



## Sifat Balok Glulam Kayu Terentang (*Camposperma auriculatum* (Blume) Hook.F.) Berdasarkan Jumlah Lamina

*(Properties of Glue laminated Timber Beams from Terentang Wood (Camposperma auriculatum (Blume) Hook.F.) Based on the Number of Laminae)*

Hizkia Ireni Sirait<sup>1</sup>, Eva Oktoberyani Christy<sup>2\*</sup>, Lies Indrayanti<sup>2</sup>, Chartina Pidjath<sup>2</sup>, Penyang<sup>2</sup>, Desy Natalia Koroh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alumni Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan, Universitas Palangka Raya, Jalan Yos Sudarso Kampus UPR, Palangka Raya, 73111, Kalimantan Tengah

<sup>2</sup> Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan, Universitas Palangka Raya, Jalan Yos Sudarso Kampus UPR, Palangka Raya, 73111 Provinsi Kalimantan Tengah

\* Corresponding Author: [ochristy28@gmail.com](mailto:ochristy28@gmail.com)

### Article History

Received : December 13, 2025

Revised : December 17, 2025

Approved : December 19, 2025

### Keywords:

Glulam, terentang wood, physical and mechanical properties, laminae, layers

© 2025 Authors

Published by the Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Palangka Raya University. This article is openly accessible under the license:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

### Sejarah Artikel

Diterima : 13 Desember 2025

Direvisi : 17 Desember 2025

Disetujui : 19 Desember 2025

### Kata Kunci:

Glulam, kayu terentang, sifat fisika dan mekanika, lamina, lapisan

© 2025 Penulis

Diterbitkan oleh Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya.

Artikel ini dapat diakses secara terbuka di bawah lisensi:



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

### ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of the number of laminae on the physical and mechanical properties of terentang wood glulam beams. Three types of glulam beams were manufactured with 3, 4, and 5 laminae, then glued using PVAc (polyvinyl acetate) adhesive with a glue spread of 200 g/m<sup>2</sup>, vacuumed using the vacuum bagging method, and left in the vacuum bag for 24 hours. As a comparator, solid beams with the same cross-section (50 mm × 50 mm) were also prepared. The results indicated that the number of laminae had a very significant effect on water content and specific gravity, as well as a significant effect on the Modulus of Elasticity (MoE) and Modulus of Rupture (MoR). Tukey's test confirmed that the MoE and MoR of 3-layer glulam beams were not significantly different from those of the solid beam. This suggests that 3-layer glulam beams had mechanical performance equal to the solid beam and relatively better than 4- and 5-layer glulam beams. Increasing the number of laminae tended to decrease the MoE and MoR values of glulam beams. Based on the Indonesian wood strength classification, solid beams fall into strength class III, as do 3-layer and 5-layer glulam beams. The 4-layer glulam beam was classified as strength class IV. All glulam beams indicate no improvement in class compared to the solid beam.

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah lamina terhadap sifat fisika dan mekanika balok glulam kayu terentang. Tiga jenis balok glulam dibuat dengan jumlah lamina 3, 4, dan 5, kemudian direkatkan menggunakan perekat PVAc (polyvinyl acetate) dengan berat labur 200 g/m<sup>2</sup>, lalu divakum menggunakan metode vacuum bagging dan dibiarkan dalam tas vakum selama 24 jam. Sebagai pembanding, balok utuh dengan penampang yang sama (50 mm x 50 mm) juga disiapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah lamina memberikan pengaruh yang sangat nyata pada kadar air dan berat jenis, serta pengaruh yang nyata pada Modulus of Elasticity (MoE) dan Modulus of Rupture (MoR). Uji Tukey mengonfirmasi bahwa MoE dan MoR dari balok glulam 3-lapis tidak berbeda secara nyata dari balok utuh. Hal ini menunjukkan bahwa balok glulam 3-lapis memiliki kinerja mekanik yang setara dengan balok utuh dan relatif lebih baik daripada balok glulam 4- dan 5-lapis. Penambahan jumlah lamina cenderung menurunkan nilai MoE dan MoR balok glulam. Berdasarkan klasifikasi kekuatan kayu Indonesia, balok kayu utuh termasuk dalam kelas kuat III, begitu pula balok glulam 3-lapis dan 5-lapis. Balok glulam 4-lapis diklasifikasikan sebagai kelas kuat IV. Semua balok glulam menunjukkan tidak ada peningkatan kelas dibandingkan dengan balok utuh.

## 1. Pendahuluan

Material non-biologis seperti baja dan beton memang memiliki kapasitas mekanis yang memadai untuk kebutuhan struktural, namun keduanya berasal dari sumber daya yang tidak terbarukan dan memerlukan proses produksi yang kompleks, boros energi, serta menghasilkan emisi yang signifikan sehingga berdampak negatif terhadap lingkungan dan iklim (Neves et al., 2025). Kondisi ini mendorong peningkatan minat terhadap kayu sebagai alternatif material struktural, karena kayu merupakan bahan terbarukan dan mudah terurai secara biologis yang kini semakin banyak digunakan pada berbagai konstruksi, termasuk bangunan perumahan, fasilitas ibadah, dan bangunan komersial (Mercimek et al., 2024).

Untuk meningkatkan performa struktural sekaligus memperluas pemanfaatan kayu dalam konstruksi, berbagai produk kayu rekayasa telah dikembangkan. Salah satu yang paling menonjol adalah *glue laminated timber* (glulam), yang dikenal karena rasio kekuatan-beratnya yang tinggi, fleksibilitas desain, serta nilai estetika yang mendukung fungsi arsitektural. Glulam disusun dari dua atau lebih lamina kayu yang direkatkan sehingga menghasilkan elemen struktural dengan kapasitas mekanis dan stabilitas dimensi yang lebih unggul dibandingkan kayu solid. Proses rekayasa ini memungkinkan glulam mengatasi kekurangan alami kayu seperti mata kayu, rongga, atau retakan, sehingga layak digunakan pada berbagai komponen struktural seperti balok, kolom, girder, gording, hingga rangka batang berskala besar (Li et al., 2025; Neves et al., 2025).

Salah satu keunggulan utama glulam adalah kemungkinan penggunaan kayu muda dengan diameter kecil, sehingga menghasilkan kekuatan yang tinggi. Glulam juga memungkinkan penggunaan kayu reboisasi dan kayu dengan kerapatan rendah hingga sedang, yang memberikan kekakuan yang memadai untuk aplikasi struktural selama proses produksi (Segundinho et al., 2024). Teknologi glulam terus menjadi sorotan dalam berbagai

studi dan praktik konstruksi di tingkat global, sehingga menghasilkan peningkatan jumlah publikasi ilmiah terkait. Di Brasil, penelitian untuk mengeksplorasi penggunaan jenis berkerapatan rendah dari hutan hujan amazon untuk produksi glulam telah dilakukan oleh Neves et al. (2025). Menurut penulis, pemanfaatan kayu tropis sebagai bahan struktural dapat mendukung pengelolaan hutan berkelanjutan, karena produksi glulam menjadi alternatif yang mengurangi ketergantungan pada kayu solid berkualitas tinggi. Pendekatan ini memungkinkan penggunaan bagian pohon berukuran kecil dan residu kehutanan, sehingga menekan limbah dan meningkatkan nilai tambah. Selain itu, strategi tersebut memperkuat bioekonomi lokal, membuka peluang pendapatan baru bagi masyarakat, serta berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim melalui pengurangan emisi dari pembakaran dan dekomposisi limbah kayu. Menurut Awaludin (2025) sudah ada beberapa penelitian dalam menghasilkan glulam menggunakan beberapa jenis kayu tropis Indonesia mencakup pinus (*Pinus merkusii*), jabon (*Anthocephalus cadamba*), mangium (*Acacia mangium* Willd), sengon (*Paraserianthes falcataria*), kayu Afrika (*Maesopsis eminii* Engl.), batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.), mahoni (*Swietenia mahagoni*), jati (*Tectona grandis*), trembesi (*Albizia saman*), merpauh (*Swintonia floribunda*), jelutong (*Dyera costulata*), dan sesendok (*Endospermum* spp.).

Di Indonesia, penerapan glulam menunjukkan peningkatan yang cukup pesat seiring dengan bertambahnya kebutuhan akan material konstruksi yang berkelanjutan serta kemajuan kapasitas produksi dalam negeri. Meski demikian, pemanfaatan glulam berbahan kayu tropis lokal pada berbagai proyek perumahan maupun komersial masih memerlukan dukungan data yang lebih lengkap mengenai karakteristik mekanikanya (Pranata et al., 2025). Terkait bahan kayu tropis lokal, saat ini total produksi kayu bulat Indonesia tahun 2024 mencapai 64,84 juta m<sup>3</sup> yang didominasi oleh jenis kayu rimba campuran yang melimpah sebanyak 32,03 juta m<sup>3</sup> (BPS,

2025). Merujuk Lampiran Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 163/Kpts-II/2003, kelompok jenis kayu rimba campuran merupakan kelompok kayu komersial dua yang lebih murah dari kelompok meranti, kayu indah, dan kayu eboni. Oleh karena itu, penelitian untuk mengeksplorasi kayu jenis rimba campuran yang merupakan kayu tropis lokal sebagai bahan dalam produksi glulam diperlukan untuk menambah informasi ilmiah. Salah satu jenis rimba campuran yang akan diteliti adalah jenis kayu terentang.

Kayu terentang (*Camposperma auriculatum* (Blume) Hook. f.) merupakan salah satu jenis kayu yang umum dijumpai pada ekosistem hutan rawa gambut seperti di Kalimantan Tengah dan Jambi (Istomo & Aziz, 2021). Jenis ini juga dilaporkan tumbuh di kawasan hutan rakyat di Bengkalis, Provinsi Riau (Somadona et al., 2019). Terentang adalah kayu yang ringan dan lunak dengan kerapatan berkisar 0,31–0,60 g/cm<sup>3</sup> (rata-rata 0,435 g/cm<sup>3</sup>). Kayu terentang umumnya digunakan untuk keperluan umum yang ringan seperti pelapis dinding luar dan dalam, rak, furnitur, pertukangan dan moulding, selain itu untuk membuat kotak korek api, venir, chipboard, dan pulp (Soerianegara dan Lemmens, 1993). Pada penelitian ini, kayu terentang digunakan untuk membuat balok glulam, karena sepengetahuan penulis belum ada informasi terkait penelitian kayu terentang sebagai balok glulam. Berbagai studi mengenai karakteristik balok glulam telah dilakukan sejak dahulu hingga saat ini. Faktor-faktor seperti spesies kayu, keberadaan cacat, jumlah serta ketebalan lamina, jenis perekat yang dipakai, dan tekanan pengepresan selama proses produksi, seluruhnya berkontribusi terhadap mutu kayu laminasi yang dihasilkan (Türker dan Kiliñarslan, 2024). Pada studi ini dari beberapa faktor tersebut, jumlah lamina yang akan dipelajari untuk mengetahui pengaruhnya pada sifat balok glulam kayu terentang, dimana menurut Faria et al. (2019) jumlah lamina (lapisan) yang lebih banyak dapat menghasilkan balok yang memiliki kekuatan lebih besar dibandingkan balok yang tersusun dari satu lamina saja. Selanjutnya,

mengetahui bagaimana balok kayu berperilaku dalam kondisi penggunaannya sangatlah penting, sehingga diperlukan pengujian yang mencakup modulus elastisitas (MoE) dan modulus patah (MoR) untuk menilainya. Dengan demikian, tujuan utama studi ini adalah mengeksplorasi pemanfaatan kayu terentang sebagai balok glulam, yaitu mengetahui pengaruh jumlah lamina terhadap sifat fisika dan mekanika balok glulam kayu terentang.

## 2. Metode Penelitian

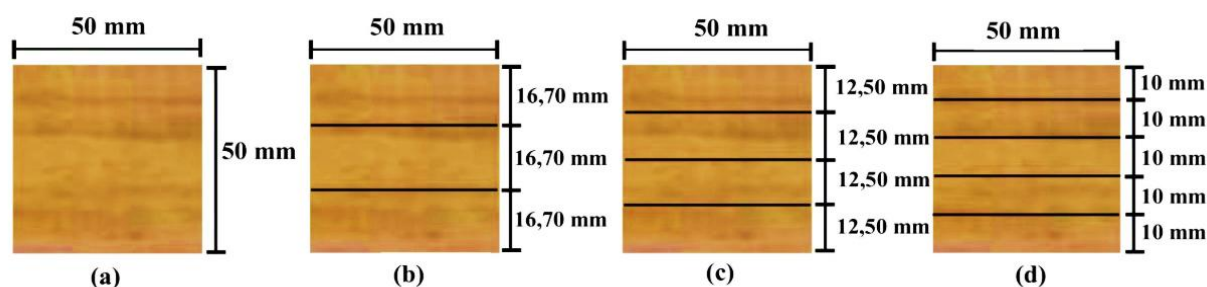
### 2.1. Bahan dan Alat Penelitian

Satu pohon dari jenis Terentang (*Camposperma auriculatum* (Bl) Hook.F.) digunakan dalam penelitian ini dengan diameter 37 cm yang diambil dari Desa Marang, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Perekat yang digunakan adalah *Polivinil Asetat* (PVAc) dengan merek dagang *crossbond X4* dibeli secara online. Peralatan yang digunakan adalah chainsaw, mesin potong, mesin serut, moisture meter, pompa vakum tangan manual dan tas vakum pakaian, kaca akrilik, timbangan digital, oven, kaliper, *Universal Testing Machine* (UTM).

### 2.2. Prosedur Penelitian

Balok glulam jenis kayu terentang yang dibuat berukuran tebal 50 mm x lebar 50 mm x panjang 900 mm dengan 3 jenis variasi jumlah lamina (lapisan), yaitu 3-, 4- dan 5-lapis, serta balok utuh.

Pembuatan balok glulam dimulai dengan penyiapan lamina. Log kayu dari bagian tengah batang satu buah pohon terentang dipotong menjadi papan-papan dengan arah longitudinal. Selanjutnya, papan-papan tersebut dipotong menjadi balok-balok kayu berukuran tebal 60 mm x lebar 60 mm x panjang 900 mm dan dikeringanginkan hingga mencapai kadar air kering udara sekitar 15% yang dikontrol menggunakan moisture meter, kemudian balok-balok kayu tersebut dipotong dan diserut menjadi lamina-lamina, lalu diampelas agar permukaannya halus dan rata dengan ukuran ketebalan lamina untuk masing-masing balok



**Gambar 1.** Penampang melintang balok glulam kayu terentang berdasarkan jumlah lamina: (a) Balok utuh; (b) 3-lapis; (c) 4-lapis; (d) 5-lapis. Diadaptasi dari “Effect of Layers Number on The Bending Properties of Chestnut Glulam Beams,” oleh Türker, Y. Ş., Kılınçarslan, Ş., 2024, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 14(1), 62-71. Diadaptasi dengan perubahan.

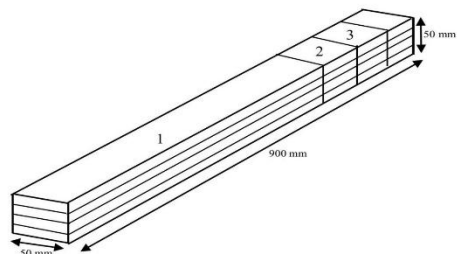
glulam 3-, 4-, dan 5-lapis berturut-turut adalah 16,70 mm, 12,50 mm, dan 10 mm dengan lebar 50 mm x panjang 900 mm. Penampang melintang balok glulam dengan berbagai variasi jumlah lamina ditampilkan pada **Gambar 1**. Setelah lamina selesai disiapkan dalam keadaan permukaan yang sudah bersih dari kotoran, maka dilakukan proses perekatan dengan melaburkan perekat PVAc menggunakan kuas pada kedua permukaan lamina (*double spread*) dengan berat terlabur 200 gr/m<sup>2</sup>. Lamina tersebut disusun secara horizontal dalam 3-, 4-, dan 5-lapis menjadi balok kayu glulam dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 900 mm. Setelah proses perekatan selesai, balok glulam diletakkan di atas kaca akrilik yang telah diolesi wax dan pada bagian atas dan sampingnya ditutupi dengan kain yang juga telah diolesi wax, selanjutnya dibalut dengan jaring plastik, lalu dimasukkan ke dalam tas vakum dan divakum menggunakan pompa vakum manual dengan tekanan yang lebih rendah dari pompa vakum elektrik untuk kantong baju sekitar 0,05 bar atau bervariasi tergantung pada kekuatan fisik pengguna dan tas vakum baru dibuka setelah 24 jam, lalu permukaan balok glulam diratakan dan diperhalus dengan pengamplasan manual untuk menghilangkan sisa perekat yang keluar dari garis rekat, kemudian balok glulam dikondisikan dalam suhu kamar selama 7 hari. Proses vakum balok glulam seperti pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Pemvakuman balok glulam dalam tas vakum (*vacuum bagging*)

Sifat fisika balok glulam yang diuji adalah kadar air dan berat jenis yang masing-masing dilakukan berdasarkan ASTM D 4442 *Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials* (ASTM International, 2020) dan ASTM D 2395 *Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials* (ASTM International, 2017) dan sifat mekanika balok glulam diuji sesuai standar ASTM D143-94 (reapproved 2000) *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber* (ASTM International, 2000). Pengujian lentur statis dilakukan dengan cara memberikan beban terpusat di tengah bentang menggunakan *Universal Testing Machine* (IberTest, Model MIB20AM, Madrid, Spain) untuk mengukur

*Modulus of Elasticity* (MoE) dan *Modulus of Rupture* (MoR). Pola pemotongan contoh uji balok glulam ditampilkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Pola pemotongan balok glulam untuk setiap pengujian contoh uji: 1) contoh uji MoE dan MoR (760 mm x 50 mm x 50 mm); 2) contoh uji kadar air (50 mm x 50 mm); 3) contoh uji berat jenis (50 mm x 50 mm x 50 mm).

Persamaan berikut digunakan untuk menentukan *Modulus of Elasticity* (MoE) dan *Modulus of Rupture* (MoR) (Sulistiyawati et al., 2008):

$$\text{MoE (kg/cm}^2\text{)} = \frac{\Delta PL^3}{4 \Delta Y bh^3}$$

$$\text{MoR (kg/cm}^2\text{)} = \frac{3}{2} \frac{PL}{bh^2}$$

dimana  $\Delta P$  = besarnya gaya proporsional (kg),  $P$  = beban maksimal (kg),  $L$  = panjang bentang (cm),  $b$  = lebar potongan melintang penampang (cm),  $h$  = tinggi potongan melintang penampang (cm),  $\Delta Y$  = defleksi (cm)

### 2.3. Analisis Data Penelitian

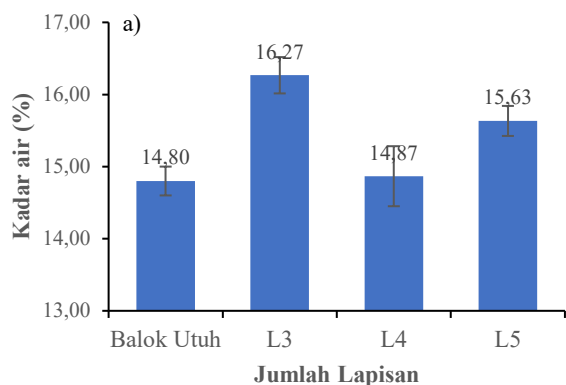
Percobaan dilakukan dengan rancangan acak lengkap satu faktor, yaitu perlakuan jumlah lamina (lapisan). Terdapat empat perlakuan, yaitu balok utuh, balok glulam 3-lapis (L3), balok glulam 4-lapis (L4), dan balok glulam 5-lapis (L5) dengan 3 ulangan untuk setiap perlakuan. Untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi teoretis dari uji parametrik, yaitu distribusi normal dan homogenitas varians dilakukan pengujian dengan uji Shapiro–Wilk. Apabila asumsi tersebut terpenuhi, maka perbandingan nilai rata-rata dianalisis menggunakan ANOVA, berbeda nyata ( $p\text{-value} < 0,05$ ) atau sangat

berbeda nyata ( $p\text{-value} < 0,01$ ) dan dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey pada tingkat kepercayaan 95%.

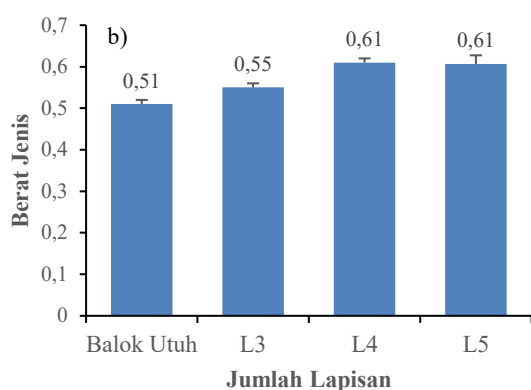
## 3. Hasil Penelitian

### 3.1. Sifat Fisika Balok Glulam

**Gambar 4** dan **Gambar 5** menunjukkan nilai rata-rata terukur untuk kadar air dan berat jenis berdasarkan volume kayu kering tanur dari balok utuh dan balok glulam kayu terentang dengan variasi jumlah lamina (lapisan). Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**, nilai rata-rata kadar air balok utuh, balok glulam 3-lapis (L3), 4-lapis (L4), dan 5-lapis (L5) berkisar antara 14,80–16,27%. Semua nilai rata-rata kadar air tersebut mencapai kadar air keseimbangan 10,6–20,5% (Lestari et al., 2018). Hasil Anova pada Tabel 1 menunjukkan adanya pengaruh sangat nyata jumlah lamina terhadap kadar air ( $p < 0,01$ ). Berdasarkan uji Tukey, kadar air tertinggi terdapat pada L3 (16,27%) yang berbeda nyata dengan balok utuh (14,80%) dan L4 (14,87%), sementara L5 (15,63%) berada di kelompok menengah tetapi tidak berbeda nyata dari L3. Balok utuh, balok glulam 4-, dan 5-lapis memiliki kadar air mirip dan tidak berbeda nyata. Kadar air menunjukkan kecenderungan menurun dengan bertambahnya jumlah lamina. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian balok laminasi kayu galam (*Melaleuca cajuputi*) dan balok lamina batang kelapa sawit yang dilaporkan masing-masing oleh Purwaningrum et al. (2019) dan Harsono et al. (2021)) bahwasemakin banyak jumlah lapisan, semakin banyak garis rekat dan volume perekat yang mengisi rongga kayu/batang sawit sehingga mengurangi kemampuan kayu/batang sawit menyerap dan melepaskan air. Selain jumlah lapisan, menurut Cahyono et al. (2014) bahwa kadar air pada glulam dapat dipengaruhi oleh kandungan air awal lamina dan kondisi lingkungan. Pada penelitian ini, balok glulam kayu terentang mempunyai kadar air awal lamina sekitar 15% yang mungkin juga dapat mempengaruhi hasil kadar air balok glulam.



**Gambar 4.** Kadar air balok glulam dengan variasi jumlah lamina (lapisan)



**Gambar 5.** Berat jenis balok glulam dengan variasi jumlah lamina (lapisan)

**Tabel 1.** Ringkasan anova dan uji Tukey untuk keempat variabel

Variabel	F	p-value	Kesimpulan ANOVA	Uji Tukey ( $\alpha=0,05$ )
Kadar Air	18,12	0,0006	Sangat berbeda nyata	$L3^a > L5^{ab} > L4^b \approx$ Balok Utuh <sup>b</sup>
Berat Jenis	37,86	<0,001	Sangat berbeda nyata	$L4^a \approx L5^a > L3^b >$ Balok Utuh <sup>c</sup>
MoE	6,48	0,016	Berbeda nyata	Balok Utuh <sup>a</sup> > $L3^{ab}$ > $L4^b \approx L5^b$
MoR	5,44	0,025	Berbeda nyata	Balok Utuh <sup>a</sup> > $L3^{ab}$ $\approx L5^{ab} > L4^b$

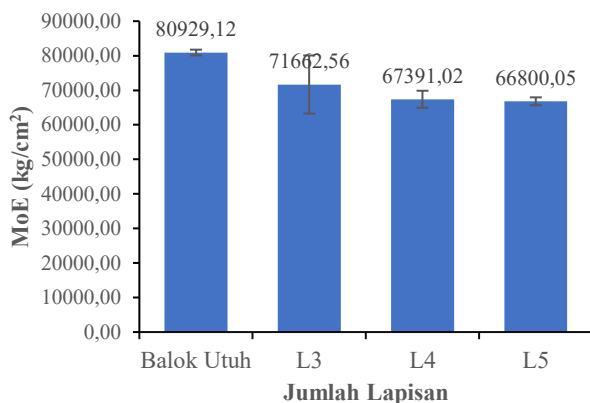
Nilai rata-rata terukur untuk berat jenis balok utuh dan balok glulam kayu terentang ditunjukkan pada **Gambar 5**, yaitu berkisar antara 0,51–0,61. Berdasarkan hasil Anova yang ditampilkan pada Tabel 1, berat jenis dipengaruhi secara sangat nyata oleh jumlah lamina ( $p < 0,01$ ). Dari uji Tukey untuk berat jenis, balok glulam L4 (0,61) dan L5 (0,61) memiliki berat jenis paling tinggi dan tidak berbeda nyata satu sama lain, sedangkan L3 (0,55) berada di tengah, berbeda nyata dari L4,

L5, dan balok utuh. Selanjutnya balok utuh memiliki berat jenis paling rendah (0,51) dan berbeda nyata dari semuanya. Hasil tersebut menunjukkan kecenderungan, semakin banyak jumlah lamina, maka berat jenis semakin meningkat dibandingkan balok utuh. Temuan ini sesuai dengan laporan Cahyono et al. (2014), yang menyebutkan bahwa variasi nilai berat jenis kayu sangat dipengaruhi oleh struktur seluler kayu (ketebalan dinding sel dan lumen), di mana serat berdinding tebal dan berlumen kecil cenderung memiliki berat jenis yang tinggi, sedangkan serat berdinding tipis dan berlumen besar cenderung memiliki berat jenis yang rendah. Pada glulam, selain faktor anatomi serat, perbedaan berat jenis juga muncul akibat proses perekatan, karena perekat mengisi rongga di antara permukaan lamina sesuatu yang tidak terjadi pada kayu solid dengan ukuran yang sama.

### 3.2. Sifat Mekanika Balok Glulam

**Gambar 6** menunjukkan nilai rata-rata MoE balok utuh dan balok glulam kayu terentang. Ringkasan anova dan uji Tukey ditampilkan pada Tabel 1. Nilai rata-rata MoE yang diamati untuk balok utuh dan balok glulam kayu terentang berkisar antara 80929,12–66800,05 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil anova untuk MoE menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan ( $p < 0,05$ ). Dari uji Tukey, balok utuh memiliki nilai tertinggi (80929,12 kg/cm<sup>2</sup>) yang berbeda nyata dengan L4 (67391,02 kg/cm<sup>2</sup>) dan L5 (66800,05 kg/cm<sup>2</sup>), sementara L3 (71662,56 kg/cm<sup>2</sup>) berada di kelompok overlap. Nilai MoE cenderung semakin menurun dengan bertambahnya jumlah lamina pada balok glulam dengan dimensi yang sama. Nilai rata-rata MoE L4 dan L5 lebih rendah dibandingkan balok utuh dengan perbedaan yang nyata, Temuan ini serupa dengan penelitian Yoresta (2018), dimana penulis menguji kekakuan balok glulam kayu pinus dengan jumlah lamina 2, 3, 4, 5 dan dibandingkan dengan balok utuh dengan ukuran yang sama. Penulis menemukan bahwa semakin banyak jumlah lamina akan memberikan pengaruh pada berkurangnya nilai kekakuan. Penambahan lamina membuat setiap

lapisan menjadi lebih tipis, sehingga kekakuan masing-masing lamina penyusunnya juga berkurang. Kondisi tersebut tampak pada balok glulam kayu pinus 5 lapis, yang kemungkinan terjadi karena kualitas rekatan antar lamina kurang sempurna saat pengujian.

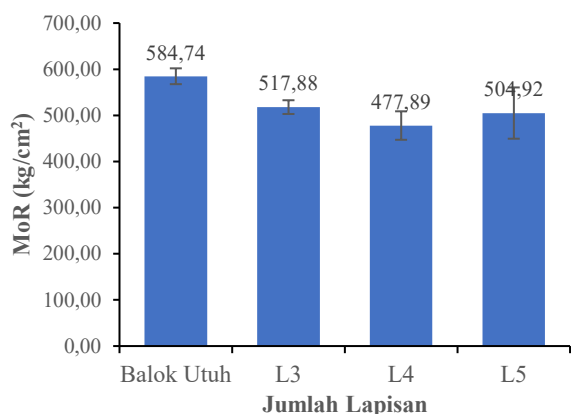


**Gambar 6.** MoE balok glulam dengan variasi jumlah lamina (lapisan)

Selain itu, rendahnya nilai MoE pada balok glulam kayu terentang L4 dan L5 (yang memiliki jumlah lapisan lebih banyak) dibandingkan L3 diduga turut dipengaruhi oleh salah satu parameter proses produksi, yaitu tekanan yang kurang optimal karena menggunakan metode *vacuum bagging* yang hanya memakai pompa vakum secara manual (pompa vakum tangan) dengan tekanan sangat kecil yang dapat menyebabkan penetrasi perekat kurang baik, sehingga rekatan antar lamina-lamina yang tipis tidak sepenuhnya optimal pada saat pengujian MoE. Meskipun hasil pengukuran berat jenis pada L4 dan L5 menunjukkan peningkatan yang berbeda sangat nyata dibandingkan balok utuh maupun L3, peningkatan tersebut tidak diikuti oleh kenaikan nilai MoE. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun jumlah perekat yang terserap lebih besar pada L4 dan L5 akibat area rekatan yang lebih luas, proses peresapan perekat kemungkinan belum berlangsung secara optimal. Sementara, balok kayu utuh yang paling kaku dapat dijelaskan oleh tidak adanya garis rekat (lamiasi), sehingga tidak terdapat potensi slip geser pada antarmuka lamina sebagaimana pada balok

glulam. Das et al. (2023) dalam penelitian balok glulam *Albizia procera* 10 lapis menegaskan tekanan juga membantu penetrasi perekat ke dalam pori-pori kayu, yang membantu menutup ruang dan membentuk struktur garis lem yang lebih kaku dan terintegrasi. Penerapan tekanan dan perekat menghasilkan peningkatan kekompakan glulam. Dengan demikian, tekanan yang diberikan dapat meningkatkan MoE glulam *Albizia procera*. Oleh sebab itu, penelitian selanjutnya direncanakan menggunakan metode *vaccum bagging* dengan melakukan pemvakuman menggunakan mesin pompa vakum dengan tekanan sekitar 1 bar, sehingga tekanan lebih tinggi dibandingkan penggunaan pompa vakum manual. Selain itu, alternatif metode pengepresan menggunakan klem F juga dapat diterapkan.

Beberapa penelitian sebelumnya juga mengonfirmasi mengenai bertambahnya jumlah lamina (lapisan) akan meningkatkan atau menurunkan MoR dan MoE pada balok glulam seperti Türker et al. (2024) melakukan studi eksperimental dan numerik yang membandingkan glulam chestnut 3-lapis dan 5-lapis, menunjukkan bahwa 5-lapis dapat meningkatkan modulus elastisitas dan kekuatan lentur dibanding 3-lapis dan kayu solid bila lamina terpilih dan proses produksi baik, dimana diterapkan tekanan sekitar 1–2 N/mm<sup>2</sup> dengan menggunakan perekat melamin formaldehida. Sementara Faria et al. (2019) dalam studinya secara eksplisit menguji pengaruh jumlah lamina (5, 7, 9 lapis, dan kayu solid) pada perilaku mekanika glulam menggunakan perekat berbasis polyurethane nabati dan melaporkan bahwa peningkatan jumlah lamina menghasilkan penurunan kekakuan dan kekuatan, dimana glulam 5-lapis dari kayu *Toona ciliate* menghasilkan nilai rata-rata tertinggi yang setara dengan kayu solid.

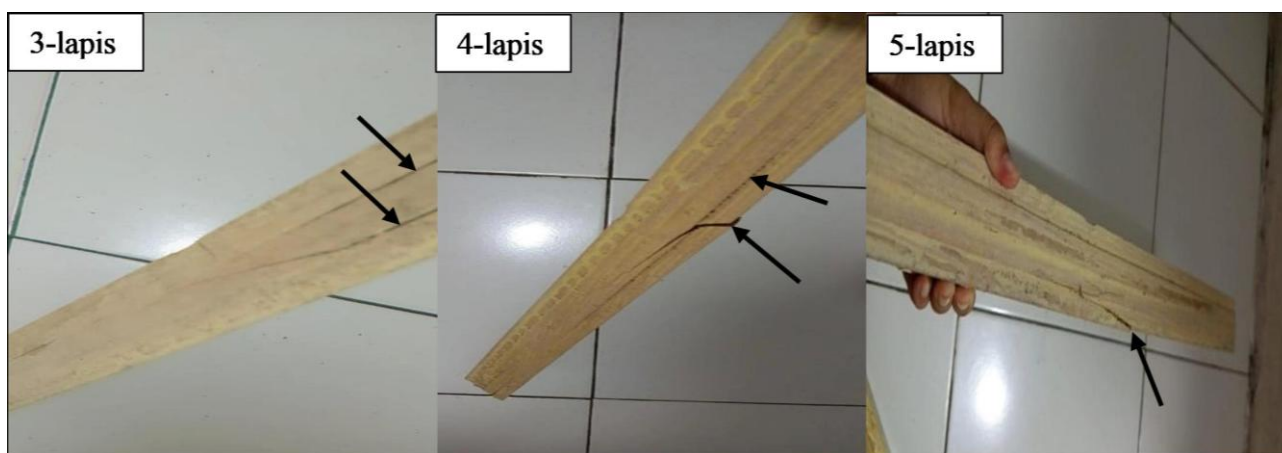


**Gambar 7.** MoR balok glulam dengan variasi jumlah lamina (lapisan)

**Gambar 7** memperlihatkan nilai rata-rata MoR balok utuh (584,74 kg/cm<sup>2</sup>) yang tertinggi, diikuti L3 (517,88 kg/cm<sup>2</sup>) dan L5 (504,92 kg/cm<sup>2</sup>), kemudian L4 (477,89 kg/cm<sup>2</sup>) yang terendah. Berdasarkan Tabel 1, MoR dipengaruhi oleh jumlah lamina ( $p < 0,05$ ). Hasil uji Tukey pada Tabel 1 memperlihatkan Balok utuh (584,74 kg/cm<sup>2</sup>) berbeda nyata dengan L4 (477,89 kg/cm<sup>2</sup>), sementara L3 (517,88 kg/cm<sup>2</sup>) dan L5 (504,92 kg/cm<sup>2</sup>) overlap, dimana tidak berbeda nyata dengan balok utuh, juga tidak berbeda nyata dengan L4. Temuan penelitian ini sejalan dengan Yoresta (2018) yang menunjukkan bahwa tidak ada balok glulam kayu pinus yang memiliki nilai MoR lebih tinggi daripada balok utuh. Kondisi ini diduga terkait dengan kualitas rekat antarlamina yang kurang optimal, sehingga balok glulam tidak mampu bekerja sebagai satu

kesatuan. Menurut Sulistyawati et al. (2008) fenomena kegagalan glulam horizontal umumnya diawali oleh terjadinya slip antarlamina, yang kemudian berkembang menjadi kerusakan pada daerah tarik, khususnya pada serat bagian bawah penampang. Berkaitan dengan jenis kegagalan balok glulam kayu terentang pada saat pengujian lentur balok glulam ditampilkan pada **Gambar 8**. Balok glulam 4-lapis dan 5-lapis menunjukkan kerusakan pada serat bagian terluar balok di daerah tarik dan selain itu juga pada balok glulam 4-lapis terjadi kegagalan berupa slip pada rekatan lamina di lapis paling bawah. Sementara pada balok glulam 3-lapis terjadi kerusakan slip pada rekatan lamina di lapis teratas dan terbawah.

Jika nilai MoR balok glulam kayu terentang dibandingkan dengan nilai MoR balok glulam dari jenis kayu dengan berat sedang seperti kayu pinus (*Pinus merkusii*) pada studi Yoresta (2018), balok glulam kayu pinus pada jumlah lamina 4-lapis memiliki nilai MoR tertinggi sebesar 614,38 kg/cm<sup>2</sup>, lebih besar dibandingkan balok glulam kayu terentang pada jumlah lamina yang sama yaitu sebesar 477,89 kg/cm<sup>2</sup>. Pada balok glulam 3-lapis, MoR kayu terentang (517,88 kg/cm<sup>2</sup>) sedikit lebih tinggi dibandingkan kayu pinus (479,88 kg/cm<sup>2</sup>), sedangkan pada balok glulam 5-lapis, nilai MoR kayu pinus (519,65 kg/cm<sup>2</sup>) relatif sebanding dengan MoR kayu terentang (504,92 kg/cm<sup>2</sup>). Secara umum, balok glulam



**Gambar 8.** Jenis kegagalan pada balok glulam kayu terentang

kayu pinus menunjukkan nilai MoR tertinggi pada jumlah lamina tertentu, khususnya pada 4-lapis, sementara balok glulam kayu terentang memperlihatkan nilai MoR yang tidak menunjukkan variasi yang besar pada berbagai variasi jumlah lamina, sesuai dengan hasil uji Tukey yang menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata antar perlakuan. Yoresta (2018) menyebutkan bahwa peningkatan jumlah lamina cenderung diikuti oleh penurunan nilai kekakuan dan MoR.

Berdasarkan kelas kekuatan kayu pada **Tabel 2** (Oey, 1990), kayu utuh terentang termasuk kelas kuat III. Semua balok glulam kayu terentang tidak mengalami peningkatan kelas dari kayu utuh. Balok glulam L3 dan L5 masih berada pada kelas kuat III, sedangkan balok glulam L4 tergolong ke dalam kelas kuat IV berdasarkan nilai MoR yang diperoleh.

**Tabel 2.** Klasifikasi kuat kayu

Kelas Kuat	Berat Jenis	MoR (Kg/cm <sup>2</sup> )
I	>0,90	>1100
II	0,90–0,60	1100–725
III	0,60–0,40	725–500
IV	0,40–0,30	500–360
V	<0,30	<360

Sumber: Oey (1990)

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Jumlah lamina memengaruhi secara sangat nyata sifat fisika balok glulam kayu terentang. Sementara untuk sifat mekanikanya berpengaruh nyata.

Balok glulam dengan jumlah lamina 3-lapis menunjukkan kadar air paling tinggi yang secara nyata berbeda dari kayu utuh maupun balok glulam 4-lapis. Namun tidak berbeda nyata dengan balok glulam 5-lapis. Sebaliknya, kadar air pada kayu utuh serta balok glulam 4- dan 5-lapis relatif serupa dan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Kadar air cenderung semakin berkurang seiring dengan peningkatan jumlah lamina.

Untuk berat jenis, nilai terbesar ditemukan pada balok glulam 4- dan 5-lapis, keduanya tidak berbeda secara nyata. Balok glulam 3-lapis berada pada posisi menengah, menunjukkan perbedaan nyata baik dari kayu utuh maupun dari balok glulam 4- dan 5-lapis. Kayu utuh memiliki berat jenis terendah, yang

secara nyata berbeda dari seluruh varian balok glulam. Berat jenis cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah lamina.

Nilai MoE balok glulam dengan jumlah lamina 4- dan 5-lapis berbeda nyata dengan balok utuh, tetapi nilai MoE balok glulam 3-lapis tidak berbeda nyata dengan balok utuh. Sementara nilai MoE balok glulam dengan jumlah lamina 3-, 4-, dan 5-lapis tidak berbeda nyata satu sama lain. Nilai MoE cenderung menurun seiring dengan bertambahnya jumlah lamina. Balok utuh mempunyai nilai MoE tertinggi diikuti berturut-turut balok glulam 3-, 4-, dan 5-lapis.

Nilai MoR balok glulam 4-lapis menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan balok utuh. Namun, balok glulam 3-lapis dan 5-lapis tidak menampilkan perbedaan yang nyata terhadap balok utuh. Di sisi lain, perbandingan nilai MoR antarbalok glulam 3-, 4-, dan 5-lapis juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Secara umum, nilai MoR tampak mengalami penurunan seiring bertambahnya jumlah lamina. Untuk MoR, balok utuh memberikan nilai tertinggi, diikuti secara berurutan oleh balok glulam 3-lapis, 5-lapis, dan 4-lapis.

Balok glulam 3-lapis cenderung menunjukkan kinerja mekanik yang lebih baik dibandingkan glulam 4- dan 5-lapis. Namun, kadar air yang relatif lebih tinggi pada glulam 3-lapis berpotensi memengaruhi stabilitas dimensi, sehingga pengendalian pengeringan kadar air awal lamina pada penelitian selanjutnya perlu mendapat perhatian. Berdasarkan berat jenis dan MoR, balok glulam 3-lapis tergolong kelas kuat III yang sekelas dengan kayu utuh yang masih layak digunakan untuk komponen konstruksi non-struktural, seperti kusen pintu, kusen jendela, serta kerangka partisi.

#### Daftar Pustaka

- ASTM International. (2000). ASTM D143-94: Standard test methods for small clear specimens of timber (Reapproved 2000). West Conshohocken, PA: ASTM

- International. Retrieved from <https://www.astm.org/d0143-94.html>
- ASTM International. (2017). ASTM D2395-17: Standard test methods for density and specific gravity (relative density) of wood and wood-based materials. West Conshohocken, PA: ASTM International. Retrieved from <https://doi.org/10.1520/D2395-17>
- ASTM International. (2020). *ASTM D4442-20: Standard test methods for direct moisture content measurement of wood and wood-based materials*. West Conshohocken, PA: ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D4442-20>
- Awaludin, A., Shulhan, M. A., Effendi, M. K., Irawati, I. S., Hassan, R. 2025. Flexural Properties of Structural Size Glulam Beams Made from Indonesian Wood Species: Experimental Programs. *Journal of Korean Wood Science and Technology*, 53(3), 287-300.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2025. Statistik Produksi Kehutanan 2024. <https://www.bps.go.id/id/publication/2025/07/31/5d52b059fcdd4ee31622e83b/statistik-produksi-kehutanan-2024.html> (diakses Desember 2025).
- Cahyono, T. D., Ohorella, S., Febrianto, F., Priadi, T., Wahyudi, I. 2014. Sifat fisis dan mekanis glulam dari kayu samama. *J Ilmu Teknol Kayu Tropis*, 12(2), 186-195.
- Das, A. K., Islam, M. N., Ghosh, C. K., Ghosh, R. K. 2023. Physical and mechanical properties of *Albizia procera* glulam beam. *Heliyon*, 9(8).
- Faria, D. L., Cruz, T. M., Mesquita, L., Duarte, P. J., Mendes, L. M., Guimarães, J. B. 2019. Number of laminae on the mechanical behavior of glued laminated timber (glulam) of *Toona ciliata* produced with vegetable polyurethane adhesive. *Ciência e Agrotecnologia*, 43(00), e014819.
- Harsono D., Ihsan H., Miyono, Setiawati E. 2021. Sifat fisik dan mekanik balok lamina dari batang kelapa sawit berdasarkan jumlah lapisan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 13(1), 51 – 64.
- Istomo, I., & Aziz, A. (2021). Struktur Tegakan dan Sebaran Jenis Terentang (*Camposperma auriculata*) dan Mendarahan (*Knema laurina*) di Hutan Rawa Gambut. *Journal of Tropical Silviculture*, 12(1), 9-16.
- Lestari, A. S. R. D., Hadi, Y. S., Hermawan, D., Santoso, A. 2018. Physical and mechanical properties of glued laminated lumber of pine (*Pinus merkusii*) and jabon (*Anthocephalus cadamba*). *Journal of Korean Wood Science and Technology*, 46(2), 143-148.
- Li, Y., Kang, X., Feng, H. 2025. Dynamic life cycle assessment of Canadian glued-laminated (Glulam) timber: a pathway to sustainable structural systems in construction. *Journal of Wood Science: article in press*.
- Mercimek, Ö., Ghoroubi, R., Akkaya, S. T., Türer, A., Anıl, Ö., İşleyen, Ü. K. 2024. Flexural behavior of finger joint connected glulam wooden beams strengthened with CFRP strips. In *Structures*, Vol. 66, p. 106853. Elsevier.
- Neves, P. H. L., Maffioletti, F. D., Stragliotto, M. C., da Silva Moreira, L., de Aguiar Rodrigues, R., de Sousa Moreira, T. A., Andrade F.W.C., Macedo A.N., Moutinho, V. P. 2025. Performance of amazonian species in the production of glued laminated timber. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 142, 104100.
- Oey Djoen Seng, O. D. 1990. Berat Jenis dari Jenis-jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek. Pengumuman No.13. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.

- Pranata, Y. A., Suryoatmono, B., Hassan, R., Pattipawaej, O. C., Ahmad, Z. 2025. Structural behavior of beam-to-column glued laminated timber connection using double steel plates. *BioResources*, 20(4).
- Purwaningrum, T., Hamidah, S., Yuniarti. 2019. Pengaruh jumlah lapisan terhadap sifat fisik dan mekanik balok laminasi kayu galam (*Melaleuca cajuputi*). *Jurnal Sylva Scientiae*, 2(2), 1–10.
- Segundinho, P. G. de A., Lopes, N. F., Gonçalves, F. G., Oliveira, R. F., de Oliveira, R. G. E., da Silva Oliveira, J. T., Mastela, L. da C, Belumat M.A.R., Paes, J. B. 2024. Analysis of physical and mechanical properties of glued laminated timber elements produced from eucalyptus residues. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 21(2), 371-378.
- Somadona, S., Sribudiani, E., & Rahmawati, A. 2019. The physical properties of densified Terentang wood (*Camposperma auriculatum* (blume) hook. f) on various steaming and pressing time. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 374(1), p. 012060. IOP Publishing.
- Soerianegara, I., & Lemmens, R. H. M. J. (Eds.). 1993. *Plant resources of South-East Asia No. 5 (1) Timber trees: major commercial timbers*.
- Sulistiyawati I, Nugroho N, Suryokusumo S, Hadi YS. 2008. Kekakuan dan kekuatan lentur maksimum balok glulam dan utuh kayu akasia. *J Teknik Sipil* 15(3):114-115, 118.
- Türker, Y. Ş., & Kılınçarslan, Ş. 2024. Effect of layers number on the bending properties of chestnut glulam beams. *The Black Sea Journal of Sciences*, 14(1), 62–71.
- Yoresta, F. S. 2014. Studi eksperimental perilaku lentur balok glulam kayu pinus (*Pinus merkusii*). *Jurnal Ilmu Teknologi Kayu Tropis*, 12(1), 33-38.