

## PENGARUH BERAT LABUR DAN JENIS KAYU TERHADAP SIFAT FISIKA DAN MEKANIKA PAPAN LAMINASI

(*The Effect of Glue Spread and Wood Species on Physical and Mechanical Properties of Laminate Boards*)

Febriana Tri Wulandari<sup>1</sup>, Radjali Amin<sup>2</sup>, & I Gde Adi Suryawan Wangiyana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram  
Jl. Pendidikan 37 Mataram, Telp. (0370) 7505654

<sup>2</sup>Pasca Sarjana Institut Teknologi Yogyakarta  
Jl. Janti Km 4 Gedongkuning, Banguntapan, Daerah Istimewa Yogyakarta 55198

<sup>3</sup>Program Studi Kehutanan Universitas Pendidikan Mandalika  
Jl. Pemuda No. 59A Dasan Agung Baru, Mataram, NTB  
E-mail: gdeadiswangiyana@undikma.ac.id

Diterima 20 Februari 2022, direvisi 5 Juli 2022, disetujui 13 Juli 2022

### ABSTRACT

The world's demand for wood is increasing while the amount of solid wood production is decreasing with the depletion of forests due to illegal logging and conversion of forest functions as plantation land. To overcome these problems, it is necessary to do the efficiency of wood raw materials so that the use of solid wood can be reduced. One of the efficient ways to use wood raw materials is to utilize optimized wood industrial waste by combining one or more types of wood which are glued together into a single unit, commonly called a laminated board. In this study, we will look at the effect of different types of wood and the weight of the glue spread on the resulting laminated board. Advantages Laminate board can produce a board size that is wide and long as needed because the joints are made as long as needed. In the manufacture laminated boards are made with the type of wood, namely jati putih (*Gmelina arborea*. Roxb), bajur (*Pterospermum javanicum*), sengon (*Paraserianthes falcataria*) and mixtures (jati putih, bajur and sengon) and the glue spread factor is 150 g and 200 g. Then the physical and mechanical properties were tested. The test results showed that the wood type had a significant effect on all physical and mechanical properties except for the thickness shrinkage and MoE tests. The interaction of the lamination glue spread factor and the wood type factor did not significantly affect all physical and mechanical properties of mixed wood waste laminated boards. Based on the test results, laminated board is classified as strong class III which can be used as a lightweight construction material indoors.

**Keywords:** Laminated board, physical and mechanical properties, glue spread, type of wood

### ABSTRAK

Kebutuhan kayu dunia semakin meningkat sementara jumlah produksi kayu solid semakin menurun dengan semakin habisnya hutan karena penebangan liar dan alih fungsi hutan sebagai lahan perkebunan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka perlu dilakukan efisiensi bahan baku kayu agar penggunaan kayu solid dapat dikurangi. Salah satu cara efisiensi bahan baku kayu dengan memanfaatkan limbah industri kayu yang dioptimalkan dengan menggabungkan salah satu atau lebih jenis kayu yang direkatkan menjadi satu kesatuan yang biasa disebut papan laminasi (laminated board). Pada penelitian ini akan melihat pengaruh perbedaan jenis kayu dan berat labur perekat terhadap papan laminasi yang dihasilkan. Dalam pembuatan papan laminasi dibuat dengan faktor jenis kayu yaitu jati putih (*Gmelina arborea*. Roxb), bajur (*Pterospermum javanicum*), sengon (*Paraserianthes falcataria*), dan campuran, serta faktor berat labur yaitu 150 g dan 200 g. Kemudian dilakukan pengujian sifat fisika dan mekanika. Hasil pengujian menunjukkan bahwa faktor jenis kayu berpengaruh nyata terhadap semua sifat fisika dan mekanika kecuali pada pengujian penyusutan tebal dan MoE. Kemudian faktor berat labur tidak berpengaruh nyata pada semua sifat fisika dan mekanika kecuali pada pengujian kadar air. Interaksi faktor berat labur dan faktor jenis kayu tidak berpengaruh nyata pada semua sifat fisika dan mekanika papan laminasi limbah kayu campuran. Berdasarkan hasil pengujian papan lamianasi masuk dalam kelas kuat III yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi ringan dengan pemakaian didalam ruangan.

Kata kunci: Papan laminasi, sifat fisika dan mekanika, berat labur, jenis kayu

### I. PENDAHULUAN

Kebutuhan kayu dunia semakin meningkat sementara jumlah produksi kayu solid semakin menurun dengan semakin habisnya hutan karena

penebangan liar dan alih fungsi hutan sebagai lahan perkebunan. Penurunan jumlah produksi kayu solid dapat dilihat dari semakin menurunnya bahan baku dari hutan alam dari 8,3 juta m<sup>3</sup> pada tahun 2015

menjadi 5,7 juta m<sup>3</sup> pada tahun 2018 (Rahmawati, 2021). Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka perlu dilakukan efisiensi bahan baku kayu agar penggunaan kayu solid dapat dikurangi. Salah satu cara efisiensi bahan baku kayu dengan memanfaatkan limbah industri kayu.

Salah satu limbah industri kayu yang dapat dimanfaatkan dalam rangka efisiensi kayu adalah limbah industri penggergajian. Limbah utama dari industri penggergajian dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya kulit kayu, potongan-potongan kayu, serpihan, serbuk dan debu (Wulandari, 2013). Menurut Purwanto (2011). Komposisi limbah kayu pada industri penggergajian yaitu sebetan kayu 22%, potongan kayu 8%, dan serbuk kayu 10%. Diperlukan alternatif untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah potongan kayu tersebut dengan menggabungkan salah satu atau lebih jenis kayu yang direkatkan menjadi satu kesatuan yang biasa disebut papan laminasi (*laminated board*). Menurut Anshari (2006), papan laminasi merupakan kombinasi beberapa jenis potongan kayu menjadi satu kesatuan yang utuh. Papan laminasi dapat dirancang dan dibuat dengan mengkombinasikan potongan-potongan kayu yang ukuran panjang berbeda menjadi bentuk seperti papan solid (papan utuh). Keunggulan utama papan laminasi adalah kekuatannya yang hampir sama dengan papan solid (Wulandari, 2013).

Papan laminasi dapat menghasilkan ukuran papan yang lebar dan panjang sesuai dengan yang dibutuhkan karena penyambungan dilakukan sepanjang yang dibutuhkan (Purwanto, 2011). Faktor yang mempengaruhi kualitas papan lamina antara lain adalah jenis bahan baku, warna kayu, perekat yang digunakan, jumlah garis perekat, berat labur perekat, arah serat kayu, berat jenis kayu dan kadar air (Sucipto, 2009). Pada penelitian ini akan melihat pengaruh perbedaan jenis kayu dan berat labur perekat terhadap papan laminasi yang dihasilkan. Untuk mengetahui kualitas papan laminasi yang dihasilkan diperlukan pengujian sifat fisika dan mekanika papan laminasi yang dihasilkan. Sifat fisika dibutuhkan untuk mengetahui ketabilan dimensi papan yang dihasilkan sedangkan sifat mekanika dibutuhkan untuk mengetahui kemampuan papan untuk menampung beban yang ada diatasnya. Dalam penelitian ini menggunakan perekat PVAC (Polyvinyl acetate) dalam pembuatan papan laminasi karena tidak membutuhkan kempa panas dan kemampuannya menghasilkan ikatan rekat yang cepat pada suhu kamar. Perekat jenis ini sangat banyak dipakai dalam kegiatan industri kayu yang termasuk dalam tipe thermoplastic yang akan lebih baik bila digunakan untuk tujuan interior karena tahan terhadap

mikroorganisme dan tidak menimbulkan noda kayu (Widjaya et.al, 2017). Tujuan dari penelitian ini untuk melihat pengaruh jenis kayu dan berat labur perekat terhadap sifat fisika dan mekanika papan laminasi.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan dan Alat

Bahan dalam penelitian ini meliputi lem polyvinyl acetate (PVAC) dan sortimen kayu. Alat yang digunakan meliputi kleam untuk pengempa, kuas, timbangan digital, desikator, oven, caliper, meteran, planner, mesin pemotong, dial torsi (untuk menentukan pemberian jumlah tekanan kempa dan mesin uji mekanika Universal Testing Instrumen yang dihubungkan dengan komputer untuk pembacaan beban.

### B. Metode Penelitian

#### 1. Persiapan bahan baku

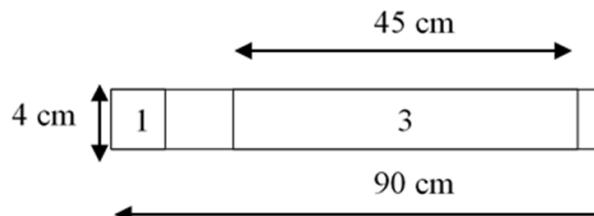
Persiapan bahan baku meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Limbah potongan kayu dengan memilih potongan kayu yang ukurannya panjang sesuai yang dibutuhkan yakni 30 cm x 4 cm x 2 cm.
- b. Penyerutan bahan baku dilakukan terlebih dahulu sebelum pembuatan sortimen kayu.
- c. Pembuatan sortimen kayu dengan menggunakan mesin gergaji pemotong dengan ukuran sortimen yang telah ditentukan.
- d. Pengamplasan dilakukan kembali pada sortimen kayu sampai kayu menjadi halus supaya permukaannya menjadi rata dan memudahkan dalam proses perekatan.
- e. Sortimen kayu dioven pada suhu 60°C untuk menyeragamkan kadar air pada masing-masing sortimen kayu.

#### 2. Perakitan papan lamina

Perakitan papan laminasi meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Sortimen kayu yang sudah seragam kadar airnya dilakukan pelaburan perekat menggunakan perekat PVAC yang mudah dicari di pasaran dan yang sudah umum dipakai oleh masyarakat dengan merk dagang lem Rajawali.
- b. Sortimen kayu yang sudah siap selanjutnya dilakukan pengkombinasian jenis kayu yang akan direkatkan. Pengkombinasian dengan pola susunan kearah tebal. Ukuran papan laminasi yang dibuat 4 cm x 3 cm x 90 cm dengan susunan kearah tebal 3 lapis.
- c. Pengkleman atau pengempaan dingin dilakukan setelah proses pengeleman dan penyambungan agar sortimen kayu dan perekat dapat merekat dengan menggunakan alat pengkleman yang



Keterangan (*Remarks*): 1. Contoh uji kerapatan dan kadar air (4 cm x 4 cm x 3 cm); 2. Contoh uji perubahan dimensi (4 cm x 4 cm x 3 cm); 3. Contoh uji *Modulus of elasticity* dan *Modulus of rupture* (4 cm x 3 cm x 45 cm)

**Gambar 1. Pola Pemotongan Contoh Uji**  
**Figure 1. Cutting Pattern Test Sample**



**Gambar 2. Contoh Uji**  
**Figure 2. Test Sample**

sudah dibuat dan dikempa selama 24 jam dengan tekanan kempa sebesar 20 N.m (Widyawati, 2010).

### 3. Pengkondisian

Pengkondisian meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

- Setelah perakitan sortimen-sortimen kayu menjadi papan lamina selesai, kemudian dilakukan pengkondisian.
- Papan yang akan dijadikan sebagai contoh uji disimpan di dalam ruangan konstan selama kurang lebih satu minggu untuk menyeragamkan kadar air dalam kayu (Herawati, Massijaya, & Nugroho, 2008).

### 4. Pembuatan contoh uji

Balok laminasi yang telah jadi, dipotong untuk dibuat contoh pengujian sifat fisika dan mekanika dengan ukuran contoh sebagai berikut: kadar air (4 cm x 4 cm x 3 cm), perubahan dimensi (4 cm x 4 cm x 3 cm), *Modulus of elasticity* dan *Modulus of rupture* (5 cm x 3 cm x 45 cm).

### 5. Parameter pengujian

Sifat fisika dan mekanika balok laminasi diuji menurut standar JAS 234-2007. Pengujian terdiri dari pengujian kadar air, kerapatan, pengembangan tebal, penyusutan tebal, MoE dan MoR.



**Gambar 3. Pengujian Mekanika**  
**Figure 3. The Mechanical Test**

### C. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) *factorial* yaitu terdiri atas 2 faktor. Faktor pertama jenis kayu dan faktor kedua berat labur perekat. Faktor jenis kayu terdiri atas 4 taraf dan berat labur terdiri 2 taraf dengan 3 kali ulangan. Data yang diperoleh, dilakukan analisis keragaman (ANOVA) untuk mengetahui apakah hasilnya berbeda nyata atau tidak dengan menggunakan program SPSS 25 pada taraf signifikansi 5%.

Model linear untuk rancangan acak lengkap faktorial adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad \dots \dots \dots \quad 1$$

Keterangan (*Remarks*):

- $Y_{ijk}$  = Pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B
- $\mu$  = Mean Populasi
- $\alpha_i$  = Pengaruh taraf ke-i dari faktor A
- $\beta_j$  = Pengaruh taraf ke-j dari faktor B
- $(\alpha\beta)_{ij}$  = Pengaruh taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B
- $\epsilon_{ijk}$  = Pengaruh acak dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij.  $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

Untuk mengetahui perlakuan tersebut berbeda nyata atau tidak dan dilakukan uji lanjut Duncan yaitu uji DMRT (Hanafiah, 2016).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kadar Air

Pengujian kadar air menunjukkan banyaknya air dalam kayu dalam satuan persen (Kasmudjo, 2001). Nilai kadar air papan laminasi dari limbah kayu campuran dapat dilihat pada tabel 1.

Pada tabel 1. dapat dilihat bahwa kisaran nilai kadar air antara 10,002%–14,941%. Nilai rata-rata

tertinggi kadar air papan laminasi limbah kayu campuran pada B2J4 yaitu sebesar 14,84% dan terendah pada B1J3 sebesar 10,77%. Kadar air rata-rata papan laminasi dari limbah kayu campuran sebesar 13,51%. Nilai kadar ini lebih tinggi bila dibandingkan nilai kadar air papan laminasi dari kayu kelapa yaitu berkisar antara 12,10%–12,87% dan papan laminasi dari kayu mangium yaitu sebesar 12,20%–12,80%. Nilai kadar air papan laminasi limbah kayu campuran telah memenuhi standar JAS 234:2003 yaitu kurang dari 15%. Kadar air dengan berat labur B2 lebih tinggi dibandingkan dengan berat labur B1. Sedangkan untuk jenis kayu kadar air tertinggi pada jenis kayu campuran (J4) dan yang terendah pada kayu sengon (J3). Kadar air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan kayu, dimana pada umumnya kekuatan kayu meningkat dengan berkurangnya kadar air di bawah titik jenuh serat. Peningkatan ini terjadi karena adanya perubahan pada dinding sel yang menjadi semakin kompak, unit strukturalnya (mikrofibril) semakin rapat dan gaya tarik menarik antara rantai molekul selulosa menjadi lebih kuat (Widyawati, 2010). Herawati et.al (2008) menyatakan bahwa pada umumnya kadar air lamina yang digunakan dalam pembuatan balok laminasi secara komersial adalah 12% atau sedikit di bawahnya karena pada kadar air 12% penyambungan ujung lamina lebih mudah dilakukan dan merupakan kadar air keseimbangan rata-rata untuk kebanyakan aplikasi interior sehingga lebih stabil terhadap perubahan dimensi akibat penyusutan atau pengembangan. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kadar air kayu adalah sifat hidroskopis jenis kayu, faktor kondisi kayu ditempatkan (suhu dan kelembaban) dan sifat kayu yang digunakan seperti jumlah pori-pori, tekstur, struktur kayu, kelas kuat dan kekerasan berat jenis (Purwanto, 2011). Untuk mengetahui pengaruh jenis

**Tabel 1. Nilai Rata-rata Kadar Air papan laminasi**  
**Table 1. Average moisture content of laminated board**

Berat Labur (Weight of adhesive coating)	Jenis Kayu ( <i>Type of wood</i> )				Rata-Rata (Average, %)
	J1	J2	J3	J4	
B1	14,11	13,60	10,00	14,73	13,11
B2	14,47	14,69	11,54	14,94	13,91
Rata-Rata (%)	14,29	14,14	10,77	14,84	13,51

Keterangan (*Remarks*): B1=berat labur 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=berat labur 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=campuran sengon jati putih bajur B1=glue spread weight 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=glue spread weight 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=mixtures.)

**Tabel 2. Hasil ANOVA Kadar Air papan laminasi**  
**Table 2. ANOVA of laminated board water content**

Sumber Keragaman (Source of Difference)	Jumlah Kuadrat (Sum square)	db (df)	Kuadrat Rata-rata (Mean square)	Fhit.	Sig.
Berat Labur	3,85	1	3,85	18,26	0,00
Jenis Kayu	61,65	3	20,55	97,44	0,00
Berat Labur * Jenis Kayu	1,77	3	0,59	2,79	0,07
Error	3,37	16	0,21		
Total Koreksi (Total)	70,64	23			

kayu dan berat labur perekat serta interaksinya terhadap kadar air maka dilakukan uji anova pada tabel 2.

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 2. menunjukkan bahwa perlakuan berat labur dan jenis kayu berpengaruh nyata terhadap kadar air *laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi berat labur 0,00 dan jenis kayu 0,00. Sedangkan perlakuan interaksi antara berat labur dengan jenis kayu tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air *laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi 0,07. Oleh karena ada perlakuan yang berpengaruh nyata terhadap kadar air *laminated board*, maka perlu dilakukan uji lanjut DMRT.

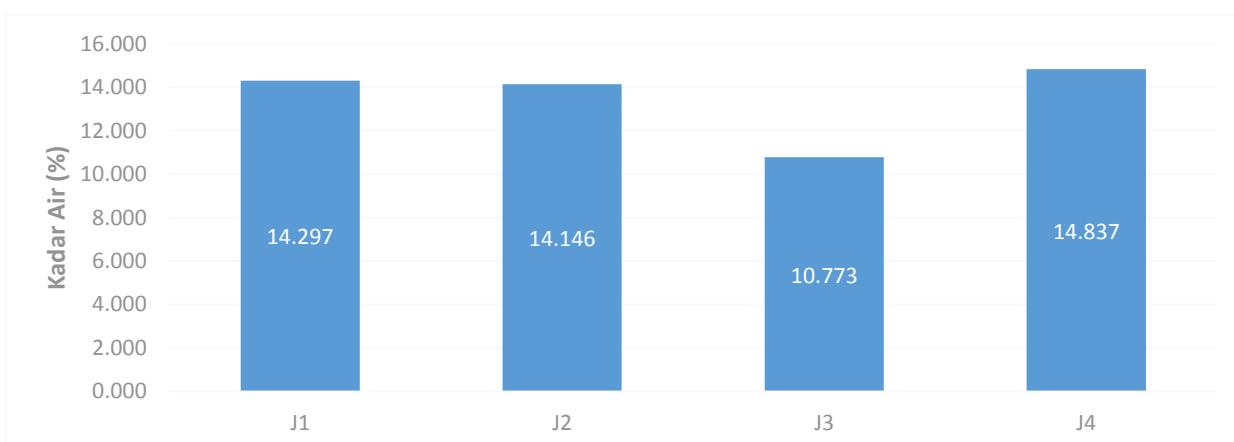
Pada Gambar 1. dapat dilihat bahwa perlakuan dengan jenis kayu jati putih dengan jenis kayu bajur dan jenis kayu campuran tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun, jenis kayu jati putih dengan jenis kayu sengon menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selanjutnya jenis kayu bajur dengan jenis kayu sengon dan jenis kayu campuran menunjukkan perbedaan yang signifikan, tapi tidak dengan jenis kayu jati putih. Selanjutnya untuk jenis kayu sengon menunjukkan perbedaan yang signifikan pada jenis kayu yang lain. Kemudian perlakuan jenis kayu campuran menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan jenis

kayu bajur dan sengon, tapi tidak dengan jenis kayu jati putih. Perubahan dimensi kayu terjadi sejalan dengan berubahnya kadar air yang terdapat pada dinding sel kayu. Hal tersebut dikarenakan gugus OH (hidrosil) dan oksigen (O<sub>2</sub>) lain yang pada dinding sel bersifat menarik uap air melalui ikatan hydrogen (Sucipto, 2009).

Terdapat perbedaan yang signifikans antara berat labur B1 dan B2. Perlakuan dengan berat labur 150 g/cm<sup>2</sup> memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai perlakuan dengan berat labur 200 g/cm<sup>2</sup>. Jumlah perekat yang semakin banyak akan meningkatkan sifat kekakuan kayu laminasi karena perekat ini berperan penting dalam memperkuat kayu laminasi yang dihasilkan (Widyawati, 2010).

## B. Kerapatan

Nilai kerapatan kayu menunjukkan perbandingan antara massa kayu dengan volumenya dalam kondisi kering udara (Islamiyati, 2021). Kerapatan kayu bervariasi dalam satu jenis tergantung pada bagian atau letaknya kayu dalam pohon dan kondisi tempat tumbuh (Basri, Saefuddin, Rulliaty, & Yunianti, 2009). Hasil pengujian kerapatan papan laminasi pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.



**Gambar 4. Hasil Uji Lanjut DMRT kadar air papan laminasi berdasarkan perlakuan jenis kayu**  
**Figure 4. DMRT result of laminated board water content based on type of wood treatment**

**Tabel 3. Nilai Rata-rata Kerapatan papan laminasi**  
**Table 3. Average of laminated board density value**

Berat Labur (Weight of adhesive coating)	Jenis Kayu ( <i>Type of wood</i> )				Rata-Rata (Average, g/cm <sup>3</sup> )
	J1	J2	J3	J4	
B1	0,50	0,51	0,3	0,45	0,45
B2	0,47	0,51	0,29	0,45	0,43
Rata-rata (g/cm <sup>3</sup> )	0,49	0,51	0,32	0,45	0,44

Keterangan (Remarks): B1=berat labur 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=berat labur 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=campuran sengon jati putih bajur B1=glue spread weight 150 g, B2=glue spread weight 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=mixtures).

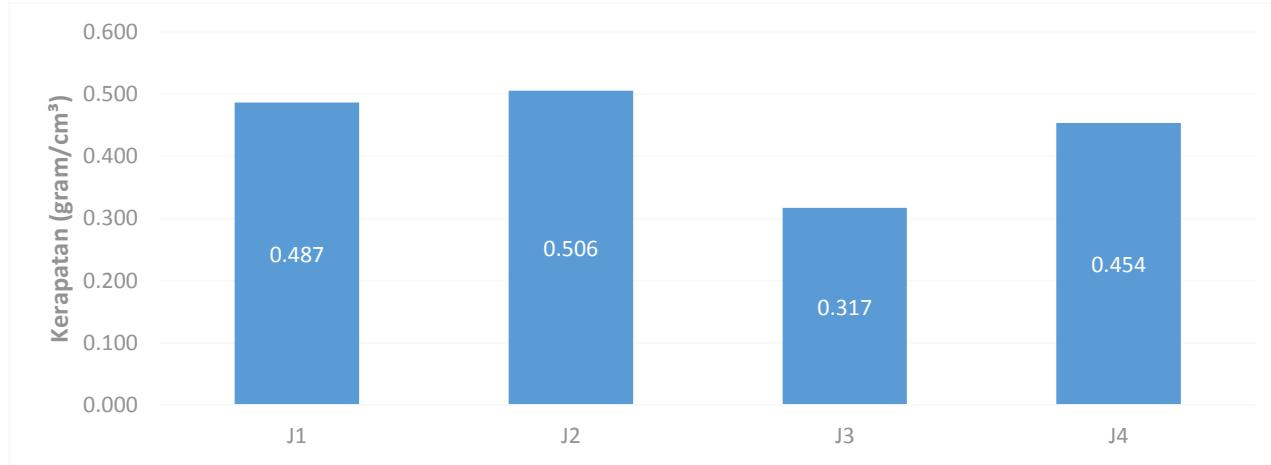
Berdasarkan Tabel 3. diatas dapat dilihat nilai kerapatan papan laminasi berkisar antara 0,29–0,51 g/cm<sup>3</sup>. Nilai kerapatan tertinggi pada perlakuan B1J1 dan B2J2 yaitu sebesar 0,51 dan nilai terendah pada B2J3. Kerapatan rata-rata papan laminasi dari limbah kayu campuran sebesar 0,44 g/cm<sup>3</sup>. Kerapatan papan laminasi dengan berat labur B1 lebih tinggi dibandingkan dengan berat B2. Sedangkan kerapatan dengan jenis kayu bajur (J2) paling tinggi dan yang terendah jenis kayu sengon (J3). Nilai kerapatan papan laminasi dari limbah kayu campuran lebih rendah bila dibandingkan dengan penelitian (Rahmawati, 2021) yaitu sebesar 0,69–0,97 g/cm<sup>3</sup> dan penelitian (Gusmawati, 2018) dengan nilai rata-rata tertinggi 0,83 g/cm<sup>3</sup> dan nilai rata-rata terendahnya 0,510 g/cm<sup>3</sup>. Bervariasinya nilai kerapatan pada papan laminasi dari limbah kayu campuran disebabkan penyusunan laminasi jenis kayu yang berbeda. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wulandari (2013) mengatakan bahwa perbedaan jenis kayu berpengaruh terhadap kualitas kayu laminasi salah satunya nilai kerapatannya. Perbedaan nilai kerapatan dipengaruhi oleh jenis lamina, tebal dinding sel, kadar air dan proses perekatan (Yoresta, 2014). Nilai kerapatan papan laminasi dari limbah kayu campuran masuk dalam standar SNI 01-6240-2000 yaitu sebesar 0,40–0,80 g/cm<sup>3</sup>. Untuk mengetahui pengaruh berat

labur, jenis kayu dan interaksinya terhadap papan laminasi dari limbah kayu campuran dilakukan uji ANOVA yg disajikan pada tabel 4.

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 4. menunjukkan bahwa hanya perlakuan jenis kayu yang berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan laminasi yang ditandai dengan nilai signifikansi jenis kayu 0,00. Sedangkan perlakuan berat labur dan interaksi antara berat labur dengan jenis kayu tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan laminasi yang ditandai dengan nilai signifikansi berturut-turut 0,14 dan 0,49. Oleh karena ada salah satu perlakuan yang berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan laminasi, maka perlu dilakukan uji lanjut DMRT. Pada penelitian ini perbedaan berat labur tidak memberi pengaruh nyata karena perbedaan tersebut terlalu kecil. Hal ini sesuai dengan (Hanafiah, 2016) yang menyatakan bahwa bila uji anova gagal mendeteksi perbedaan-perbedaan nyata antar perlakuan, ini berarti percobaan tidak memiliki bukti yang cukup untuk menyatakan adanya perbedaan antar perlakuan. Pada Gambar 5. dapat dilihat bahwa perlakuan dengan jenis kayu jati putih dengan jenis kayu bajur dan jenis kayu campuran tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun, jenis kayu jati putih dengan jenis kayu sengon menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selanjutnya jenis kayu bajur dengan jenis kayu sengon

**Tabel 4. Hasil ANOVA Kerapatan papan laminasi**  
**Table 4. ANOVA result of laminated board density value**

Sumber Keragaman (Source of difference)	Jumlah Kuadrat (Sum Square)	db (df)	Kuadrat Tengah (Mean Square)	Fhit.	Sig.
Berat Labur	0,00	1	0,00	2,43	0,14
Jenis Kayu	0,13	3	0,04	46,59	0,00
Berat Labur * Jenis Kayu	0,00	3	0,00	0,84	0,49
Error	0,01	16	0,00		
Total Koreksi	0,15	23			



**Gambar 5. Hasil Uji Lanjut DMRT kerapatan papan laminasi berdasarkan jenis kayu**  
**Figure 5. DMRT result of laminated board density value based on type of wood treatment**

pernyataan Herawati et al. (2008) yang menyatakan bahwa kadar air dan kerapatan memiliki hubungan yang berbanding lurus dimana bila kerapatan rendah maka kadar air juga cenderung rendah demikian pula sebaliknya.

### C. Pengembangan Tebal

Kandungan air dalam setiap kayu harus mencapai keseimbangan kadar air karena ketidak seimbangan kadar air dapat menyebabkan terjadinya proses kembang susut yang sangat berpengaruh terhadap kualitas kayu (Mochsin & Usman, 2014).

Nilai pengembangan papan laminasi dari limbah kayu campuran berkisar antara 0,57% (B2J1)-2,67% (B2J3) dengan nilai rata-rata sebesar 1,52%. Nilai pengembangan tebal ini telah memenuhi standar JAS 234-2007 (JSA 2007) dengan nilai pengembangan tebal  $\leq 20\%$ . Pengembangan tebal tertinggi pada berat labur B1 dan terendah pada berat labur B2.

Perlakuan berat labur berpengaruh nyata terhadap kekuatan garis rekat, namun bidang rekat dan interaksi antara keduanya menunjukkan tidak memberikan pengaruh terhadap kekuatan garis rekat. Sedangkan nilai pengembangan tebal tertinggi pada jenis kayu sengon (J3) dan terendah pada kayu jati putih (J1). Nilai pengembangan tebal ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Islamiyati, 2021) dengan nilai antara 0,82%-2,67%. Perubahan dimensi merupakan tanda perubahan kadar air dalam kayu karena kemampuan dinding sel kayu untuk mengikat air yang disebabkan oleh perbedaan kerapatan dimana kerapatan bervariasi antara berbagai jenis pohon dan diantara pohon dari jenis yang sama (Rahmawati, 2021). Tingginya nilai pengembangan pada kayu sengon karena kayu sengon termasuk kayu dengan berat jenis yang ringan sehingga mudah dalam mengabsorpsi air.

**Tabel 5. Nilai Rata-rata Pengembangan Tebal papan laminasi**

**Table 5. Average thickness addition value of laminated board**

Berat Labur (Weight of adhesive coating)	Jenis Kayu (Type of wood)				Rata-Rata (Average, %)
	J1	J2	J3	J4	
B1	0,74	1,87	2,20	1,57	1,59
B2	0,57	1,34	2,67	1,20	1,44
Rata-Rata (%)	0,65	1,60	2,43	1,38	1,52

Keterangan (Remarks): B1=berat labur 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=berat labur 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=campuran sengon jati putih bajur (B1= glue spread weight 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=glue spread weight 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=mixtures.)

**Tabel 6. Hasil ANOVA Pengembangan Tebal papan laminasi**  
**Table 6. ANOVA result of laminated board thickness addition value**

Sumber Keragaman (Source of difference.)	Jumlah (Sum square)	Kuadrat (df)	Kuadrat tengah (Mean square)	Fhit.	Sig.
Berat Labur	0,14	1	0,14	0,34	0,57
Jenis Kayu	9,67	3	3,22	8,10	0,00
Berat Labur * Jenis Kayu	0,88	3	0,29	0,74	0,55
Error	6,37	16	0,40		
Total Koreksi	17,05	23			

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 6. menunjukkan bahwa hanya perlakuan jenis kayu yang berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal *laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi jenis kayu 0,00. Sedangkan perlakuan berat labur dan interaksi antara berat labur dengan jenis kayu tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal *laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi berturut-turut 0,57 dan 0,55. Oleh karena ada salah satu perlakuan yang berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal papan laminasi, maka perlu dilakukan uji lanjut DMRT.

Pada Gambar 3. dapat dilihat bahwa perlakuan dengan jenis kayu jati putih dengan jenis kayu bajur dan jenis kayu campuran tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun, jenis kayu jati putih dengan jenis kayu sengon menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selanjutnya jenis kayu bajur dengan jenis kayu lain tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selanjutnya untuk jenis kayu sengon menunjukkan perbedaan yang signifikan pada jenis kayu jati putih dan campuran. Kemudian perlakuan jenis kayu campuran menunjukkan perbedaan yang signifikan hanya dengan jenis kayu sengon. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan zat ekstraktif pada kayu sengon tergolong tinggi, dimana zat ekstraktif ini dapat menghalangi penetrasi dan pematangan

(curing) perekat (Somadona, Sribudiani, & Valencia, 2020).

#### D. Penyusutan Tebal

Nilai perubahan dimensi dipengaruhi oleh hilangnya air terikat dari dinding sel yang menyebabkan sel mengalami pengertalan dan terjadilah penyusutan (Sari, 2011).

Nilai penyusutan tebal papan laminasi dari limbah kayu campuran berkisar antara 2,73% (B2J3)-3,73% (B1J1). Nilai rata-rata penyusutan papan laminasi sebesar 3,29%. Nilai penyusutan tebal dari papan laminasi limbah kayu campuran telah memenuhi memenuhi standar JAS SE-7 2003 dengan nilai standar  $\leq 14\%$ . Nilai penyusutan tebal pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian (Megawati, Usman, & Tavita, 2016) pada kayu Gerunggang (*Cratoxylon arborescens* Bl.) yakni 6,62%, penelitian Hidayati *et al.*, (2016) pada kayu jati unggul 7,90% dan kayu jati konvensional 8,50%. Nilai penyusutan papan laminasi limbah kayu campuran lebih tinggi pada berat labur B1 dibandingkan dengan berat labur B2. Sedangkan untuk jenis kayu penyusutan yang paling tinggi pada kayu jati (J1) dan kayu bajur (J2) dan terendah pada kayu sengon (J3). Semakin besar keberadaan jumlah air bebas yang terdapat pada suatu bahan penyusun laminasi, maka untuk mencapai kadar air titik jenuh serat juga

**Tabel 7. Nilai Rata-rata Penyusutan Tebal papan laminasi**  
**Table 7. Average of laminated board thickness shringking value**

Berat Labur (Weight of adhesive coating)	Jenis Kayu (Type of wood.)				Rata-Rata (average) (%)
	J1	J2	J3	J4	
B1	3,73	3,45	3,01	3,26	3,36
B2	3,25	3,53	2,73	3,33	3,21
Rata-Rata (%)	3,49	3,49	2,87	3,30	3,29

Keterangan (Remarks): B1=berat labur 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=berat labur 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=campuran sengon jati putih bajur. (B1=glue spread weight 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=glue spread weight 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=mixtures.)

**Tabel 8. Hasil ANOVA penyusutan tebal *laminated board***  
**Table 8. ANOVA result of laminated board thickness shrinking value**

Sumber Keragaman (Source of difference)	Jumlah Kuadrat (Source of difference)	db (df)	Kuadrat tengah (Mean square)	Fhit.	Sig.
Berat Labur	0,14	1	0,14	0,61	0,44
Jenis Kayu	1,53	3	0,51	2,23	0,12
Berat Labur * Jenis Kayu	0,33	3	0,11	0,49	0,70
Error	3,65	16	0,23		
Total Koreksi	5,65	23			

semakin besar sehingga berpengaruh terhadap stabilitas dimensi bahan penyusun tersebut (Malik & Santoso, 2005).

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 8. menunjukkan bahwa semua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap penyusutan tebal *laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi berat labur, jenis kayu dan interaksi antara berat labur dengan jenis kayu berturut-turut 0,44, 0,12 dan 0,70 sehingga uji lanjut DMRT tidak perlu dilakukan.

#### E. Modulus of Elasticity (MoE)

Nilai MoE yang tinggi menggambarkan suatu bahan memiliki kekakuan yang tinggi sehingga dapat menahan tekanan besar dengan nilai deformasi yang kecil (Prihandini, 2012). Pengujian kekuatan lengkung statis dengan mengukur lendutan (*deflection*) pada daerah lengkung suatu bahan ketika terjadi pembebahan. Nilai MoE dilihat jika jarak titik pembebahan 1/2 jarak dari tumpuan (Oka, 2008).

Berdasarkan Tabel 9. maka dapat dilihat nilai MoE papan laminasi limbah kayu campuran berkisar antara 14233,93 kgf/cm<sup>2</sup> (B2J1) sampai 27367,42 kgf/cm<sup>2</sup> (B2J2) dengan nilai rata-rata sebesar 20635,49

kgf/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan standar JPIC No. 1152 2007, nilai MoE papan laminasi belum memenuhi standar yaitu minimum 75000 kgf/cm<sup>2</sup> tetapi bila menggunakan standar Standar SNI 03-2105-2006 maka nilai MoE telah memenuhi standar yaitu >11000 . Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Rahmawati, 2021) dengan nilai berkisar 29584,12-77613,59 kgf/cm<sup>2</sup> dan (Gusmawati, 2018) berkisar 75723-121654 kgf/cm<sup>2</sup> maka nilai MoE papan laminasi limbah kayu campuran lebih kecil. Perbedaan nilai tersebut disebabkan oleh jenis kayu dan berat labur yang berbeda. Faktor yang mempengaruhi kualitas papan laminasi antara lain adalah bahan baku, berat labur, proses pengeleman dan pengempaan (Wulandari, 2021).

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 10. menunjukkan bahwa semua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap *Modulus of Elasticity* papan laminasi yang ditandai dengan nilai signifikansi berat labur, jenis kayu dan interaksi antara berat labur dengan jenis kayu berturut-turut 0,969, 0,227, dan 0,265 sehingga uji lanjut DMRT tidak perlu untuk dilakukan.

**Tabel 9. Nilai Rata-rata *Modulus of Elasticity* papan laminasi**  
**Table 9. Average of laminated board modulus of elasticity**

Berat Labur (Weight of adhesive coating)	Jenis Kayu (Type of wood)				Rata-Rata (Average, kgf/cm <sup>2</sup> )
	J1	J2	J3	J4	
B1	22674,16	22692,99	18893,32	18479,99	20685,12
B2	14233,93	27367,42	23173,95	17568,19	20585,87
Rata-Rata (kgf/cm <sup>2</sup> )	18454,04	25030,21	21033,64	18024,09	20635,49

Keterangan (Remarks): B1=berat labur 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=berat labur 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=campuran sengon jati putih bajur (B1=glue spread weight 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=glue spread weight 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=mixtures.)

**Tabel 10. Hasil ANOVA *Modulus of Elasticity (MoE) laminated board*****Table 10. ANOVA result of laminated board modulus of elasticity**

Sumber Keragaman (Source of difference)	Jumlah Kuadrat (Sum square)	db (df)	Kuadrat tengah (Mean square)	Fhit.	Sig.
Berat Labur	59093,73	1	59093,73	0,00	0,97
Jenis Kayu	186300899,09	3	62100299,70	1,61	0,23
Berat Labur * Jenis Kayu	168305531,60	3	56101843,87	1,45	0,26
Error	618231017,50	16	38639438,59		
Total Koreksi	972896541,92	23			

**F. Modulus of Rupture (MoR)**

Keteguhan patah (*MoR*) merupakan ukuran kemampuan benda untuk menahan beban lentur maksimum sampai benda tersebut mengalami kerusakan yang permanen, bila nilai beban terjadi diatas batas proporsi maka deformasinya akan permanen (Rissnasi, Azhar, & Sitompul, 2012).

Nilai rata-rata MoR pada Tabel 11. berkisar antara 231,01 (B2J3)–484,53 kg/cm<sup>2</sup> (B1J2) dengan nilai rata-rata sebesar 362,36 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai MoR tertinggi pada berat labur B1 dan untuk jenis kayu MoR tertinggi pada jenis kayu bajur (J2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan memenuhi standar JAS 234-2007 yaitu minimal sebesar 300 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai MoR papan laminasi limbah kayu campuran ini lebih rendah bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Rahmawati (2021) sebesar 467,96-928,77 kgf/cm<sup>2</sup> tetapi lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan

Rissnasi et al. (2012) dengan nilai MoR berkisar antara 180,34-364,04 kgf/cm<sup>2</sup>. Menurut Yoresta. (2014) keteguhan patah sangat erat kaitannya dengan kadar air, berat jenis, jumlah dan komposisi bahan perekat serta kesolidan antara bahan direkat dan bahan perekat. Semakin tinggi kadar air akan menurunkan keteguhan patah dan jika kerapatan semakin tinggi maka keteguhan patahnya semakin tinggi pula (Abdurachman & Nurwanti, 2005).

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 12. menunjukkan bahwa hanya perlakuan jenis kayu yang berpengaruh nyata terhadap MoR papan laminasi yang ditandai dengan nilai signifikansi jenis kayu 0,00. Sedangkan perlakuan berat labur dan interaksi antara berat labur dengan jenis kayu tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan laminasi yang ditandai dengan nilai signifikansi berturut-turut 0,23 dan 0,42. Oleh karena ada salah satu perlakuan yang berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan laminasi, maka perlu dilakukan uji lanjut DMRT.

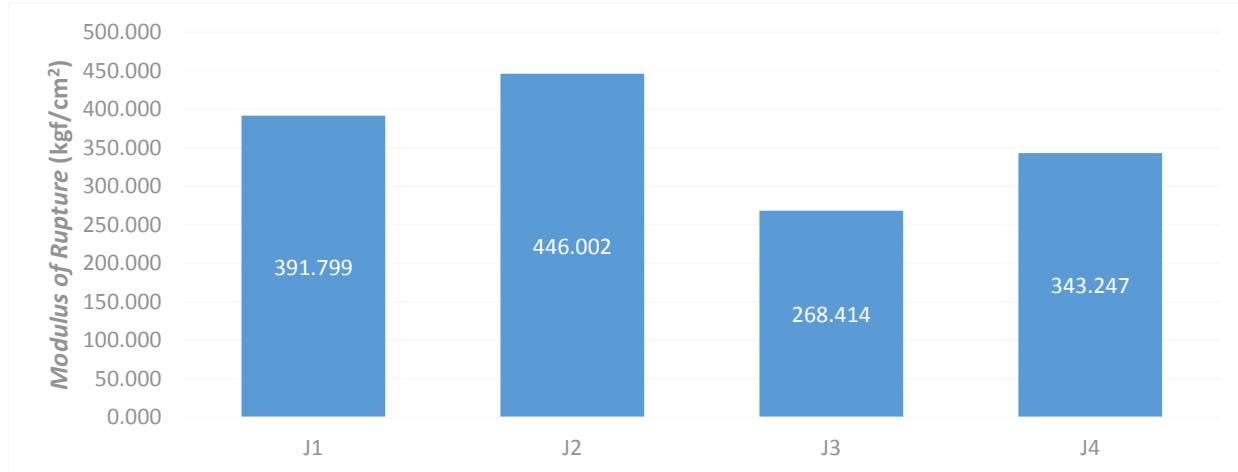
**Tabel 11. Nilai Rata-rata *Modulus of Rupture* papan laminasi****Table 11. Average of laminated board modulus of rupture**

Berat Labur (Weight of adhesive coating)	Jenis Kayu (Type of wood)				Rata-Rata (Average, kgf/cm <sup>2</sup> )
	J1	J2	J3	J4	
B1	398,48	484,53	305,82	327,19	379,01
B2	385,11	407,49	231,01	359,30	345,72
Rata-Rata (kgf/cm <sup>2</sup> )	391,799	446,00	268,41	343,25	362,36

Keterangan (Remarks): B1=berat labur 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=berat labur 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=campuran sengon jati putih bajur (B1=adhesive coating weight 150 g/cm<sup>2</sup>, B2=adhesive coating weight 200 g/cm<sup>2</sup>, J1=jati putih, J2=bajur, J3=sengon, J4=mixtures.)

**Tabel 12. Hasil ANOVA *Modulus of Rupture Laminated Board*****Table 12. ANOVA result of laminated board modulus of rupture**

Sumber Keragaman (Source of difference)	Jumlah Kuadrat (Sum Square)	db (df)	Kuadrat tengah (Mean square)	Fhit.	Sig.
Berat Labur	6645,65	1	6645,65	1,57	0,23
Jenis Kayu	102322,84	3	34107,61	8,08	0,00
Berat Labur * Jenis Kayu	12468,09	3	4156,03	0,98	0,42
Error	67503,32	16	4218,96		
Total Koreksi	188939,91	23			



**Gambar 7. Hasil Uji Lanjut DMRT Modulus of rupture papan laminasi berdasarkan Perlakuan Jenis Kayu**

**Figure 7. DMRT result of Laminated board Modulus of Rupture based on type of wood treatment**

Pada Gambar 4. dapat dilihat bahwa perlakuan dengan jenis kayu jati putih dengan jenis kayu bajur dan jenis kayu campuran tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun, jenis kayu jati putih dengan jenis kayu sengon menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selanjutnya jenis kayu bajur dengan jenis kayu sengon dan jenis kayu campuran menunjukkan perbedaan yang signifikan, tapi tidak dengan jenis kayu jati putih. Selanjutnya untuk jenis kayu sengon menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan pada jenis kayu campuran, tapi menunjukkan perbedaan yang signifikan pada jenis kayu yang lain. Kemudian perlakuan jenis kayu campuran menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan jenis kayu bajur, tapi tidak dengan jenis kayu jati putih dan jenis kayu sengon.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisika dan sifat mekanika papan laminasi maka faktor jenis kayu berpengaruh nyata terhadap semua sifat fisika dan mekanika papan laminasi kecuali pada pengujian penyusutan tebal dan *MoE*. Faktor berat labur tidak berpengaruh nyata pada semua sifat fisika dan mekanika papan laminasi kecuali pada pengujian kadar air. Interaksi faktor berat labur dan faktor jenis kayu tidak berpengaruh nyata pada semua sifat fisika dan mekanika papan laminasi. Nilai pengujian sifat fisika dan mekanika telah memenuhi standar standar JAS 234:2003 dan SNI 01-6240-2000. Berdasarkan nilai fisika dan mekanika maka papan laminasi dari limbah kayu campuran masuk dalam kelas kuat III yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi ringan dengan pemakaian didalam ruangan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada LPPM Universitas Mataram yg telah memberikan pendanaan dalam penelitian ini dan laboratorium THH, laboratorium Teknik Sipil serta laboratorium FMIPA yang mendukung dalam pengujian hasil peneltian.

#### KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain, dan rancangan percobaan dilakukan oleh FTW; percobaan dan perlakuan pengujian dilakukan oleh RA; pengumpulan data dan analisis data dilakukan oleh FTW dan RA; penulisan manuskrip oleh FTW, dan IGASW; perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh FTW, dan IGASW.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, & Nurwanti, H. (2005). Kekuatan dan kekakuan balok lamina dari dua jenis kayu kurang dikenal. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23(2), 87–100.
- Basri, F., Saefuddin, Rulliaty, S., & Yunianti, K. (2009). Drying conditions for 11 potential ramin substitutes. *Journal of Tropical Forest Science*, 21(4), 328–335.
- Gusmawati, E. (2018). *Sifat Fisika dan Mekanika Papan Laminasi Berdasarkan Warna Bidang Orientasi Kayu*. Program Studi Kehutanan Universitas Mataram, Mataram.
- Hanafiah, K. A. (2016). *Rancangan Percobaan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Herawati, E., Massijaya, M. Y., & Nugroho, N. (2008). Karakteristik Balok Laminasi dari kayu

- Mangium (Acacia mangium Willd.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Hutan*, 1(1), 1–8.
- Hidayati, F., Fajrin, I. T., Ridho, M. R., Nugroho, W. D., Marsoem, S. N., & Na’iem, M. (2016). Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Jati Unggul “Mega” dan Kayu Jati Konvensional yang Ditanam di Hutan Pendidikan, Wanagama, Gunungkidul, Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 10(2), 98–107.
- Islamiyati, D. (2021). *Sifat Fisika Glulam Dari Potongan Kayu Rajumas (Dnabanga Mollucana)*. Jurusan Kehutanan Universitas Mataram, Mataram.
- Kasmudjo. (2001). *Pengantar Teknologi Hasil Hutan Bagian V Papan Tiruan Lain*. Yogyakarta: Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan UGM.
- Malik, J., & Santoso, A. (2005). Keteguhan lentur statis lamina dari tiga jenis kayu limbah pembalakan hutan tanaman. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23(5), 385–397.
- Megawati, Usman, F. H., & Tavita, G. E. (2016). Sifat fisik dan mekanik kayu gerunggang (Cratoxylon arborescens BI) yang didensifikasi berdasarkan waktu pengukusan dan waktu kempa. *Jurnal Hutan Lestari*, 4(2), 163–175.
- Moch sin, & Usman, F. H. (2014). Stabilitas dimensi berdasarkan suhu pengeringan dan jenis kayu. *Jurnal Hutan Lestari*, 2(2), 229–241.
- Oka, I. G. M. (2008). Analisis Arah Laminasi Vertikal Dan Horisontal Terhadap Perilaku Lentur Balok Bambu Laminasi. *Jurnal SMARTek*, 6(2), 94–103.
- Prihandini. (2012). *Kayu Glulam Asimetris Sebagai Komponen Dinding Sekat*. Departemen Hasil Hutan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Purwanto, D. (2011). Pembuatan balok dan papan dari limbah industri kayu. *Jurnal Riset Industri*, 5(1), 13–20.
- Rahmawati. (2021). *Sifat fisika dan mekanika balok laminasi limbah potongan kayu industri meubel*. (Skripsi). Jurusan Kehutanan Universitas Mataram, Mataram.
- Risnasari, I., Azhar, I., & Sitompul, N. A. (2012). Karakteristik balok laminasi dari batang kelapa (*Cocos nucifera* L.) dan kayu kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.). *FORESTRA Indonesia Journal of Forestry*, 1(2), 79–87.
- Sari, R. J. P. (2011). *Karakteristik Balok Laminasi dari Kayu Sengon (Paraserianthes falcata (L.) Nielson), Manii (Maesopsis eminii Wild.) dan Akasia (Acacia mangium Engl.)*. Departement Hasil Hutan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Somadona, S., Sribudiani, E., & Valencia, D. E. (2020). Karakteristik balok laminasi kayu akasia (Acacia mangium) dan meranti merah (shorea leprosula) berdasarkan susunan lamina dan berat labur perekat styrofoam. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 15(2), 53–64.
- Sucipto, T. (2009). *Kayu Laminasi Dan papan Sambung*. Departemen Kehutanan Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Widjaya E, Manik P, & Jokosisworo S. (2017). Analisa kekuatan Tarik dan Kekuatan Lentur Balok laminasi Bambu Petung dan Kayu Sengon Untuk Komponen Kapal Kayu. *Jurnal Perkapalan* 5, 431-437.
- Widyawati, R. (2010). Kekuatan Sambungan Tegak (Butt Joint) Struktur Balok Laminasi (Glulam Beams) dari Kayu Lokal. *Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 14(1), 27–38.
- Wulandari, F. T. (2013). Produk papan komposit dengan pemanfaatan limbah non kayu. *Jurnal Media Bina Ilmiah*, 7(6), 1–4.
- Wulandari, F. T. (2021). *Laminated Board limbah potongan kayu gergajian sebagai bahan substitusi papan solid*. Mataram.
- Yoresta, F. S. (2014). Studi eksperimental perilaku lentur balok glulam kayu pinus (*Pinus merkusii*). *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis*, 12(1), 33–38.