberikan masing-masing 30 menit, 90 menit, dan 120 menit. Setelah direkat sampel dipotong menjadi 5 cm × 5 cm × 76 cm untuk uji MoR dan MoE, 2 cm × 2 cm × 2 cm untuk uji kadar air dan kerapatan dan 5 cm × 5 cm × 5 cm untuk kekuatan geser dan kerusakan kayu.

Analisis statistik penelitian ini menggunakan pola percobaan rancangan acak lengkap dengan 10 kali ulangan pada setiap pengujian yang diteliti. Penggunaan percobaan tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari faktor waktu tekan sebagai berikut:

P1 = Kayu kontrol (merupakan kayu solid dengan waktu tekan 0 menit)

P2 = Waktu tekan 30 menit

P3 = Waktu tekan 90 menit

P4 = Waktu tekan 120 menit

Model umum matematika yang dipergunakan adalah (Nugroho, 2008):

e_{ij} = Kesalahan pengujian

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Keterangan:

Y = Nilai faktor pengamatan

μ = Rataan umum

T_i = Pengaruh waktu tekan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat fisika kayu laminasi meliputi kadar air dan kerapatan kayu kontrol dan kayu laminasi karet (*Hevea brasiliensis*).

Pengujian untuk mengetahui nilai rata-ran kadar air kayu laminasi, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai rata-ran kadar air dan kerapatan kayu laminasi

Perlakuan	Kadar air (%)	KV (%)	Kerapatan (g/cm ³)	KV (%)
P1	10,99	5,35	0,537	8,594
P2	10,89	11,11	0,534	3,596
P3	10,31	5,86	0,542	8,355
P4	10,50	3,65	0,556	8,364

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air bernilai $\leq 12\%$, menandakan sampel kayu lamina sudah memenuhi syarat pengujian berdasarkan standar DIN. Nilai tertinggi kerapatan terdapat pada waktu tekan 120 menit dan terendah pada perlakuan waktu tekan 30 menit, lebih rendah jika dibandingkan dengan kerapatan kayu solid sebagai kontrol. Hal ini diduga waktu tekan selama 30 menit belum cukup maksimal untuk membuat perekat menembus lapisan kayu sedangkan pada waktu tekan 120 menit penjangkaran perekat sudah lebih dalam sehingga massa perekat telah terserap lebih banyak ke dalam kayu.

Kerapatan normal pada kayu kontrol dan kayu lamina dengan nilai rata-rata 0,5 gr/cm³ sesuai

dengan SNI 03-3527-1994 dan Vademecum Kehutanan Indonesia 2020, termasuk ke dalam kelas kuat III. Dilihat dari nilai yang tercantum pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa semakin lama waktu tekan nilai kerapatan semakin tinggi. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Santoso dkk. (2010), semakin lama waktu tekan maka akan menghasilkan kerapatan yang semakin baik dikarenakan waktu tekan yang lama mendukung proses perekatan yang sempurna. Menurut Malik dan Santoso (2005), nilai kerapatan juga dipengaruhi oleh adanya lapisan perekat dan terjadinya pemadatan bahan kayu laminasi akibat proses pengempaan.

Tabel 2 Analisis keragaman (ANOVA) kerapatan normal kayu laminasi karet

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rataan (KR)	F _{Hitung}	F _{Tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	3	0,003	0,001	1 ^{ns}	2,866	4,377
Galat	36	0,048	0,001	-	-	-
Total	39	0,051	0,001	-	-	-

Keterangan: ns = non signifikan

Meskipun nilai dari kerapatan terdapat sedikit perbedaan, perlakuan waktu tekan selama 30 menit, 90 menit dan 120 menit tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan.

Keteguhan Lengkung Statis (MoE dan MoR) Kayu Laminasi

Pengujian keteguhan lengkung statis dilakukan dalam 2 bentuk pengujian yaitu modulus elastisitas (MoE) dan keteguhan patah (MoR). Hasil nilai rata-rata keteguhan lengkung statis kayu kontrol dan kayu laminasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata *Modulus of Elasticity* (MoE) dan *Modulus of Rupture* (MoR) kayu kontrol dan laminasi

Perlakuan	Ulangan	Nilai MoE		Nilai MoR	
		Rataan (kg/cm ²)	KV (%)	Rataan (kg/cm ²)	KV (%)
P1	10	67.428,2	10,2	474,7	3,8
P2	10	68.643,9	5,7	496,4	3,7
P3	10	79.003,4	14,9	665,9	8,9
P4	10	61.369,2	15,1	458,5	9,2

Hasil menunjukkan nilai tertinggi terdapat pada rata-rata perlakuan P3 dengan nilai 79.003,4 kg/cm² sedangkan terendah terdapat pada rata-rata perlakuan P4 dengan nilai 61.369,2 kg/cm². Berdasarkan JAS 234-2007 nilai MOE minimal 75.000 kg/cm² maka kayu laminasi karet yang memenuhi standar adalah dengan waktu tekan selama 90 menit. Sedangkan untuk nilai tertinggi MoR juga terdapat pada rata-rata perlakuan P3 dengan nilai 665,9 kg/cm², sedangkan terendah terdapat

pada rata-rata perlakuan P4 dengan nilai 458,5 kg/cm². Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan memenuhi standar JAS 234-2003 minimal 300 kg/cm². Selain itu hasil ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang sejenis (Wulandari, dkk, 2022) yaitu kayu laminasi kombinasi kayu bayur dan sengon dengan perekat PVAc merk Rajawali dengan hasil MoE 23031,922 kgf/cm²; MoR 357,208 kgf/cm².

Tabel 4. Analisis keragaman (ANOVA) *Modulus of Elasticity* (MoE) kayu kontrol dan kayu laminasi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rataan (KR)	F _{Hitung}	F _{Tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	3	16084501,471	5361500,490	0,011 ^{ns}	2,866	4,377
Galat	36	17339665688,343	481657380,232	-	-	-
Total	39	17355750189,814	445019235,636	-	-	-

Tabel 5. Analisis keragaman (ANOVA) *Modulus of Rupture* (MoR)

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rataan (KR)	F _{Hitung}	F _{Tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	3	276991,759	92330,586	0,033 ^{ns}	2,866	4,377
Galat	36	101200696,000	2811130,444	-	-	-
Total	39	101477687,759	2601991,994	-	-	-

Berdasarkan hasil analisis ANOVA, perlakuan waktu tekan tidak berpengaruh terhadap MoE dan MoR. Pada perlakuan waktu tekan 30 menit, perekat tidak dapat mengalir ke dalam pori-pori secara maksimal. waktu tekan 90 menit merupakan hasil paling baik yang didapat dari penelitian ini. Hal ini menunjukkan pengaruh sifat fisik bahan yang direkat terhadap waktu tekan yang diberikan bahwa kemampuan kayu karet masih mampu menjaga

bentuk fisiknya. Waktu tekan 120 menit dengan besar tekanan 10 bar didapat hasil kekuatan kayu terendah diduga karena dengan waktu tekan yang terlalu lama untuk proses perataan perekat membuat kayu justru menjadi lebih rapuh dengan adanya kerusakan berlebih pada struktur kayu bagian dalam. Ruhendi dkk. (2007) mengutarakan secara teori adhesi mekanikal bahwa perekatan yang baik, hanya terjadi ketika perekat masuk ke dalam lumen,

lubang atau celah dan ketidakteraturan lainnya dari permukaan substrat perekat dan terkunci secara mekanik pada substrat. Perekat tidak hanya harus membasahi substrat tapi juga mempunyai rheologi yang tepat agar dapat masuk ke dalam rongga pada waktu yang cukup singkat.

Keteguhan Rekat Kayu Laminasi

Keteguhan rekat merupakan tolok ukur yang utama dalam menganalisis kualitas perekatan. Keteguhan rekat merupakan nilai kekuatan yang mampu dicapai atau dipertahankan oleh kayu yang direkat (Fauziyah, 2011). Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan nilai rata-rata keteguhan rekat dan kerusakan kayu kontrol dan kayu laminasi yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata-rata keteguhan rekat kayu dan kerusakan kayu pada kayu laminasi karet

Perlakuan	Rataan Keteguhan Rekat (kg/cm ²)	KV (%)	Rataan Kerusakan Kayu (%)	KV (%)
P1	15,27	14,8	Nilainya	Nilainya
P2	4,27	15,8	66,56	17,5
P3	4,58	13,6	64,81	14,5
P4	5,02	14,3	69,81	19,8

Berdasarkan standar ASTM D 1759-64 nilai keteguhan rekat dinyatakan baik apabila diperoleh angka di atas 3,52 kg/cm² (Burhanudin dan Ulfah, 2016). Namun jika dibandingkan dengan standar Eropa, BS EN 14080-2013 (dalam Ismail, 2023) yang mensyaratkan nilai keteguhan rekat minimal 50,98 kg/cm² maka semua tipe balok laminasi tersebut tidak memenuhi standar. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas rekat adalah peralatan atau mesin kempa yang digunakan. Dengan peralatan mesin kempa yang sudah tua dan kestabilan yang berkurang saat proses pengempaan, hal ini akan mempengaruhi penyebaran dan penetrasi perekat yang optimal sehingga berakibat ikatan kohesi khususnya ikatan adhesi dalam perekatan menjadi tidak maksimal.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa terlihat ada kecenderungan semakin lama waktu tekan akan semakin besar nilai keteguhan rekatnya pada proses perekatan. Hal ini diakibatkan karena dengan waktu tekan yang lebih lama menyebabkan penyebaran perekat kedalam alur pori kayu semakin banyak sehingga keteguhan rekatnya semakin baik seperti yang diungkapkan oleh Budiyanto dkk. (2016).

Berdasarkan perbedaan nilai keteguhan rekat terhadap perlakuan diduga terletak pada daerah permukaan kayu dengan perekat. Banyak faktor dalam kayu yang mempengaruhi kekuatan rekat seperti struktur dan sifat anatomi, kimia, serta kandungan zat ekstraktif. Selain itu penetrasi perekat atau penjangkaran perekat ke dalam kayu juga turut serta mempengaruhi kekuatan rekat kayu. Semakin dalam perekat mengalir dan berikatan dengan struktur kayu maka ikatan adhesi yang terjalin semakin baik. Kayu karet banyak mengandung zat ekstraktif. Keberadaan zat ekstraktif dan endapan dalam kayu akan mengurangi higroskopisitas dan permeabilitas kayu sehingga menghambat kelancaran masuknya atau penyerapan cairan perekat. Sebagaimana yang diungkapkan oleh Ruhendi dkk. (2007), meskipun jumlahnya sedikit, ekstraktif mempunyai pengaruh yang besar dalam perekatan kayu, yaitu mempengaruhi pH, kontaminasi, dan penetrasi.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap keteguhan rekat kayu dan kerusakan kayu dilakukan analisis keragaman (ANOVA) yang dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Analisis Keragaman (ANOVA) Keteguhan Rekat Kayu

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rataan (KR)	F _{Hitung}	F _{Tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	3	2,883	0,961	2,825 ^{ns}	2,866	4,377
Galat	36	12,247	0,340	-	-	-
Total	39	15,130	0,388	-	-	-

Tabel 8. Analisis Keragaman (ANOVA) Kerusakan Kayu

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rataan (KR)	F _{Hitung}	F _{Tabel}	
					0,05	0,01
Perlakuan	3	135,122	45,041	0,432 ^{ns}	2,866	4,377
Galat	36	3751,121	104,198	-	-	-
Total	39	3886,243	99,647	-	-	-

Hasil perhitungan analisis keragaman (ANOVA) keteguhan rekat dan kerusakan kayu memberikan pengaruh tidak signifikan.

Disamping faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya, faktor jenis perekat itu sendiri merupakan faktor yang penting dalam menentukan keteguhan rekat. Hal ini dikarenakan keteguhan rekat juga dipengaruhi stuktur perekat, kadar air, berat jenis, viskositas, maupun proses perekatan yang dilakukan. Bahkan tidak setiap jenis perekat untuk kayu akan cocok dengan semua kayu. Proses metode pengaplikasian bahan perekat ke kayu antara manual dan mesin ikut menentukan hasil akhir dari produk yang diinginkan. Terutama proses secara manual yang sangat tergantung pada profesionalisme pekerja.

Faktor lain yang menentukan adalah pengukuran persentase kerusakan kayu pada kayu laminasi. Berdasarkan Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pengempaan, presentase kerusakan kayu akan cenderung semakin besar luasannya. Semakin lama waktu pengempaan menyebabkan proses penyebaran perekat ke dalam pori-pori kayu semakin baik sehingga kekuatan rekatnya semakin besar pula. Dari pengujian keteguhan rekat terlihat bahwa nilai kerusakan kayu tertinggi terdapat pada waktu tekan 120 menit dengan nilai rata-rata 69,81% dan terendah pada perlakuan P3 dengan nilai rata-rata 64,67%. Nilai kerusakan kayu dari penelitian ini dengan waktu tekan 30 menit, 90 menit dan 120 menit tidak memenuhi standar setiap perlakuan standar JAS 234:2003 yang sebesar 70% (dalam Herawati dkk., 2008). Meskipun demikian produksi laminasi dari kayu karet yang berkualitas di masa depan tetaplah menjanjikan, karena rendahnya nilai kerusakan kayu berpeluang besar dapat ditingkatkan dengan penggunaan peralatan yang baik serta profesionalisme tenaga kerja yang diperoleh dari pengalaman yang cukup lama, bukan sekedar pengalaman yang temporer. Selain itu perlunya perlakuan pendahuluan untuk meminimalisir kandungan zat ekstraktif dalam kayu juga penting.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2020). Statistik karet Indonesia. Tersedia di laman <https://www.bps.go.id/publication/2021/11/30/bc85ddce5e674dc744b69abb/statistik-karet-indonesia-2020.html>. Diakses pada tanggal 20 Desember 2021.
- Budiyanto E, Asroni, & Pramono A. (2016). Pengaruh temperatur cetakan dan lama pengempaan terhadap keteguhan rekat pada kayu lapis sebagai bahan baku pembuatan drum Shell. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(2): 122-137. DOI: <http://dx.doi.org/10.24127/trb.v5i2.504>
- Burhanuddin V & Ulfah D. (2016). Sifat fisika dan nilai keteguhan rekat kayu kecapri (*Sandoricum koetjape* Merr). *Jurnal Hutan Tropis*, 4(2): 154-153.
- Fauziyah, W. H. (2011). Karakteristik Kayu Lapis dari Jenis Kayu Berdiameter Kecil (*Small Diameter Log*) [Skripsi], Institut Pertanian Bogor.
- Herawati E, Yusram M, & Nugroho N. (2018). Karakteristik Balok Laminasi dari Kayu Mangium (*Acacia mangium* Willd.). *Jurnal Ilmu Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB, Bogor*.
- Ismail I. (2023). Pengaruh Perbedaan Kadar Air Papan dan Jumlah Lapisan Terhadap Kekuatan Geser Rekat Serta Lengkung Statis Balok Laminasi Meranti Merah (*Shorea spp*) Perekat PVAc [Skripsi]. Universitas Mulawarman.
- Kusumawardi MB, Hamzah H, & Hamzah FH. (2018). Karakteristik sifat fisika batang karet non produktif. *JOM Faperta*, 5(2): 1-11.
- Ruhendi S, Koroh DN, Syamani FA, Yanti H, Nurhaida, Saad S, & Sucipto T. (2007). Analisis Perekatan Kayu. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Santoso A, Hadi YS, & Juliati, R. (2010). Pengaruh kadar ekstender dan waktu kempa terhadap sifat fisis mekanis LBV dengan perekat phenol formaldehida. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 28(4): 380-393. DOI:

<https://doi.org/10.20886/jphh.2010.28.4.380-393>.
Vademecum Kehutanan Indonesia. (2020).
Kementerian Lingkungan Hidup dan
Kehutanan. Jakarta.
Woelan S, Siagian N, Sayurandi, & Pasaribu SA.
(2012). Potensi kayu karet hasil peremajaan di
tingkat perusahaan perkebunan. *Warta*

Perkaretan, 31(2): 75-84. DOI:
10.22302/Ppk.Wp.V31i2.269
Wulandari FT, Amin R, & Raehanayati. (2022).
Karakteristik sifat fisika dan mekanika papan
laminasi kayu sengon dan kayu bayur.
*EULER: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan
Teknologi*, 10(1): 75-87. DOI:
<https://doi.org/10.34312/euler.v10i1.13961>