

ANALISIS KARAKTERISTIK FISIS DAN MEKANIS KAYU LAMINASI BERBASIS FAST-GROWING WOOD SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL STRUKTURAL RAMAH LINGKUNGAN

Risqi Sofiana¹, I Ketut Hendra Wiryasuta^{2*}, Gde Bayu Mahatmanda Sudana³

¹⁻³Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jawa Timur
Jalan Raya Jember Km. 13, Labanase, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur
*Korespondensi email: hendrawiryasuta@poliwangi.ac.id

Abstract:

The demand for environmentally friendly construction materials has encouraged the development of alternative structural materials with low carbon impact. Fast-growing wood has become a potential solution due to its high availability, renewability, and short harvesting cycle. However, its natural characteristics—such as low density, limited mechanical strength, and poor dimensional stability—make it less optimal for use in structural elements. This study aims to analyze the physical and mechanical properties of laminated timber made from fast-growing wood as a sustainable structural material alternative. The physical tests include moisture content and density, while the mechanical tests cover tensile strength parallel to the grain, compressive strength parallel to the grain, and static bending strength (Modulus of Rupture/MOR) as well as stiffness (Modulus of Elasticity/MOE). Each test was performed on five samples. Seven types of wood were used, namely Sengon, Jabon, Gmelina, Mahogany, Acacia, Leucaena, and Siris-siris, in both solid and laminated forms. The results show that the lamination process can retain approximately 80–90% of the mechanical strength of solid wood, with an average decrease of 15–25% in MOR and 20–30% in MOE values. Mahogany and Acacia exhibited the highest performance in both solid and laminated conditions, making them suitable for lightweight structural applications such as beams and floor panels. These findings confirm that lamination technology effectively enhances the strength and utilization efficiency of fast-growing wood, supporting the implementation of sustainable green construction concepts.

Keywords: fast-growing wood, laminated wood, physical properties, mechanical properties

Abstrak:

Kebutuhan akan material konstruksi yang ramah lingkungan mendorong pengembangan bahan struktural alternatif dengan dampak karbon rendah. Kayu cepat tumbuh (fast-growing wood) menjadi solusi potensial karena ketersediaannya tinggi, dapat diperbarui, dan memiliki siklus panen singkat. Namun, sifat alaminya yang berkerapatan rendah, kekuatan mekanis terbatas, serta ketabilan dimensi yang kurang menyebabkan penggunaannya belum optimal untuk elemen struktural bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisis dan mekanis kayu laminasi berbasis fast-growing wood sebagai alternatif material struktural berkelanjutan. Pengujian fisis meliputi kadar air dan kerapatan, sedangkan pengujian mekanis meliputi kuat tarik sejajar serat, kuat tekan sejajar serat, dan keteguhan lentur statis (Modulus of Rupture/MOR) serta kekakuan (Modulus of Elasticity/MOE). Setiap jenis pengujian dilakukan pada lima sampel uji. Tujuh jenis kayu digunakan, yaitu Sengon, Jabon, Gmelina, Mahoni, Akasia, Lamtoro, dan Siris-siris, dalam bentuk kayu solid dan kayu laminasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses laminasi mampu mempertahankan sekitar 80–90% kekuatan mekanis kayu solid, dengan rata-rata penurunan nilai MOR sebesar 15–25% dan MOE sebesar 20–30%. Jenis Mahoni dan Akasia menunjukkan performa

tertinggi pada kondisi solid maupun laminasi, sehingga direkomendasikan untuk aplikasi elemen struktural ringan seperti balok dan pelat lantai. Temuan ini menegaskan bahwa teknologi laminasi efektif dalam meningkatkan kekuatan dan efisiensi pemanfaatan kayu cepat tumbuh, serta mendukung penerapan konsep konstruksi hijau yang berkelanjutan.

Kata kunci: fast-growing wood, kayu laminasi, sifat fisis, sifat mekanis

1. PENDAHULUAN

Konstruksi berkelanjutan merupakan salah satu isu strategis dalam pembangunan global yang terus berkembang. Upaya untuk mewujudkan pembangunan ramah lingkungan mendorong munculnya berbagai inovasi dalam pemilihan material bangunan, pengurangan emisi karbon, dan efisiensi energi. Seiring dengan perkembangan teknologi konstruksi, pemanfaatan material yang ringan, efisien, dan memiliki dampak lingkungan yang rendah menjadi fokus utama dalam merancang sistem struktur bangunan yang aman dan berkelanjutan [1-5].

Beton merupakan material yang sering digunakan dalam konstruksi karena memiliki kuat tekan yang tinggi dan mampu menahan beban yang berat, namun membutuhkan banyak komponen material, berdampak negatif terhadap lingkungan dan pemanasan global (emisi gas rumah kaca). Konstruksi beton berdampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan emisi gas rumah kaca rata-rata sebesar 42,68% lebih tinggi dibandingkan bangunan kayu massif [6]. Produksi beton secara global dapat mencapai 4 miliar meter kubik per tahun dengan konversi kebutuhan semen mencapai 1,25 miliar ton [7]. Dampak karbon dioksida dan emisi gas rumah kaca, menjadikan konstruksi beton berbahaya bagi lingkungan dan pada pemanasan global.

Material memiliki peranan utama dalam bangunan, dengan prioritas pada penggunaan material yang bersifat eco-label dan material lokal [8]. Kayu menjadi salah satu alternatif material eco-label karena dapat diperbarui dan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, namun memiliki kelemahan rentan terhadap perubahan dimensi akibat fluktuasi kelembaban dan suhu, dapat mengalami

penyusutan dan pemuaian yang dapat menyebabkan deformasi struktural [9]. Menurut [10] dampak penggunaan kayu sebagai material konstruksi dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 25%. Pertumbuhan kayu yang lama menyebabkan penggunaan kayu yang berkualitas dan memiliki kekuatan yang tinggi untuk struktur bangunan semakin berkurang. Hal ini menjadi tolak ukur bagi pemerintah untuk mulai mengembangkan spesies kayu cepat tumbuh (fast growing) sebagai solusi untuk memenuhi pasokan kebutuhan kayu [11-13]

Penggunaan jenis kayu dari pohon cepat tumbuh (fast-growing species) seperti sengon, jabol, dan gmelina menjadi solusi potensial untuk menjawab isu keterbatasan sumber daya hutan alam. Kayu dari spesies cepat tumbuh memiliki siklus panen yang singkat dan dapat dibudidayakan dalam sistem hutan tanaman industri. Meskipun demikian, sifat fisis dan mekanis dari kayu cepat tumbuh umumnya lebih rendah dibandingkan kayu keras konvensional [14]. Oleh karena itu, rekayasa struktur mikro melalui proses laminasi menjadi pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas dimensi kayu tersebut.

Dengan mempertimbangkan potensi dan tantangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik fisis dan mekanis kayu laminasi berbasis fast-growing wood sebagai alternatif material struktural yang ramah lingkungan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material konstruksi yang berkelanjutan dan efisien, serta mendukung upaya global dalam mengurangi dampak lingkungan dari sektor konstruksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fast-Growing Wood

Kayu cepat tumbuh (*fast-growing wood*) merupakan jenis kayu yang berasal dari pohon-pohon yang memiliki siklus pertumbuhan pendek, umumnya dapat dipanen dalam waktu kurang dari 10 hingga 15 tahun. Spesies ini biasanya berasal dari hutan tanaman industri dan dimanfaatkan secara intensif untuk memenuhi kebutuhan bahan baku kayu secara berkelanjutan.

Karakteristik umum kayu cepat tumbuh antara lain [14]:

- a. Pertumbuhan biomassa yang cepat.
- b. Densitas yang relatif rendah.
- c. Sifat mekanik yang cenderung lebih rendah dibandingkan kayu slow-growing.
- d. Rentan terhadap deformasi dan serangan organisme perusak jika tidak diolah secara tepat.

Kayu cepat tumbuh memiliki kelebihan utama berupa [15]:

- a. Ketersediaan bahan baku yang tinggi dan berkelanjutan.
- b. Reduksi tekanan terhadap hutan alam.
- c. Potensi sebagai substitusi material non-terbarukan

Namun, kayu cepat tumbuh juga memiliki sejumlah tantangan, terutama dalam aspek performa teknis [16]:

- a. Kerapatan dan kekuatan mekanis rendah.
- b. Dimensional instability (mudah melengkung atau retak).
- c. Perlu modifikasi seperti laminasi atau pengawetan untuk meningkatkan performa.

Salah satu pendekatan untuk mengatasi kelemahan kayu cepat tumbuh adalah dengan teknologi laminasi, yakni menyusun potongan-potongan *veneer* atau papan menjadi satu kesatuan elemen komposit menggunakan perekat. Teknik ini dikenal

dengan istilah *laminated veneer lumber* (LVL) atau *glue laminated timber* (glulam). [14] menunjukkan bahwa LVL dari kayu cepat tumbuh menunjukkan peningkatan signifikan dalam modulus elastisitas dan ketahanan lentur dibandingkan dengan kayu solidnya. Hal ini menunjukkan bahwa teknik rekayasa dapat menjadikan *fast-growing wood* layak sebagai bahan struktural ringan.

Penelitian oleh [15] menyatakan bahwa penggunaan kayu cepat tumbuh dalam bentuk produk rekayasa seperti LVL atau CLT (cross-laminated timber) dapat membantu menurunkan emisi karbon dalam konstruksi. Hal ini sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dan green building. Pemanfaatan kayu cepat tumbuh lokal juga membuka peluang ekonomi bagi masyarakat di daerah penghasil hutan tanaman, sehingga memperkuat aspek sosial-ekonomi dari konstruksi berkelanjutan.

2.2. Pengujian Fisis Kayu

Pengujian sifat fisis dilakukan untuk mengetahui karakteristik kayu berdasarkan acuan standar pada ketentuan yang berlaku. Pengujian sifat fisis antara lain meliputi:

a. Pengujian Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya kandungan air dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering oven. Kadar air pada kayu dapat mempengaruhi sifat pada kayu. Pada pengujian dilakukan pemotongan pada sebagian kayu dengan ukuran tertentu, digunakan sebagai sampel uji kadar air. Menurut kadar air pada kayu dapat mempengaruhi proses penetrasi perekat. Berdasarkan standar ASTM D2395 persamaan yang digunakan untuk menentukan kadar air kayu sebagai berikut:

$$M = \frac{m_M - m_O}{m_O} \times 100 \quad (1)$$

dimana: M adalah kadar air kayu (%), m_M adalah massa awal (gr), m_O adalah massa kering oven (gr)

b. Pengujian Kerapatan Kayu

Kerapatan kayu adalah perbandingan massa benda uji dengan volume benda uji pada kadar air tertentu. Kerapatan kayu dapat dinyatakan dalam berat kayu dibagi dengan volume kayu. Berdasarkan ASTM D2395, maka persamaan yang digunakan untuk mengetahui kerapatan kayu adalah sebagai berikut:

$$\rho_M = \frac{m_M}{v_M} \quad (2)$$

dimana: ρ_M adalah kerapatan kayu pada kadar air M (gr/cm^3), m_M adalah massa awal (gr), v_M adalah volume benda uji pada kadar air M (cm^3)

c. Pengujian Berat Jenis

Berat jenis kayu merupakan perbandingan massa kayu dengan kerapatan kayu. Berdasarkan RSNI PKKI NI-5, langkah yang digunakan untuk mengetahui nilai berat jenis pada kayu adalah sebagai berikut:

Hitung berat jenis pada $m\%$ (G_m) dengan rumus:

$$G_m = \frac{\rho}{[1.000 (\frac{1+m}{100})]} \quad (3)$$

Hitung berat jenis dasar (G_b) dengan rumus:

$$G_b = \frac{G_m}{[1+0,265aG_m]} \text{ dengan } a = \frac{(30-m)}{30} \quad (4)$$

Hitung berat jenis pada kadar air 15% (G_{15}) dengan rumus :

$$G_{15} = \frac{G_b}{(1-0,133G_b)} \quad (5)$$

Hitung estimasi kuat acuan dengan rumus

$$G = G_{15} \quad (6)$$

Modulus Elastisitas Lentur,

$$E_w (\text{MPa}) = 16.000G^{0.71} \quad (7)$$

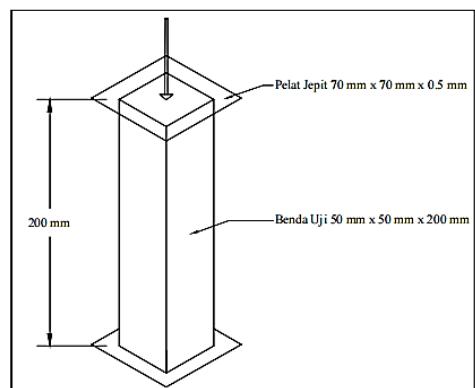
dimana: G adalah berat jenis kayu pada kadar air 15%

2.3. Pengujian Mekanis Kayu

a. Pengujian Kuat Tekan Kayu

Menurut SNI 03-3958-1995, kuat tekan merupakan kemampuan kayu dalam menerima beban tekan persatuannya luas bidang. Kuat tekan kayu adalah kekuatan kayu yang dapat memikul beban yang diberikan sampai kayu mengalami kerusakan. Pengujian kuat

tekan dibagi menjadi dua kategori pengujian kuat tekan sejajar arah serat dan kuat tekan tegak lurus arah serat. Kuat tekan sejajar serat adalah kemampuan kayu dalam menerima beban yang bekerja dengan arah beban dan serat kayu yang sejajar, sedangkan kuat tekan tegak lurus arah serat merupakan kemampuan kayu dalam menerima beban yang bekerja dengan arah beban dan serat kayu yang tegak lurus. Adapun detail gambar benda uji tekan dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Benda Uji Kuat Tekan Sejajar Arah Serat [17]

Berdasarkan SNI 03-3958 1995, maka rumus persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$fc// = \frac{P}{b \cdot h} \quad (8)$$

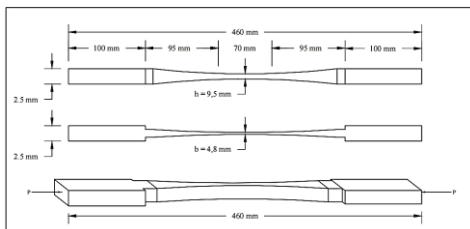
dimana: $fc//$ adalah kuat tekan sejajar serat (MPa), P adalah beban uji maksimum (N), b adalah lebar benda uji (mm), h adalah Tinggi benda uji (mm).

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan pada kayu, maka akan didapatkan bentuk retakan-retakan yang terjadi selama pembebangan.

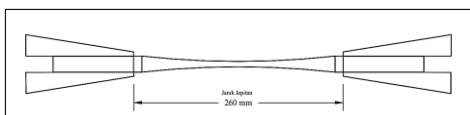
b. Pengujian Kuat Tarik Kayu

Kuat tarik adalah kemampuan kayu dalam menahan gaya tarik yang diberikan. Menurut SNI 03-3399-1994 metode pengujian kuat tarik bertujuan

untuk memperoleh nilai kuat tarik pada kayu. Pengujian kuat tarik dibagi menjadi dua kategori seperti pada uji kuat tekan yaitu uji kuat tarik sejajar serat dan uji kuat tarik tegak lurus serat kayu. Adapun detail gambar benda uji tarik dan jarak jepitan uji tarik sejajar serat dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3



Gambar 2 Benda Uji Tarik Sejajar Serat [18]



Gambar 3 Jarak Jepitan Uji Tarik Sejajar Serat [18]

Berdasarkan SNI 03-3399-1944, maka rumus persamaan pengujian kuat tarik sejajar serat adalah sebagai berikut :

$$ft// = \frac{P}{b \cdot h} \quad (9)$$

dimana: $ft//$ adalah kuat tarik sejajar serat (MPa).

- c. Pengujian Kuat Lentur Balok
- Kuat lentur merupakan parameter yang menggambarkan kemampuan suatu material untuk menahan beban lentur yang bekerja tegak lurus terhadap arah serat pada bagian tengah spesimen yang ditopang di kedua ujungnya, tanpa menimbulkan deformasi permanen. Secara umum, kuat lentur dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kuat lentur statik dan kuat lentur pukul. Kuat lentur statik menggambarkan ketahanan kayu terhadap pembebanan yang diberikan secara bertahap, sedangkan kuat lentur pukul menunjukkan kemampuan kayu

menahan beban yang diberikan secara tiba-tiba atau mendadak. Jenis-jenis metode pengujian lentur, yaitu: Pengujian Lentur Dua Titik (*Two-Point Bending Test*) [19], Pengujian Lentur Tiga Titik (*Three-Point Bending Test*) [20], Pengujian Lentur Empat Titik (*Four-Point Bending Test*) [20].

Pengujian lentur dengan menggunakan metode pembebaan third point loading dengan cara pada balok dibebani 2 buah beban terpusat yang terletak pada jarak $1/3$ bentang [21] sehingga kuat lentur dapat dinyatakan dalam *Modulus of Refracture* (MOR) dengan rumus persamaan sebagai berikut

$$MOR = \frac{PL}{bd^2} \quad (10)$$

Perilaku kuat lentur juga dinyatakan dalam *Modulus Of Elasticity* (MOE) dengan rumus:

$$MOE = \frac{PL^3}{4bd^3\Delta} \quad (11)$$

persamaan sebagai berikut :

dengan: L adalah jarak tumpuan (mm), b adalah lebar benda uji (mm), d adalah tinggi benda uji (mm), dan Δ adalah lendutan maksimum (mm).

3. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan kegiatan penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu mulai dari identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, perhitungan nilai modulus elastisitas sampel kayu, cek uji keseragaman kayu, pembuatan sampel kayu solid dan laminasi, pengujian fisis dan mekanis kayu solid dan laminasi, analisa dan pembahasan, dan kesimpulan serta saran [22].

a. Identifikasi Masalah

Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan akan pengembangan material konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Fokus utamanya adalah pada analisis karakteristik fisis dan mekanis kayu laminasi berbasis fast-growing wood sebagai alternatif material struktural yang mendukung konsep konstruksi hijau.

Permasalahan muncul akibat sifat dasar kayu *fast-growing* yang memiliki densitas dan kekuatan mekanis yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan kayu slow-growing seperti jati (*Tectona grandis*) atau ulin (*Eusideroxylon zwageri*). Kondisi ini menimbulkan keraguan dalam pemanfaatan *fast-growing wood* untuk aplikasi struktural, khususnya jika digunakan secara tunggal dalam bentuk *solid wood*.

b. Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis terhadap aspek-aspek yang berkaitan dengan kayu laminasi, *fast-growing wood*, serta prinsip keberlanjutan dalam konstruksi. Studi ini mencakup Karakteristik fisis dan mekanis kayu, seperti kerapatan, kadar air, berat jenis, kuat tekan, kuat tarik, dan kekuatan lentur (MOE dan MOR).

c. Penyiapan Alat & Bahan

Proses penyiapan bahan mencakup pemilihan 7 (tujuh) jenis kayu *fast-growing wood* yang umum dijumpai di Indonesia dan pulau Jawa khususnya. Adapun 7 (tujuh) jenis kayu tersebut, yaitu:

- 1) Sengon (*Falcataria moluccana*) dengan kode kayu FM;
- 2) Jabon (*Anthocephalus cadamba*) dengan kode kayu AC;
- 3) Gmelina (*Gmelina arborea*) dengan kode kayu GA;

- 4) Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dengan kode kayu SM;
- 5) Akasia (*Acacia mangium*) dengan kode kayu AM;
- 6) Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dengan kode kayu LL;
- 7) Siris-siris (*Albizia chinensis*) dengan kode kayu ACh.

Perekat yang digunakan dalam laminasi sebagai perekat yaitu jenis *White Glue Polyvinyl Acetate* (PAc).

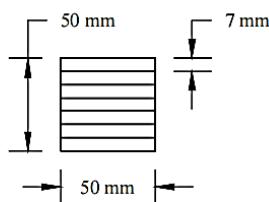
Alat yang digunakan untuk membuat benda uji dan memudahkan proses pelaksanaan penelitian antara lain: mesin UTM, mesin pemotong, klem, mesin perata, jangka sorong, timbangan digital, ragum, meteran, penggaris siku, dan alat pendanda.

d. Pengujian Fisis Kayu

Tahap uji fisis bertujuan untuk mendapatkan karakteristik fisis material yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian fisis dilakukan untuk mengetahui parameter seperti densitas, kadar air, dan berat jenis kayu. Hal ini berfungsi untuk mengetahui keseragaman material yang digunakan untuk pemilihan sampel kayu yang akan digunakan untuk pembuatan kayu laminasi. Untuk sampel pengujian fisis berbentuk kubus dengan ukuran 5cm x 5cm x 5cm dengan jumlah total 21 sampel (setiap jenis kayu dibuat sampel sebanyak 5 buah). Adapun standar uji yang digunakan untuk pengujian kadar air dan kerapatan kayu adalah ASTM D2395 sedangkan berat jenis berdasarkan RSNI PKKI INI-5. Untuk perhitungan uji fisis menggunakan persamaan 1 sampai dengan persamaan 7.

e. Pembuatan Benda Uji Kayu Solid dan Laminasi

Untuk pengujian mekanis kayu solid terdiri dari pengujian kuat tarik, tekan, dan lentur. Untuk bentuk dan ukuran benda uji kuat tekan kayu solid sebagaimana pada Gambar 1. Sedangkan untuk bentuk dan ukuran benda uji kuat tarik kayu solid sebagaimana pada Gambar 2. dan Gambar 3. Sedangkan untuk pengujian kuat lentur kayu solid memiliki dimensi pendampang 50 mm x 50 mm dengan panjang 760 mm. Untuk kayu laminasi dibuat dengan ketebalan lamina sebesar 7mm, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penampang Benda Uji Kuat Lentur Kayu Laminasi

f. Pengujian Mekanis

Adapun standar uji fisis yang digunakan untuk pengujian kadar air dan kerapatan kayu adalah ASTM D2395 sedangkan berat jenis berdasarkan RSNI PKKI INI-5. Untuk standar pengujian mekanis yang terdiri dari kuat tekan menggunakan SNI 03-3958-1995, untuk kuat tarik kayu menggunakan SNI 03-3399-1994, sedangkan pengujian kuat lentur kayu berdasar pada ASTM C78 dengan metode third point loading. Untuk perhitungan uji mekanis menggunakan persamaan 8 sampai dengan persamaan 11.

Tabel 1 Nilai rata-rata uji fisis kayu

No	Kode Kayu	Kadar Air (%)	Kerapatan (gr/cm ³)	Berat Jenis	Modulus Elastisitas (MPa)
1	FM	11,08	0,23	0,21	5241,18

g. Analisa Perbandingan

Hasil uji fisis dan mekanis kayu solid dan laminsasi dari 7 (tujuh) jenis kayu *fast-growing wood*, selanjutnya dilakukan analisa perbandingan. Analisa perbandingan karakteristik fisis dan mekanis kayu solid dan laminasi & analisis perbandingan karakteristik fisis dan mekanis antara kayu laminasi berbasis *fast-growing wood*.

h. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini diakhiri dengan menyimpulkan temuan yang diperoleh dari penelitian. Kesimpulan ini mencakup analisa karakteristik fisis dan mekanis kayu laminasi berbasis fast-growing wood. Selain itu, saran untuk pengembangan lebih lanjut atau penerapan praktis dari hasil penelitian ini dalam industri konstruksi juga disampaikan sebagai bagian dari kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMABAHASAN

4.1. Sifat Fisis Kayu

Nilai rata-rata kadar air, kerapatan, berat jenis, dan modulus elastisitas disajikan pada Tabel 1. Hasil uji fisis menunjukkan bahwa ketujuh jenis kayu memiliki karakteristik yang bervariasi. Kadar air sampel kayu berkisar antara 10,12%-13,13%. Hal ini menunjukkan sampel kayu telah memenuhi persyaratan laminasi dengan kadar air < 15% [23-24]. Nilai kerapatan berkisar antara 0,23–0,41 g/cm³ dan modulus elastisitas (MOE) antara 5241,18–7831,89 MPa.

2	AC	13,13	0,26	0,23	5693,63
3	GA	13,09	0,30	0,26	6178,78
4	SM	10,12	0,36	0,32	7196,96
5	AM	10,66	0,41	0,37	7831,89
6	LL	12,63	0,27	0,24	5857,28
7	ACh	12,72	0,25	0,22	5517,82

Secara umum, terdapat hubungan positif antara kerapatan dan MOE, di mana kayu berkerapatan tinggi memiliki kekakuan lebih besar. Mahoni dan Akasia menunjukkan karakteristik dengan kode mutu kayu tertinggi, yaitu E7. Gmelina yang menunjukkan kombinasi baik antara kerapatan dan kekakuan berada pada kode mutu kayu E6. Sementara itu, Lamtoro, Sengon, Jabon, dan Siris-siris memiliki kerapatan serta kekakuan lebih rendah, yaitu pada kode mutu kayu E5, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi non-struktural. Secara keseluruhan, kayu berkerapatan

tinggi cenderung lebih unggul untuk penggunaan struktural utama.

4.2. Sifat Mekanis Kayu Solid

Hasil pengujian mekanik pada kayu solid menunjukkan bahwa nilai keteguhan lentur statis atau *Modulus of Rupture* (MOR) tertinggi diperoleh pada kayu Akasia sebesar 81,99 MPa, diikuti Mahoni sebesar 68,38 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada Siris-siris sebesar 49,14 MPa seperti terlihat pada Tabel 2. Nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) tertinggi juga dimiliki kayu Akasia sebesar 13104 MPa, menunjukkan kemampuan deformasi yang rendah dan kekakuan tinggi.

Tabel 2 Nilai rata-rata uji mekanis kayu solid

No	Kode Kayu	Keteguhan Lentur Statis (MPa)		Kuat Tekan // Serat (MPa)	Kuat Tarik // Serat (MPa)
		MOR	MOE (x100)		
1	FM-S	59,20	80,57	17,33	20,42
2	AC-S	55,96	83,94	21,56	19,34
3	GA-S	62,48	87,98	23,30	22,37
4	SM-S	68,38	118,24	25,59	24,40
5	AM-S	81,99	131,04	32,86	27,08
6	LL-S	59,25	85,98	22,13	21,18
7	ACh-S	49,14	66,95	19,15	16,77

Demikian halnya hasil uji kuat tekan sejajar serta kuat tarik sejajar serat kayu Akasia memiliki nilai tertinggi, yaitu 32,86 MPa dan 27,08 MPa.

performa struktural yang stabil. Nilai *MOR* tertinggi terdapat pada kayu Akasia laminasi sebesar 64,77 MPa diikuti Mahoni laminasi sebesar 60,18 MPa, sedangkan nilai terendah dimiliki Siris-siris laminasi sebesar 42,75 MPa. Nilai *MOE* kayu laminasi tertinggi juga dicapai oleh Mahoni laminasi, yaitu sebesar 9.290 MPa yang menunjukkan kekakuan dan kemampuan lentur yang baik. Adapun hasil rata-rata uji mekanis kayu laminasi sebagaimana pada Tabel 3.

4.3. Sifat Mekanis Kayu Laminasi

Hasil pengujian mekanis kayu laminasi menunjukkan bahwa kayu laminasi memiliki penurunan kekuatan dibandingkan kayu solid, namun tetap menunjukkan

Tabel 3 Nilai rata-rata uji mekanis kayu laminasi

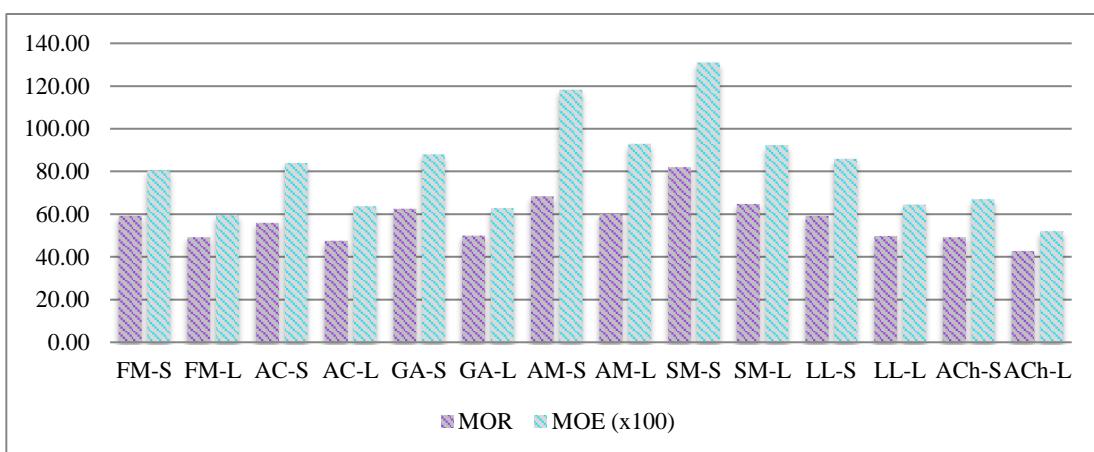
No	Kode Kayu	Keteguhan Lentur Statis (MPa)		Kuat Tekan // Serat (MPa)	Kuat Tarik // Serat (MPa)
		MOR	MOE (x100)		
1	FM-L	49,13	59,71	16,66	17,55
2	AC-L	47,56	63,71	21,10	16,45
3	GA-L	49,98	62,84	27,01	19,90
4	SM-L	60,18	92,90	32,47	20,65
5	AM-L	64,77	92,43	30,67	24,10
6	LL-L	49,77	64,48	20,77	19,49
7	ACh-L	42,75	52,01	16,46	15,26

Kuat tekan sejajar serat tertinggi dicapai oleh kayu Mahoni sebesar 32,47 MPa dan sedangkan kuat tarik sejajar serat tertinggi pada kayu Akasia sebesar 24,10 MPa.

4.4. Perbandingan Keteguhan Lentur Statis Kayu Solid dan Kayu Laminasi

Hasil uji menunjukkan bahwa nilai MOR dan MOE kayu solid lebih tinggi dibandingkan kayu laminasi pada seluruh jenis kayu yang diuji. Rata-rata penurunan MOR kayu laminasi berkisar antara 15–25%, sedangkan MOE menurun sekitar 20–30% dibandingkan kayu solid. Penurunan ini dipengaruhi oleh adanya lapisan perekat dan arah serat antar lamina yang menyebabkan distribusi tegangan tidak

seragam. Nilai MOR tertinggi pada kayu solid diperoleh pada Mahoni, sedangkan pada kayu laminasi tertinggi dimiliki Akasia. Nilai MOE tertinggi juga terdapat pada Mahoni dan Akasia seperti terlihat pada Gambar 5. Meskipun terjadi penurunan kekuatan akibat proses laminasi, hasil pengujian menunjukkan bahwa kayu laminasi masih mampu mempertahankan sekitar 80–90% kekuatan mekanis kayu solid. Efisiensi ini menunjukkan bahwa proses laminasi tidak secara signifikan menurunkan sifat struktural kayu, terutama pada jenis kayu dengan kerapatan menengah hingga tinggi seperti Mahoni dan Akasia.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Keteguhan Lentur Statis

Penurunan kekuatan terutama disebabkan oleh adanya lapisan perekat dan

ketidak sempurnaan kontak antar lamina yang memengaruhi distribusi tegangan

lentur dan elastisitas. Namun demikian, kayu laminasi tetap menunjukkan perilaku mekanik yang stabil

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, karakteristik fisik dan mekanis kayu cepat tumbuh menunjukkan bahwa semakin tinggi kerapatan kayu, semakin besar nilai modulus elastisitas dan kekuatannya. Kayu Mahoni (SM) dan Akasia (AM) memiliki performa tertinggi baik pada kayu solid maupun laminasi, dengan nilai MOR dan MOE yang memenuhi standar untuk aplikasi struktural kelas menengah. Kayu laminasi mampu mempertahankan 80–90% kekuatan kayu solid, menunjukkan efisiensi struktural yang baik. Penurunan kekuatan akibat laminasi terutama disebabkan oleh distribusi tegangan tidak seragam akibat adanya perekat antar lamina. Secara keseluruhan, kayu laminasi dari jenis cepat tumbuh layak dikembangkan sebagai material konstruksi ramah lingkungan, terutama untuk aplikasi elemen struktural ringan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhao, X., Huang, Y., Fu, H., Wang, Y., Wang, Z. et al. 2021. Deflection test and modal analysis of lightweight timber floors. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(3), 266–278. DOI 10.1016/j.jobab.2021.03.004.
- [2] Ding, Y. W., Zhao, X. Y., Wang, Z., Li, M. M., Sayed, U. et al. 2021. Research on impact sound insulation performance of timber floor structure. *Experimental Techniques*. DOI 10.1007/s40799-021-00440-w.
- [3] Huang, Y., Zhu, H., Dauletbek, A., Wang, Z., Li, M. et al. 2021. Test and analysis of the sound insulation performance of four types of timber structure floors under jumping excitation. *Journal of Renewable Materials*, 9(4), 829–840. DOI 10.32604/jrm.2021.014610.
- [4] Zhang, Y., Huang, Y., Wang, Z., Li, M., Adjei, P. 2021. Theoretical calculation and test of airborne sound insulation for wooden building floor. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings*, 1–30. DOI 10.1680/jstbu.20.00081.
- [5] Wiryasuta, I.K.H., Safitri, F.A. (2024). The Impact of Different Shapes in Knockdown Construction Interlocking Systems on the Flexural Strength of Longitudinal Half-Lap Wooden Joints with Tongue-and-Groove. In: Kang, T., Lee, Y. (eds) *Proceedings of 6th International Conference on Civil Engineering and Architecture*, Vol. 1. ICCEA 2023. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 530. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-5311-6_7
- [6] Mofolasayo, A. 2022. A Comparison of Life Cycle Impact of Mass Timber and Concrete in Building Construction. *Trends Journal of Sciences Research*. 1(1): 47–72.
- [7] Zulkarnain, F. 2021. *Teknologi Beton*. UMSU Press
- [8] Muliani, F., & Munandar, A. 2022. Efektifitas Penerapan Sustainable Design Pada Aspek Material Bangunan. *Jurnal Rekayasa Teknik Dan Teknologi*. 6(2): 55–63.
- [9] Yupa, E. S., Agyms, T. A., Eka, V., & Yuanita, F. 2024. *Analisis Penggunaan Kayu sebagai Bahan Konstruksi dalam Pembangunan : Studi Kasus dan Observasi Lapangan*. 1–6.
- [10] Mofolasayo, A. 2022. A Comparison of Life Cycle Impact of Mass Timber and Concrete in Building Construction. *Trends Journal of Sciences Research*. 1(1): 47–72.
- [11] Wulandari, F. T., & Amin, R. 2022. Sifat Fisika Dan Mekanika Papan Laminasi Kayu Sengon (Physical and Mechanical Properties of Laminate Boards Sengon Wood). *Jurnal Hutan Tropika*. 17(1): 40–50.

- [12] Wulandari, F. T., Amin, R., & Raehanayati, R. 2022. Karakteristik Sifat Fisika dan Mekanika Papan Laminasi Kayu Sengon dan Kayu Bayur. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*. 10(1): 75–87.
- [13] Wulandari, F. T., Sari, D. P., Ningsih, R. V., Kehutanan, J., Pertanian, F., Mataram, U., & No, J. M. 2023. Pengaruh Tekanan Kempa Papan Laminasi Kayu Sengon dan Bambu Petung. 4(2): 471–477.
- [14] Arabi, M., Hazrati, M., & Rostampour-Haftkhani, A. 2024. *Performance of laminated veneer lumber panels from fast-growing species with different layering arrangements*. BioResources, 19(2).
- [15] Ramage, M. H., et al. 2017. *The wood from the trees: The use of timber in construction*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68, 333–359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>
- [16] Keskin, H., & Atar, M. 2023. *Mechanical performance of laminated wood elements produced from low-density fast-growing species*. Construction and Building Materials, 373, 130881. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130881>
- [17] [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1995. SNI 03-3958-1995 Metode pengujian kuat tekan kayu di laboratorium. Badan Standardisasi Nasional.
- [18] [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1994. SNI 03-3399-1994 Metode pengujian kuat tarik kayu di Laboratorium. Badan Standardisasi Nasional.
- [19] BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 4431:2011 Cara Uji Kuat lentur Beton Normal dengan Dua Titik
- [20] ASTMD143-94 Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber
- [21] Sulistyawati, I., Nugroho, N., Surjokusumo, S., & Hadi, Y. S. 2008. Kekuatan Lentur Glued Laminated (Glulam) Kayu Vertikal dan Horizontal dengan Metode “Transformed Cross Section”. The Bending Strength of Vertical and Horizontal Glued Laminated Timber by “Transformed Cross Section” Method. 6(2): 49–55.
- [22] Wiryasuta, I.H., Safitri, F.A., Kusumayani, N.M.N. (2025). Experimental and Numerical Study of the Flexural Capacity of Laminated Bamboo T-Beams with Steel Reinforcement Using the Near Surface Mounted (NSM) Method. In: Kang, T., Lee, Y. (eds) Proceedings of 7th International Conference on Civil Engineering and Architecture, Volume 1. ICCEA 2024. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 640. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-6115-2_18
- [23] Japanese Agricultural Standard (JAS). 2003. Glued laminated timber (JAS 234-2003). Japanese Plywood Inspection Corporation (JPIC), Tokyo.
- [24] Japanese Agricultural Standard (JAS). (2007). Glued laminated timber (JAS 234-2007). Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Tokyo.