

KUAT GESER KAYU LAMINASI ACACIA CRASSICARPA MENGGUNAKAN PEREKAT EPOXY

Rani Putri Handayani¹⁾, Fakhri²⁾, Alfian Kamaldi²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : rani.putrihandayani@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is a tropical country that has various types of wood. However, the supply of wood time to time is decreasing, while in construction the demand for wood is increasing. This increase has resulted in massive exploitation of the forest, so that the availability of large diameter timber from natural forests is increasingly limited. The use of wood that has a shorter cutting age (10-15 years) and has a small diameter is not efficient as a structural or construction component. The technology used is a structural form that does not come from whole wood but rather a laminated component that is made through a bonding process. This study aims to determine the shear strength of solid testing, solid coating testing, lamination testing, and coating lamination testing. The wood used in this study is acacia crassicarpa wood and the adhesive used is epoxy adhesive. The adhesive weight used was 50 MDGL (Multilayer Double Glue Line). From the test for testing the solid shear strength is 4,01 MPa, the shear strength of the laminate is 2,10 MPa, the shear strength of the solid coating is 3,37 MPa, the shear strength of the coating laminate is 2,83 MPa.

Key words: Laminate beam, acacia crassicarpa wood, shear strength, epoxy adhesi.

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang mempunyai ragam jenis kayu. Akan tetapi ketersediaan kayu dari waktu ke waktu semakin berkurang sedangkan dalam konstruksi kebutuhan akan kayu semakin meningkat. Penggunaan kayu banyak dipilih karena memiliki beberapa kelebihan seperti ringan (berat jenisnya di bawah 1 gr/cm³), mudah dikerjakan, harganya relatif murah, kekuatan cukup tinggi, serta cukup awet. Kayu dengan kualitas baik (kelas kuat I atau II) umumnya memiliki usia tebang hingga puluhan tahun (50 tahun lebih). Usia tebang kayu yang lama serta areal penanaman yang semakin menyempit menimbulkan

masalah terhadap ketersediaan dari kayu. Penggunaan kayu yang memiliki usia tebang lebih pendek (10-15 tahun) dan berdiameter kecil belum efisien sebagai komponen struktural atau konstruksi.

Oleh karena itu untuk mengatasi kelangkaan serta meminimalkan pengeluaran, maka perlu adanya suatu upaya teknologi pengolahan kayu yang mampu mengatasi permasalahan tersebut. Teknologi yang digunakan merupakan bentuk struktur yang bukan berasal dari kayu utuh melainkan komponen laminasi yang dibuat melalui proses perekatan.

Penyusunan kayu dengan benar setiap lapisnya dalam pembuatan balok

laminasasi dapat meningkatkan kekuatan kayu. Selain dari jenis dan variasi dari kayu, perekat yang digunakan juga akan memberi pengaruh terhadap kekuatan dari kayu laminasi. Jenis perekat yang akan digunakan adalah perekat *epoxy* yang terdiri dari campuran resin dan hardener. Dalam penggunaan perekat *epoxy* ini diharapkan dapat mencegah terjadinya penggelinciran atau pemisahan antara kayu yang akan di laminasi sehingga dapat menjadi balok laminasi yang monolit dan mampu bereaksi terhadap beban dengan baik. Perekat *epoxy* memiliki kelebihan diantara perekat yang lain yaitu seperti memiliki daya rekat yang tinggi, kepadatan yang baik, penyusutan rendah, tahan terhadap kelembapan dan pelarut, serta mudah dimodifikasi. Selain itu *epoxy* juga memiliki kekurangan seperti mahal, garis perekat getas, menumpulkan peralatan dan sulit untuk dibersihkan (Skiest I, 1962).

Pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan geser untuk kayu *acacia crasscarpa* dengan variasi kayu yang menggunakan pelindung dengan kayu yang tidak menggunakan pelindung dengan jumlah perekat dan tekanan yang sama.

B. TIJAUAN PUSTAKA

B.1 Kayu

Kayu merupakan salah satu dari bahan bangunan yang sudah lama dikenal dalam masyarakat dan bahan yang sangat sering di gunakan, termasuk sebagai bahan konstruksi bangunan, yang berfungsi sebagai struktur dan non struktur bangunan. Jika dibandingkan dengan bahan struktur bangunan yang lain, kayu memiliki beberapa kelebihan yaitu sebagai berikut.

1. Memiliki Berat Jenis (BJ) yang ringan, sehingga berat sendiri struktur menjadi lebih ringan

2. Mudah didapat
3. Kayu mudah dikerjakan dengan menggunakan alat yang sederhana
4. Kayu memiliki nilai estetika yang tinggi
5. Kayu dapat dibudidayakan
6. Kayu lebih aman terhadap bahaya gempa
7. kayu dapat terurai secara sempurna sehingga tidak menghasilkan limbah pada konstruksi kayu

Kayu adalah bahan yang kita dapatkan dari tumbuh-tumbuhan di alam, termasuk vegetasi hutan. Tumbuhan yang dimaksudkan disini ialah pohon-pohon (Moeljono,1974). Kayu merupakan hasil hutan dari sumber kekayaan alam, merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai kemajuan teknologi, atau pengertian lainnya suatu bahan yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan, yang merupakan bagian dari pohon tersebut, setelah diperhitungkan bagian mana yang lebih banyak dapat dimanfaatkan untuk sesuatu sesuai tujuan penggunaannya (Dumanauw, 1990). Kayu juga didefinisikan sebagai satu bahan konstruksi yang didapat dari tumbuhan dengan atau tanpa pengolahan lebih lanjut pun kayu dapat langsung digunakan. Salah satu kegunaan kayu adalah sebagai bahan bangun misalnya untuk kuda-kuda, kusen, balok dan sebagainya (Frick, 1982).

Tingkat kekuatan kayu didasarkan pada kuat lentur dan kuat desak. Selain itu tingkat kekuatan kayu juga didasarkan pada berat jenisnya, karena kekuatan kayu sebanding dengan berat jenis pada kayu. Kekuatan dan berat jenis kayu untuk kelas kuat kayu dalam keadaan kering udara yaitu pada kadar air 12 sampai 18% atau rata-rata 15%. Kelas kuat kayu berdasarkan

kekuatannya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Tingkat Kekuatan Kayu

Klasifikasi	Kelas Kuat				
	I	II	III	IV	V
Kuat Lentur (kg/cm ²)	1100	725	500	360	< 360
Kuat Desak (kg/cm ²)	750	425	300	215	< 215
Berat Jenis	0,9	0,6	0,4	0,3	<0,3

Sumber: (PKKI, 1961)

B.2 Kayu Laminasi

Kayu laminasi merupakan kayu yang terbuat dari satu atau lebih kayu diberikan perekat secara bersama-sama pada arah serat yang sama. Kayu laminasi memiliki ketebalan maksimum yang diizinkan sebesar 50 mm (Moody, 1999) dalam (Rio Juandri Pasaribu, 2011). Pembuatan kayu laminasi berasal dari pengolahan batang yang dimulai dari proses pemotongan, perekatan dan pengempaan sampai diperoleh bentuk laminasi dengan ketebalan yang diinginkan (Pramudito, 2013).

Kayu laminasi atau *gluelam* merupakan kayu yang direkat dengan menggunakan lem tertentu dengan arah serat paralel (Natalia, 2018). Kayu laminasi berasal dari potongan-potongan kayu yang kecil yang kemudian dibuat menjadi suatu produk baru yang menghasilkan kayu dengan penampang yang lebih lebar dan lebih tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi. kayu laminasi yang dibuat dengan benar, akan menunjukkan keseimbangan antara kualitas kayu dan ikatan perekat dalam kinerja dalam penggunaan struktural (Susanto, 2013).

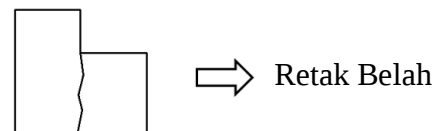
Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas kayu laminasi, antara lain adalah bahan baku, yaitu seperti kerapatan dan berat jenis dari kayu. Selain itu, perekat yang digunakan harus sesuai dengan tujuan penggunaan dari kayu laminasi tersebut. Sebelum

penggunaannya kayu laminasi perlu dilakukan pengujian terlebih sesuai dengan standar, terutama jika penggunaan pada struktural.

B.2 Kuat Geser Kayu

Kuat geser merupakan kemampuan dari kayu untuk menahan gaya-gaya yang membuat bagian kayu tersebut bergeser. Kuat geser terbagi menjadi tiga macam yaitu kuat geser sejajar arah serat, kuat geser tegak lurus arah serat, dan kuat geser miring.

Beban yang diberikan memiliki batas tertentu, apabila pemberian beban telah melewati batas dari kekuatannya, maka benda akan mengalami perubahan bentuk. Jika kemudian pembebanan diteruskan, maka benda akan mengalami kerusakan dan lama-kelamaan akan menjadi patah (Malau, 2018). Pengujian kuat geser hanya mengalami satu jenis keretakan yaitu keretakan belah berdasarkan SNI 03-3400-1995 seperti Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Bentuk Keretakan Benda Uji Kuat Geser

Kuat geser kayu sejajar serat dari benda uji dihitung dengan rumus berikut.

$$f_s = P/bxh \quad (1)$$

dimana:

- f_s = kuat geser (N/mm²)
- p = beban maksimum (N)
- b = lebar (mm)
- h = tinggi (mm)

B.3 Perekatan Kayu

Proses atau tahap perekatan pada kayu terdiri dari jumlah perekat terlabur, suhu pengempaan, waktu

pengempaan, dan besarnya tekanan pengempaan. Menurut Kollman et al. (1975), semakin banyak perekat yang digunakan maka kekuatan dari kayu laminasi juga semakin tinggi, namun pemakaian perekat yang berlebihan tidak dianjurkan dengan pertimbangan faktor ekonomi. Besarnya tekanan yang diberikan yaitu sebesar 0,7 MPa untuk kayu lunak dan 1 MPa untuk kayu keras. Menurut Blass (1995), besar tekanan yang umum diberikan yaitu antara 0,4-1,2 N/mm².

Glue spread adalah jumlah perekat yang dilaburkan dalam per satuan luas pada permukaan bidang yang direkatkan. Satuan luas yang digunakan satuan Inggris yaitu kaki persegi (1000 *square feet*) dinyatakan dalam satuan *pound* (lbs). Jika salah satu bidang dilaburkan perekat maka disebut dengan MSGL (*Multilayer Single Glue Line*). Sedangkan jika kedua bidang dilaburkan perekat maka disebut dengan MDGL (*Multilayer Double Glue Line*). Di laboraorium, satuan perekat yang digunakan dikonversi menjadi bentuk yang lebih sederhana yaitu GPU (*gram pick up*) dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{GPU} = \frac{S.A}{2048,2} \quad (2)$$

dengan:

GPU = *gram pick up* (gram)

S = perekat yang dilaburkan (gram)

A = Luas bidang yang direkatkan (cm²)

B.4 Epoxy

Epoxy merupakan lem yang diformulasikan khusus untuk perekatan bahan kayu, batu dan logam yang terdiri dari 2 komponen yaitu resin berwarna bening dan hardener berwarna kuning kecoklatan. Setelah resin dan hardener bercampur, lem ini akan mengering

setelah 3-4 jam selanjutnya mengeras setelah 24 jam dalam kondisi kering, basah, maupun terendam air.

C. METODELOGI PENELITIAN

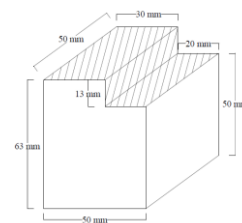
C.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri alat untuk membuat benda uji dan alat untuk melakukan pengujian serta alat pendukung lainnya. Bahan penelitian yang digunakan adalah kayu akasia crassicarpa, perekat epoxy dan woven roving.

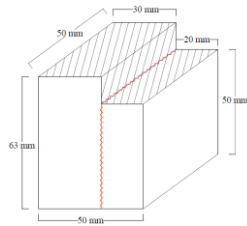
C.2 Benda Uji

Ukuran benda uji yang digunakan pada pengujian kuat geser adalah 50x50x63mm seperti yang terlihat pada Gambar2-5 berikut. Jumlah dan variasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

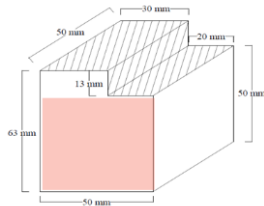
Tabel 2 Jumlah Benda Uji		
Nama Pengujian	Kode Sampel	Jumlah benda uji
Solid	SG	3
Laminasi	LG	3
Solid Coating	SCG	3
Laminasi Coating	LCG	3



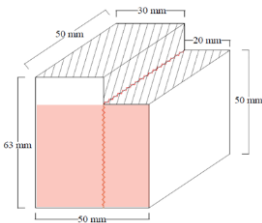
Gambar 2 Benda Uji Solid Pengujian Kuat Geser



Gambar 3 Benda Uji Laminasi
Pengujian Kuat Geser



Gambar 4 Benda Uji Solid Coating
Pengujian Kuat Geser



Gambar 5 Benda Uji Laminasi Coating
Pengujian Kuat Geser

C.3 Persiapan Benda Uji

Persiapan benda uji yang dilakukan adalah sebagai berikut.

C.3.1 Persiapan bahan

Kayu akasia yang digunakan untuk benda uji terlebih dahulu dilakukan pengetaman dan kayu dibelah sesuai kebutuhan standar ukuran yang digunakan. Benda uji disiapkan adalah benda uji solid atau benda uji yang tidak melalui proses laminasi. Kayu akasia dipotong dari balok utuh tanpa cacat pada kondisi kering udara (SSD). Sebelum dilakukan penelitian kadar air benda uji telah di ukur terlebih dahulu yaitu dengan menggunakan alat moisture meter dengan nilai kadar air 13,3%, dapat dilihat pada gambar berikut. Sedangkan untuk uji laminasi geser kayu akasia dipersiapkan kayu

yang sudah dipotong 2 bagian menjadi berukuran 2,5x5x35 cm. Kayu yang telah di belah dipotong menggunakan gergaji tangan listrik dan serta mengukur benda uji yang telah dipotong menjaga ketelitian ukuran benda uji. Persiapan benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6-8 berikut.



Gambar 6 Pengujian Kadar Air dengan
Moisture Meter



Gambar 7 Pengukuran Benda Uji



Gambar 8 Pemotongan Benda uji

C.3.2 Perekatan Benda uji

Benda uji yang sudah dipersiapkan untuk benda uji laminasi kemudian direkatkan menggunakan perekat dapat dilihat pada Gambar 9-10 berikut. Sebelum dilaburkan, perekat terlebih dahulu ditimbang berat laburnya sesuai dengan ukuran yang diinginkan.



Gambar 9 Menimbang Bahan Perekat



Gambar 10 Perekatan Benda Uji

C.3.2 Pengempaan

Setelah dilakukan proses perekatan, maka kayu dikempa dengan menggunakan klem kayu yang terlihat pada Gambar 12 berikut. Pengempaan dilakukan selama ± 24 jam pada suhu ruangan terlihat pada Gambar 11 berikut. Setelah pengempaan selesai, kayu laminasi dikondisikan selama ± 1 hari dengan kondisi suhu ruangan. Setelah itu dilakukan pengujian.



Gambar 11 pengempaan Benda Uji

C.3.4 Coating

Kayu dilapisi dengan *woven roving* untuk benda uji pengujian kuat geser dengan tambahan *coating* dapat dilihat pada Gambar 12 berikut. *Woven roving* yang digunakan di potong sesuai

dengan ukuran yang permukaan yang akan diberikan *coating*.



Gambar 12 Woven Roving

Setelah kayu dan *woven roving* dipersiapkan kemudian selanjutnya yang dilakukan yaitu pelaburan perekat. Perekat yang digunakan adalah perekat *epoxy*. Sebelum dilaburkan, perekat terlebih dahulu ditimbang berat laburnya sesuai dengan ukuran yang ditentukan. Setelah didapat nilai berat labur yang sesuai, perekat dilaburkan pada masing-masing sisi kemudian *woven roving* direkatkan dapat dilihat pada Gambar 13 berikut.



Gambar 13 Benda Uji dengan Tambahan *Coating*

Benda uji yang telah selesai sesuai dengan standar ukuran masing-masing benda uji, dilakukan penamaan atau label agar mempermudah dalam proses pengujian dan benda uji pun tidak tertukar dengan benda uji yang sama.

D. Hasil dan pembahasan

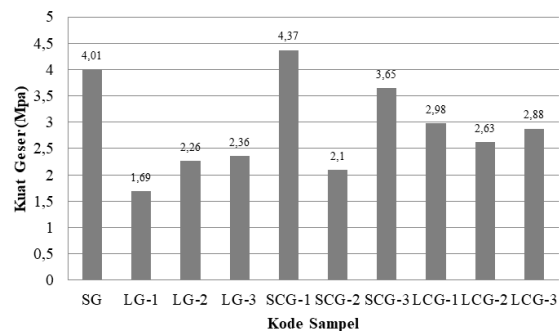
Jika balok dengan beban tegak lurus sumbu memanjangnya kemudian balok ditumpu pada kedua ujungnya, maka balok tersebut akan mengalami tegangan dan akan mengalami perubahan bentuk. Tegangan yang terjadi yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal ini biasanya disebut tegangan lentur (tarik atau tekan).

Nilai kekuatan rekat merupakan tolak ukur yang utama dalam menganalisa kualitas perekatan. Kekuatan rekat merupakan nilai yang mampu dicapai oleh kayu yang direkat. Kekuatan rekat diketahui dengan melakukan uji geser pada balok laminasi yang direkat.

Pengujian kuat geser yang dilakukan adalah pengujian kuat geser solid, kuat geser laminasi, kuat geser solid *coating* dan kuat geser laminasi *coating*. Hasil pengujian kuat geser dapat dilihat pada Tabel 2 berikut dan grafik pengujian dapat dilihat pada Gambar 14 berikut.

Tabel 1 Hasil pengujian kuat Geser

Kode Sampel	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Geser Ultimit (MPa)	Rata-rata
SG3	2598,44	10421,9	4,01	4,01
LG1	2587,92	4384,6	1,69	2,10
LG2	2479,55	5602,9	2,26	
LG3	2557,8	6026,8	2,36	
SCG1	2580,48	11275,2	4,37	3,37
SCG2	2533,56	5317,9	2,1	
SCG3	2614,5	9539,4	3,65	
LCG1	2653,6	7914,7	2,98	2,83
LCG2	2614,5	6880,5	2,63	
LCG3	2559,36	7359,2	2,88	



Gambar 14 Grafik Hasil Pengujian Kuat Geser

Dari hasil pengujian yang dilakukan rata-rata kuat geser yang diperoleh hasil pengujian geser untuk kayu solid (SG) yaitu 4,01 MPa, kayu solid dengan tambahan *coating* (LCG) yaitu 3,37 MPa, kayu laminasi (LG) yaitu 2,10 MPa dan kayu laminasi dengan tambahan *coating* (LCG) yaitu 2,83 MPa.

Pengujian kayu akasia untuk pengujian laminasi lebih rendah dibandingkan dengan pengujian kayu akasia utuh. Hal ini dikarenakan kayu akasia sulit untuk dilakukan perekatan. Penambahan *coating* pada kayu bertujuan untuk melindungi kayu dari cuaca serta dapat menambah kekuatan dari kayu tersebut. Kekuatan kayu pada pengujian kayu laminasi mengalami peningkatan setelah dilakukan penambahan *coating* pada kayu tersebut.

Pengujian geser laminasi (LG) lebih tinggi dari pengujian laminasi dengan tambahan *coating* (LCG). Dapat disimpulkan dengan penambahan *coating* bermanfaat bagi laminasi kayu. Sehingga kayu berdimensi kecil dapat digunakan dengan menggunakan metode laminasi dan dengan tambahan *coating* kayu dapat menambah kekuatan dari kayu tersebut.

Hal tersebut disebabkan karena penambahan penggunaan *coating* pada kayu. Rerawati (2008) menyatakan bahwa nilai hasil pengujian tidak

dipengaruhi oleh ukuran lamina tetapi dipengaruhi oleh kondisi lamina terutama adanya cacat mata kayu atau serat miring. Cacat lain yang terdapat pada kayu adalah cacat yang diakibatkan karena proses pengeringan yakni perbedaan penyusutan antara arah radial dan tangensial serta pengaruh internal stress akibat perbedaan distribusi kadar air dalam kayu. Cacat yang terdapat pada kayu yaitu membusur (*bowing*), melengkung (*crooking*) dan mencawan (*cupping*). Meskipun cacat-cacat ini tidak mempengaruhi hasil namun perlu dihindari karena akan menyulitkan dalam proses pengempaan dan dapat menimbulkan celah antar lamina saat dilakukan pengkleman. Selain itu hal ini disebabkan oleh adanya faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan rekat antara lain kadar zat ekstraktif kayu, keadaan permukaan yang direkat, kadar air kayu, tekanan dan waktu kempa dan teknik perekatan. Besarnya tekanan yang digunakan dalam pengkleman tidak diukur dalam penelitian ini.

E. MODEL KERUSAKAN

Menurut Rerawati (2008) nilai kekuatan geser tidak hanya dipengaruhi oleh ukuran dari lamina, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lamina yaitu seperti terdapatnya cacat pada kayu. Cacat yang dapat mengurangi kekuatan kayu antara lain yaitu mata kayu, sudut miring, retak atau pecah. Dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat rata-rata kerusakan yang terjadi yaitu pada perekatan kayu untuk pengujian laminasi. Daya rekat yang dihasilkan dari benda uji sangat rendah dikarenakan untuk perekatan kayu akasia sedikit sulit hal ini dikarenakan perekatan kayu akasia memang sulit dilakukan perekatan antara kedua bidang rekat yang dilakukan. Pada pengujian yang dilakukan kerusakan

kayu umumnya terjadi pada bidang kayu yang di rekatkan. Bentuk kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15 Model Kerusakan Pengujian Kuat Geser

F. KESIMPULAN DAN SARAN

F.1 Kesimpulan

Dari pengujian kuat geser yang dilakukan maka diperoleh hasil sebagai berikut yaitu.

1. Hasil untuk pengujian kuat geser kayu *acacia crassicarpa* pengujian solid adalah 4,01 MPa.
2. Hasil untuk pengujian kuat geser kayu *acacia crassicarpa* pengujian solid dengan tambahan *coating* adalah 3,37 MPa.
3. Hasil untuk pengujian kuat geser kayu *acacia crassicarpa* pengujian laminasi adalah 2,10 MPa.
4. Hasil untuk pengujian kuat geser kayu *acacia crassicarpa* pengujian laminasi dengan tambahan *coating* 2,83 MPa.
- 5.

F.2 Saran

Penelitian yang disusun penulis masih memiliki kekurangan dan keterbatasan yang disebabkan keterbatasan peralatan, dana dan waktu. Saran penulis untuk penelitian lebih lanjut adalah.

1. Adanya penelitian yang lebih lanjut dengan sampel yang lebih banyak dengan jumlah perekat yang berbeda.
2. Adanya penelitian untuk mencoba

jenis-jenis kayu lainnya dengan tipe penyusun lamina yang lebih beragam.

3. Adanya penelitian lanjutan mengenai penggunaan coating lebih dari 1 lapis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsad, E. (2011). Sifat Fisik Kayu Lapis Berbahan Baku Kayu Akasia (*Acacia Mangium Willd*) Dan Kelampayan (*Anthocephalu spp*). Jurnal Riset Industri Hasil Hutan, 3(2), 1–6.
- Hidayat Arifal. (2012). Uji Kuat Geser Menggunakan Bahan Filler Pada Laminasi Kayu Akasia.
- Jihannanda P. 2013. *Studi Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon Dengan Kayu Kelapa di Daerah Gunung Pati Semarang*. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Malau, N. K. (2018). Uji Fisik dan Mekanik Laminasi Kayu Akasia (*Acacia Mangium*) Menggunakan Perakat Epoxy. 5.
- Nuryawan Arif. (2008). Sifat Fisis Dan Mekanis Oriented Strands Board (OSB) dari Akasia, Ekaliptus dan Gmelina Berdiameter Kecil : Pengaruh Jenis Kayu dan Macam Aplikasi Perakat. 1(2), 60–66.
- Padmi Ni Wayan, Putra Dharma, Sugita I Nyoman. 2007. *Tegangan Geser Ultimit Epoxy Resin Pada Sambungan Balok Kayu Yang Dibebani Gaya Tekan Sejajar Serat*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Udayana. Denpasar.
- Pasaribu, Rio Juandri. Sifat Fisis Mekanis Balok Laminasi Dario Kayu Eucalyptus Grandis. Universitas Sumatera Utara.
- Permana, M. S. (2017). Analisa Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Laminasi Dari Kombinasi Bambu Apus Dan Kayu Meranti Sebagai Material Alternatif Pembuatan Komponen Kapal Kayu. 5(2), 421–430.
- Permata, R. J. (2011). Karakteristik Balok Laminasi dari Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria (L.) Nielson*), Manii (*Maesopsis Eminii Willd*), Dan Akasia (*Acacia Mangium Engl*).
- Prasetyo Nugroho d. (2017). Analisa Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Pada Balok Laminasi Kayu Meranti Merah dan Bambu Petung Untuk Komponen Kapal Kayu. Jurnal Teknik Perkapalan, 5(1), 291–299.
- Ramadhan, R. A. (2013). Pengujian Sifat Mekanis Kayu Akasia (*Acacia Mangium Willd*) Dari Tiga Umur Berbeda Pada Ukuran Pemakaian dan Contoh Uji Kecil Bebas Cacat.
- PKKI (1961). Tata Cara Perencanaan konstruksi Kayu Indonesia. Badan Standarisasi Nasional.
- Sari, R. P. (2010). Nilai Kekuatan Mekanis Material Fiberglass.
- Skies I. 1962. *Handbook of Adhesives*. New York: Reinhold Publishing Corporation.
- SNI 03-3400-1994. (1994). Metode pengujian kuat geser kayu di laboratorium. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6850-2002. (2002). Metode Pengujian Pengukuran Kadar Air, Kayu dan Bahan Berkayu. Badan Standarisasi Nasional.
- Sulistyawati, Indah. (2008). Kekakuan dan Kekuatan Lentur Maksimum Balok Glulam dan Utuh Kayu Akasia Indah. 15(3), 113–122.