



Perbandingan Sifat Fisika Mekanika Papan Laminasi Kombinasi Kayu (Rajumas, Kemiri, Sengon) dengan Bambu Petung

Radjali Amin¹, Febriana Tri Wulandari^{2*}

¹Pasca Sarjana, Institut Teknologi Yogyakarta, Jl. Raya Janti km.4,Gedong Kuning Kec. Banguntapan, Kab. Bantul, DIY, Indonesia 55198

²Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Jalan Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia 83115

Email Korespondensi: febriana.wulandari@unram.ac.id

Abstrak

Kayu dengan berat jenis dan kerapatan ringan sampai sedang lebih disukai sebagai bahan baku papan laminasi. Beberapa jenis kayu yang memiliki kerapatan rendah antara lain kayu rajumas, kemiri, dan sengon. Kayu rajumas memiliki berat jenis ringan 0.26-0.35 sehingga masuk ke kelas kuat IV. Kayu kemiri memiliki berat jenis 0.36 termasuk dalam kelas kuat IV dan kelas awet V sehingga termasuk kayu dengan kualitas. Selanjutnya kayu sengon memiliki kerapatan 0.40 g/cm³, kelas kuat IV-V. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan sifat fisika mekanika papan laminasi yang terbuat dari kombinasi kayu rajumas-bambu petung, kemiri-bambu petung, sengon-bambu petung dan bambu petung. Berdasarkan hasil pengujian sifat fisika maka papan laminasi kombinasi Rajumas Bambu Petung, Kemiri Bambu Petung, Sengon Bambu Petung dan papan laminasi Bambu Petung telah memenuhi standar JAS 234-2007 sementara untuk pengujian sifat mekanika (MoE dan MoR) belum memenuhi standar kecuali pada papan laminasi P1 (kombinasi kayu rajumas bambu petung) telah memenuhi standar (MoR). Pengujian analisis keragaman anova menunjukkan pengujian sifat fisika dan mekanika berpengaruh nyata kecuali pada pengujian pengembangan tebal tidak berpengaruh nyata. Dari hasil kerapatan papan laminasi, dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan kelas kuat kayu menjadi kelas kuat III yang dapat difungsikan sebagai bahan konstruksi berat yang terlindungi (interior). Selain itu, dengan penonjolan ekspresi struktur kayu dan pemanfaatan teknologi laminasi pada material alamiah lainnya berupa bambu, menunjukkan bahwa dapat menjadi konstruksi alami yang memiliki karakter visual alam yang kuat dan juga struktur yang kuat.

Kata Kunci: Papan Laminasi, Sifat Fisika Mekanika, Kayu Kemiri, Kayu Rajumas, Kayu Sengon, Bambu Petung.

Comparison of Physical Mechanical Properties of Laminated Boards of (Rajumas, Candlenut, Sengon) with Petung Bamboo Combinations

Abstract

Wood with light to medium specific gravity and density is preferred as raw material for laminated boards. Some types of wood that have low density include rajumas, candlenut, and sengon. Rajumas wood has a light specific gravity of 0.26-0.35 so it goes into strength class IV. Pecan wood has a specific gravity of 0.36 including in strong class IV and durable class V so that it includes wood with quality. Furthermore, sengon wood has a density of 0.40 g/cm³, strength class IV-V. The purpose of this study was to compare the physical properties of laminated boards made from a combination of rajumas-petung bamboo, kemiri-petung bamboo, sengon-petung bamboo and petung bamboo. Based on the test results of physical properties, the laminated board combination of Rajumas Petung Bamboo, Kemiri Petung Bamboo, Sengon Petung Bamboo and Petung Bamboo laminated board has met the JAS 234-2007 standard while for testing mechanical properties (MoE and MoR) has not met the standard except for the P1 laminated board (combination of rajumas petung bamboo) has met the standard (MoR). Anova analysis of variance testing shows that testing of physical and mechanical properties has a real effect except for the thickness development test which has no real effect. From the laminated board density results, it can be concluded that there is an increase in the strength class of wood to strength class III which can be used as a protected heavy construction material (interior). In addition, by highlighting the expression of the wood structure and utilizing lamination technology on other natural materials such as bamboo, it shows that it can be a natural construction that has a strong natural visual character and also a strong structure.

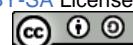
Keywords: Laminated Board, Physical And Mechanical Properties, Candlenut Wood, Rajumas Wood, Sengon Wood, Petung Bamboo.

How to Cite: Amin, R., & Wulandari, F. T. (2024). Perbandingan Sifat Fisika Mekanika Papan Laminasi Kombinasi Kayu Rajumas, Kemiri dan Bambu Petung. *Empiricism Journal*, 5(1), 106-118. <https://doi.org/10.36312/ej.v5i1.1960>



<https://doi.org/10.36312/ej.v5i1.1960>

Copyright© 2024, Amin & Wulandari
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Kayu telah lama digunakan oleh masyarakat sebagai bahan structural seperti tiang, kuda-kuda, balok induk dan kebutuhan lainnya. Sebagai bahan struktural kayu diharuskan memiliki kekuatan tinggi dan dimensi yang besar. Akan tetapi, kebutuhan akan kayu dengan kekuatan tinggi tidak diimbangi dengan ketersediaan kayu solid dari hutan alam. Pembuatan produk laminasi merupakan upaya untuk meningkatkan kualitas serta pemanfaatan kayu dengan tidak bergantung dari dimensi kayunya (Lestari et al. 2020). Salah satu upaya yang dapat dilakukan yakni dengan papan laminasi dimana papan laminasi merupakan papan yang dibentuk dari lapisan-lapisan kayu kecil dan pendek yang direkatkan satu sama lain dengan arah serat sejajar sehingga membentuk papan besar (Mardikanto et al. 2017).

Papan laminasi, atau laminated board, merupakan produk yang terdiri dari lapisan-lapisan kayu yang direkatkan bersama untuk membentuk papan yang kuat dan tahan lama. Keunggulan utama dari papan laminasi adalah kekuatannya yang hampir setara dengan papan solid, sehingga seringkali dijadikan sebagai substitusi papan solid dalam berbagai aplikasi konstruksi (Wulandari & Latifah, 2022). Proses pembuatan papan laminasi juga memiliki sejumlah keuntungan, seperti kemampuan untuk mereduksi cacat-cacat kayu, efisiensi dalam pemanfaatan bahan baku kayu, nilai estetika yang tinggi, serta kemudahan dalam perawatan (Wulandari & Amin, 2022). Papan laminasi dari berbagai jenis kayu, seperti kayu sengon, bambu petung, kayu jati putih, dan limbah kayu campuran, menunjukkan peningkatan kenaikan kekuatan setelah dijadikan papan laminasi (Amin & Wulandari, 2023). Selain itu, papan laminasi juga dapat terdiri dari berbagai variasi susunan, dengan setiap variasi memiliki lapisan-lapisan dengan ketebalan tertentu (Yasin, 2023).

Pemilihan bahan baku merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi sifat-sifat papan laminasi (Tjokrowijanto et al. 2015). Kayu dengan berat jenis dan kerapatan ringan sampai sedang lebih disukai sebagai bahan baku papan laminasi (Wulandari et al. 2022). Beberapa jenis kayu yang memiliki kerapatan rendah antara lain kayu rajumas, kemiri, dan sengon. Kayu rajumas memiliki berat jenis ringan 0.26-0.35 sehingga masuk ke kelas kuat IV, kelas awet IV-V. Dengan sifat inferior tersebut kayu rajumas termasuk kayu yang jarang dimanfaatkan (Lestari 2020; Wulandari and Suastana 2022). Kayu kemiri memiliki berat jenis 0.36 termasuk dalam kelas kuat IV dan kelas awet V sehingga termasuk kayu dengan kualitas rendah (Arjun & Yunianti 2021). Selanjutnya kayu sengon memiliki kerapatan 0.40 g/cm³, kelas kuat IV-V, dan kelas awet IV-V (Lestari et al. 2023; Wulandari and Suastana 2022).

Seiring dengan semakin pentingnya penggunaan bahan baku ramah lingkungan dan berkelanjutan, bambu menjadi alternatif bahan baku yang dapat menggantikan kayu sebagai bahan baku papan laminasi. Bambu merupakan bahan baku terbaru sebagai pengganti kayu karena cepat tumbuh, memiliki sifat fisika dan mekanika yang tinggi, dan mudah dalam pengerjaannya (Fatrawana et al. 2019). Dengan memasukkan bambu ke dalam kombinasi kayu rajumas, kemiri, dan sengon diharapkan dapat meningkatkan kelas kuat kayunya. Pentingnya penggunaan bahan baku yang ramah lingkungan dan berkelanjutan semakin terasa seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap dampak lingkungan. Bambu muncul sebagai alternatif yang potensial karena karakteristiknya yang unik. Bambu adalah tanaman yang tumbuh dengan cepat dan dapat dipanen dalam waktu singkat dibandingkan dengan pohon kayu keras yang memerlukan waktu puluhan tahun untuk tumbuh hingga ukuran yang layak untuk ditebang. Selain itu, bambu memiliki kekuatan mekanis yang tinggi, menjadikannya bahan yang ideal untuk berbagai aplikasi konstruksi.

Selain itu, papan laminasi adalah ekspresi struktur kayu dan konstruksi material yang menggabungkan dua material kayu menjadi material kayu laminasi sebagai bahan konstruksi utama. Material laminasi dapat disatukan dengan bahan-bahan antara lain besi, beton dan baja serta material alamiah berupa bambu, tali ijuk dan sebagainya. Dengan penonjolan ekspresi struktur kayu dan pemanfaatan teknologi laminasi pada material kayu, menunjukkan bahwa kayu sebagai konstruksi alami memiliki karakter visual alam yang kuat dan juga struktur yang kuat (Tjokrowijanto et al. 2015).

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan sifat fisika mekanika papan laminasi yang terbuat dari kombinasi kayu rajumas-bambu petung, kemiri-bambu petung, sengon-bambu petung dan bambu petung. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai tambahan informasi mengenai alternatif substitusi kayu bulat sebagai bahan struktural dari

bahan non kayu maupun kombinasi kayu dan non kayu. Dengan menggunakan bambu sebagai salah satu komponen utama dalam pembuatan papan laminasi, kita dapat mengurangi ketergantungan pada kayu konvensional yang memerlukan waktu lama untuk tumbuh dan mempengaruhi kelestarian hutan. Selain itu, penggunaan bambu dalam kombinasi papan laminasi juga dapat mengurangi biaya produksi. Bambu adalah bahan yang relatif murah dan mudah didapatkan di berbagai daerah, terutama di Asia. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi untuk masalah lingkungan tetapi juga menawarkan alternatif yang ekonomis bagi industri konstruksi.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen. Metode eksperimen adalah suatu percobaan yang dilakukan untuk membuktikan suatu hipotesis (Hanafiah, 2016)

Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Program Studi Kehutanan Universitas Mataram untuk pengujian sifat fisika dan pengujian sifat mekanika dilaksanakan di Laboratorium FMIPA Universitas Mataram. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai Desember 2023.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat pelabur perekat/kuas berguna untuk mengoles atau meleburkan perekat pada sortimen kayu yang akan disambung, ADVANTEST 9 (300 kN) yang dihubungkan dengan computer gunakan untuk pembacaan beban uji mekanika, circle (mesin potong) berguna untuk memotong contoh uji, oven berfungsi untuk mengeringkan contoh uji, clemping (Alat kempa dingin) berfungsi untuk pengempaan papan lamina, desikator berfungsi mengstabilkan suhu contoh uji, mesin serut (*Planner*) berfungsi menghaluskan permukaan contoh uji. kaliper berfungsi untuk mengukur dimensi contoh uji, meteran berguna untuk mengukur panjang kayu timbangan digital berfungsi untuk menimbang berat dan kadar air kayu.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lem PVAC merk (Rajawali), Stik kayu kemiri, kayu rajumas dan kayu sengon dengan ukuran tebal 5 cm, lebar 5 cm, panjang 30 cm dan 40 cm, stik bambu petung dengan ukuran 3 cm x 5 cm x 80 cm.

Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan empat perlakuan yaitu kombinasi kayu rajumas bambu petung (J1), kombinasi kayu kemiri bambu petung (J2), kombinasi kayu kemiri bambu petung (J3), bambu petung dengan 3 kali ulangan.

Tabel 1. Tabulasi Rancangan Percobaan

Jenis Kayu	Ulangan		
	U1	U2	U3
P1	P1U1	P1U2	P1U3
P2	P2U1	P2U2	P2U3
P3	P3U1	P3U2	P3U3
P4	P4U1	P4U2	P4U3

Keterangan:

P1= Kombinasi kayu rajumas bambu petung

P2= Kombinasi kayu kemiri bambu petung

P3= Kombinasi kayu sengon bambu petung

P3= Bambu petung

U1= Ulangan 1

U2= Ulangan 2

U3= Ulangan 3

Prosedur Penelitian

Persiapan Bahan Baku

Pemilahan potongan kayu dan bambu sesuai ukuran yang telah ditentukan. Bahan

baku dilakukan penyerutan terlebih dahulu sebelum pembuatan sortimen kayu. Sortimen kayu dan bambu dibuat dengan menggunakan mesin gergaji pemotong dengan ukuran sortimen yang telah ditentukan. Proses Pengamplasan dilakukan agar permukaannya menjadi rata untuk mempermudah proses perekatan. Selanjutnya dilakukan proses pengovenan selama 2 hari 24 jam dengan suhu oven suhu 60°C yang berfungsi untuk menyeragamkan kadar air.

Perakitan Papan Laminasi

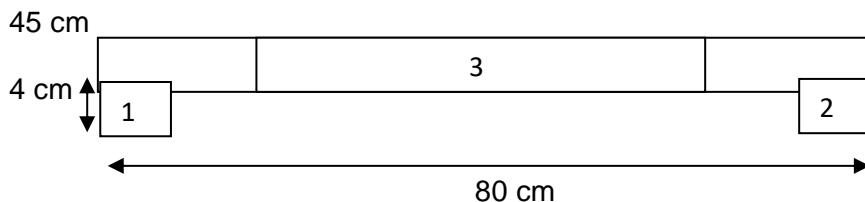
Sortimen kayu dan bambu setelah seragam kadar airnya dilakukan perakitan dengan menggunakan perekat PVAC. Selanjutnya dilakukan proses pengkleman atau pengempaan dingin selama 24 jam dengan tekanan kempa sebesar 20 N.m.

Pengkondisian

Papan laminasi yang telah dirakit disimpan di dalam ruangan konstan selama kurang lebih satu minggu untuk menyeragamkan kadar air papan.

Pembuatan Contoh Uji

Pola pemotongan contoh uji papan laminasi untuk pengujian sifat fisika dan mekanika dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola Pemotongan Contoh Uji

Keterangan:

Contoh uji kerapatan dan kadar air (4 cm x 4 cm x 3 cm)

Contoh uji perubahan dimensi (4 cm x 4 cm x 3 cm)

Contoh uji Modulus of elasticity dan Modulus of Rupture (4 cm x 3 cm x 45 cm)

Parameter Pengujian

Dalam penelitian ini, JAS 234-2007 merupakan standar internasional yang sering digunakan sebagai acuan dalam menentukan kualitas papan laminasi yang terdiri dari pengujian sifat fisika dan mekanika balok laminasi sebagai penentuannya. Sifat fisika yang diuji adalah kadar air, kerapatan, perubahan dimensi dan sifat mekanika antara lain MoE dan MoR.

Analisis Data

Hasil data penelitian yang telah dilakukan pengujian dianalisis dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA) untuk mengetahui perbedaan hasil nyata atau tidak dengan menggunakan program SPSS16 pada taraf signifikansi 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan

Kerapatan kayu adalah hasil dari pembagian massa kayu dengan volume kayu dengan nilai kadar air tertentu ataupun kering (Widiawati et.al, 2018).

Tabel 2. Nilai Rata-rata Kerapatan *Laminated Board* (g/cm³)

Perlakuan	Ulangan			Rata-Rata
	1	2	3	
P1	0,537	0,516	0,539	0,531
P2	0,482	0,481	0,492	0,485
P3	0,451	0,506	0,528	0,495
P4	0,422	0,489	0,375	0,429
Rata-Rata			0,504	

Keterangan:

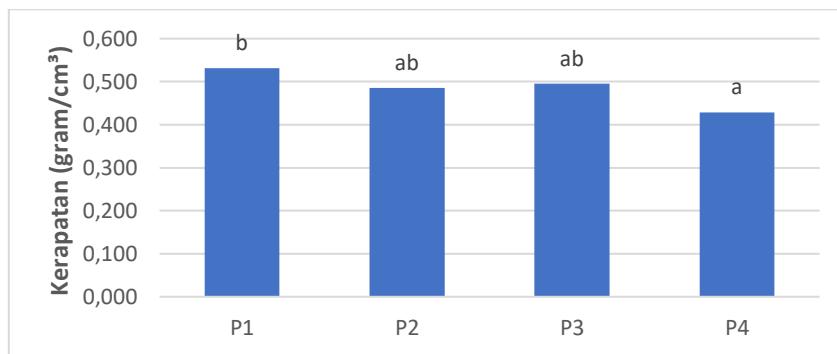
P1 = Rajumas Bambu Petung,
 P2 = Kemiri Bambu Petung,
 P3 = Sengon Bambu Petung,
 P4 = Bambu Petung.

Nilai kerapatan papan laminasi tertinggi pada P1 ($0,531 \text{ g/cm}^3$) dan terendah pada P4 ($0,429 \text{ g/cm}^3$) dengan nilai rata-rata sebesar $0,504 \text{ g/cm}^3$. Nilai kerapatan ini telah sesuai dengan standar SNI 01-6240-2000 sebesar $0,4 - 0,8 \text{ g/cm}^3$. Perbedaan nilai kerapatan papan laminasi tersebut karena perbedaan bahan baku yang digunakan. Hal ini didukung oleh pernyataan Malik & Santoso (2005) yang menyatakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas kayu laminasi antara lain bahan baku, bentuk sambungan, proses perekatan, pengempaan serta pemberian perekat yang berlebihan. Perbedaan jenis kayu berpengaruh terhadap kualitas kayu laminasi salah satunya nilai kerapatannya (Wulandari & Amin, 2023). Kerapatan kayu berpengaruh terhadap kekuatan kayu, semakin besar kerapatan kayu maka semakin meningkat kekuatan yang dimiliki kayu atau sebaliknya (Kasmudjo, 2001). Pengujian kerapatan kayu bermanfaat untuk menentukan kualitas dan rendemen suatu produk pengolahan kayu (Widiati et al. 2018). Selain itu, jenis dan jumlah perekat yang digunakan juga berkontribusi pada variasi kerapatan. Faktor lain termasuk orientasi serat kayu, kehadiran ruang kosong dalam bahan, serta penggunaan bahan tambahan seperti fillers. Semua faktor ini bersama-sama menentukan kerapatan akhir dari papan laminasi yang dihasilkan. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wulandari et al (2023) pada papan laminasi kayu bayur sebesar $0,510 \text{ g/cm}^3$ maka penelitian yang dilakukan memiliki nilai yang hampir sama.

Tabel 3. Hasil ANOVA Kerapatan *Laminated Board*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	Fhit.	Sig.
Perlakuan	0,016	3	0,005	4,241	0,045
Galat	0,010	8	0,001		
Total Koreksi	0,026	11			

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 3. Menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap kerapatan *laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi 0,045 sehingga diperlukan uji lanjut DMRT mengetahui perbedaan antar perlakuan.



Gambar 2. Diagram nilai kerapatan papan laminasi

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa perlakuan rajumas bambu petung dengan perlakuan kemiri bambu petung dan sengon bambu petung tidak ada perbedaan yang signifikan, tapi dengan perlakuan bambu petung ada perbedaan yang signifikan. Selanjutnya perlakuan kemiri bambu petung dengan perlakuan yang lain tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Demikian pula dengan perlakuan sengon bambu petung dengan perlakuan yang lain tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kemudian untuk perlakuan bambu petung menunjukkan ada perbedaan yang signifikan dengan perlakuan rajumas bambu petung, tapi dengan perlakuan kemiri bambu petung dan sengon bambu petung tidak ada perbedaan yang signifikan.

Kadar Air

Pengujian kadar air didapatkan dengan cara membagi hasil pengurangan berat basah dan berat kering tanur dengan berat kering tanur dimana kemampuan kayu untuk menyerap dan melepaskan air tergantung pada keadaan lingkungan atau suhu dan kelembaban udara disekelilingnya (Risnasari et al. 2012).

Tabel 4. Nilai Rata-rata Kadar Air *Laminated Board (%)*

Perlakuan	Ulangan			Rata-Rata
	1	2	3	
P1	14,275	14,367	14,222	14,288
P2	13,354	12,852	13,391	13,199
P3	14,065	13,971	14,035	14,024
P4	13,980	14,494	13,724	14,066
	Rata-Rata			13,837

Keterangan:

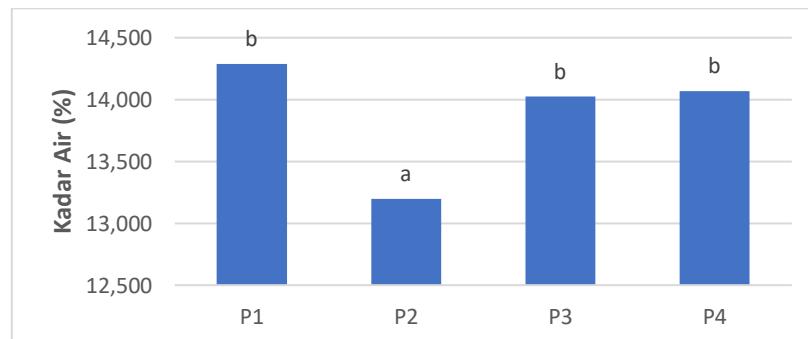
- P1 = Rajumas Bambu Petung,
 P2 = Kemiri Bambu Petung,
 P3 = Sengon Bambu Petung,
 P4 = Bambu Petung.

Nilai kadar air papan laminasi tertinggi pada P1 (14,288%) dan terendah pada P2 (13,199%) dengan nilai rata-rata sebesar 13,837%. Nilai pengujian kadar air papan laminasi ini telah memenuhi standar JAS234:2007 yaitu kurang dari 15%. Faktor-faktor yang menentukan perbedaan kadar air suatu produk laminasi adalah bahan baku, jenis perekat, perlakuan pendahuluan, ketebalan laminasi, berat jenis, jumlah lapisan laminasi, berat labur, kandungan air perekat dan prosedur yang digunakan dalam proses perekatan (Wulandari et al 2022). Bahan dengan kadar air tinggi sebelum pemadatan cenderung memiliki kerapatan lebih rendah setelah pengeringan. Namun, kadar air yang rendah akan meningkatkan kekuatan mekanika (Kasmudjo, 2001). Kadar air kayu yang digunakan dalam pembuatan balok laminasi secara komersial adalah 12% atau sedikit di bawahnya (Purwanto, 2011). Nilai papan laminasi ini bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Wulandari et al (2023) pada papan laminasi kayu jalon dengan nilai sebesar 14,69% maka nilai lebih rendah demikian pula bila dibandingkan dengan penelitian Wulandari et al. (2022) pada papan laminasi kayu jati putih dengan nilai kadar air sebesar 14,29%.

Tabel 5. Hasil ANOVA Kadar Air *Laminated Board*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	Fhit.	Sig.
Perlakuan	2,054	3	0,685	10,863	0,003
Galat	0,504	8	0,063		
Total Koreksi	2,558	11			

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 5. menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap kadar air *laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi 0,003 sehingga uji lanjut DMRT perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.



Gambar 3. Diagram kadar air papan laminasi

Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat bahwa perlakuan rajumas bambu petung dengan perlakuan kemiri bambu petung ada perbedaan yang signifikan, tapi dengan perlakuan sengon bambu petung dan bambu petung tidak ada perbedaan yang signifikan. Selanjutnya perlakuan kemiri bambu petung dengan perlakuan yang lain menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kemudian untuk perlakuan sengon bambu petung dengan perlakuan yang lain hanya dengan perlakuan kemiri bambu petung yang menunjukkan perbedaan yang signifikan. Demikian pula dengan perlakuan bambu petung dengan perlakuan yang lain hanya dengan perlakuan kemiri bambu petung yang menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Pengembangan Tebal

Perubahan dimensi kayu terjadi seiring dengan berubahnya kadar air yang terdapat padadinding sel kayu disebabkan gugus OH (hidroksil) dan oksigen (O₂) pada dinding sel bersifat menarik uap air melalui ikatan hydrogen (Sucipto, 2012).

Tabel 6. Nilai Rata-rata Pengembangan Tebal *Laminated Board (%)*

Perlakuan	Ulangan			Rata-Rata
	1	2	3	
P1	3,234	1,817	2,397	2,482
P2	1,988	1,637	2,087	1,904
P3	3,383	1,839	2,087	2,436
P4	3,427	3,152	2,761	3,113
Rata-Rata				2,274

Keterangan:

- P1 = Rajumas Bambu Petung,
 P2 = Kemiri Bambu Petung,
 P3 = Sengon Bambu Petung,
 P4 = Bambu Petung.

Nilai pengembangan tebal papan laminasi tertinggi pada P4 (3,113%) dan terendah pada P2 (1,904%) dengan nilai rata-rata sebesar 2,274%. Nilai pengujian pengembangan tebal papan laminasi ini telah memenuhi standar JAS 234-2007 (JSA 2007) sebesar $\leq 20\%$. Perbedaan nilai pengembangan tebal karena perbedaan perlakuan dan bahan baku yang digunakan dalam penelitian tersebut (Amin & Wulandari, 2023). Perubahan dimensi menunjukkan adanya perubahan kadar air dalam kayu karena kemampuan dinding sel kayu untuk mengikat air yang disebabkan oleh perbedaan kerapatan kayu dimana kerapatan dan berat jenis kayu bervariasi antara berbagai jenis pohon dan diantara pohon dari jenis yang sama (Widiawati et al. 2018). Nilai papan laminasi ini bila dibandingkan dengan penelitian Cahyadi et al. (2012) pada papan laminasi bambu dengan nilai pengembangan tebal berkisar antara 5,60-8,30% maka termasuk lebih rendah. Perbedaan nilai pengembangan tebal tersebut disebabkan oleh perbedaan nilai kerapatan bahan baku. Hal ini didukung pernyataan Ginting (2012) bahwa perubahan dimensi merupakan tanda perubahan kadar air dalam kayu karena kemampuan dinding sel kayu untuk mengikat air yang disebabkan oleh perbedaan kerapatan kayu dimana kerapatan kayu bervariasi antara berbagai jenis pohon dan di antara pohon dari jenis yang sama.

Tabel 7. Hasil ANOVA Pengembangan Tebal *Laminated Board*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	Fhit.	Sig.
Perlakuan	2,204	3	0,735	2,156	0,171
Galat	2,726	8	0,341		
Total Koreksi	4,930	11			

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 7. menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal *laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi 0,171. Oleh karena itu, uji lanjut DMRT tidak perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Penyusutan Tebal

Penyusutan tebal merupakan pengurangan dimensi kayu karena terjadi penurunan kadar air kayu. Terjadinya penyusutan apabila kadar air berkurang sampai dibawah titik jenuh serat (<30%) yang akan berpengaruh terhadap perubahan dimensi (Haygreen & Bowyer, 2009).

Tabel 8. Nilai Rata-rata Penyusutan Tebal *Laminated Board* (%)

Perlakuan	Ulangan			Rata-Rata
	1	2	3	
P1	2,405	3,228	2,980	2,871
P2	0,581	0,832	1,162	0,858
P3	0,578	2,739	1,496	1,604
P4	4,213	3,851	3,237	3,767
	Rata-Rata			1,778

Keterangan:

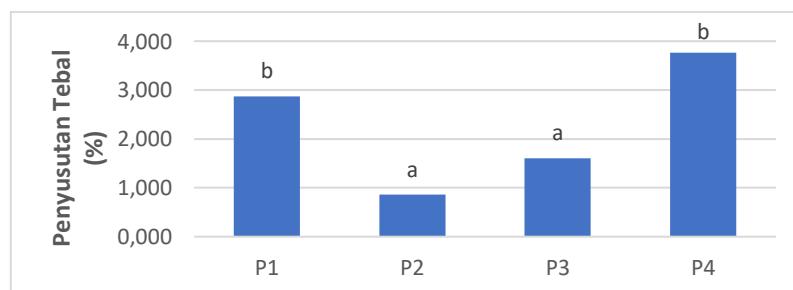
- P1 = Rajumas Bambu Petung,
 P2 = Kemiri Bambu Petung,
 P3 = Sengon Bambu Petung,
 P4 = Bambu Petung.

Nilai penyusutan tebal papan laminasi tertinggi pada P4 (3,767%) dan terendah pada P2 (0,858%) dengan nilai rata-rata sebesar 2,274%. Berdasarkan hasil pengujian maka penyusutan tebal papan laminasi telah memenuhi standar JAS SE-234-2007 dengan nilai standar \leq 14%. Perubahan dimensi tidak dipengaruhi oleh hilangnya air bebas dari rongga sel, tetapi dipengaruhi oleh hilangnya air terikat dari dinding sel yang menyebabkan sel mengalami pengertalan dan terjadilah penyusutan (Widjaya et al. 2017). Hal ini sesuai dengan pernyataan Malik & Santoso (2005) yang menyatakan bahwa semakin besar keberadaan jumlah air bebas yang terdapat pada suatu bahan penyusun laminasi, maka untuk mencapai kadar air titik jenuh serat juga semakin besar sehingga berpengaruh terhadap stabilitas dimensi bahan penyusun tersebut. Wulandari (2013) yang menyatakan bahwa semakin besar keberadaan jumlah air bebas yang terdapat pada suatu bahan penyusun laminasi, maka untuk mencapai kadar air titik jenuh serat juga semakin besar sehingga berpengaruh terhadap stabilitas dimensi bahan penyusun tersebut. Nilai penyusutan tebal papan laminasi ini bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hidayati et al. (2016) pada papan laminasi kayu jati unggul sebesar 7,90% dan kayu jati konvensional sebesar 8,50% termasuk rendah.

Tabel 9. Hasil ANOVA Penyusutan Tebal *Laminated Board*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	Fhit.	Sig.
Perlakuan	15,114	3	5,038	11,975	0,003
Galat	3,366	8	0,421		
Total Koreksi	18,480	11			

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 9. menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap penyusutan tebal *laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi 0,003. Oleh karena itu, uji lanjut DMRT perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.



Gambar 4. Diagram penyusutan tebal papan laminasi

Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat bahwa perlakuan rajumas bambu petung dengan perlakuan kemiri bambu petung dan sengon bambu petung ada perbedaan yang signifikan, tapi dengan perlakuan bambu petung tidak ada perbedaan yang signifikan. Selanjutnya perlakuan kemiri bambu petung dengan perlakuan yang lain menunjukkan perbedaan yang signifikan, kecuali dengan perlakuan sengon bambu petung. Kemudian untuk perlakuan sengon bambu petung dengan perlakuan yang lain hanya dengan perlakuan kemiri bambu petung yang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Terakhir, perlakuan bambu petung dengan perlakuan yang lain hanya dengan perlakuan rajumas bambu petung yang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Modulus of Elasticity

Modulus of Elasticity (*MoE*) adalah kemampuan kayu dalam menahan tekanan dari beban yang bekerja tanpa adanya perubahan bentuk dan volume (Herawati et al. 2008).

Tabel 10. Nilai Rata-rata *Modulus of Elasticity Laminated Board (kgf/cm²)*

Perlakuan	Ulangan			Rata-Rata
	1	2	3	
P1	11283,265	9837,927	12803,279	11308,157
P2	13019,427	11966,194	13102,571	12696,064
P3	8525,891	7742,459	8012,528	8093,626
P4	10851,881	9593,962	11312,097	10585,980
Rata-Rata				10699,282

Keterangan:

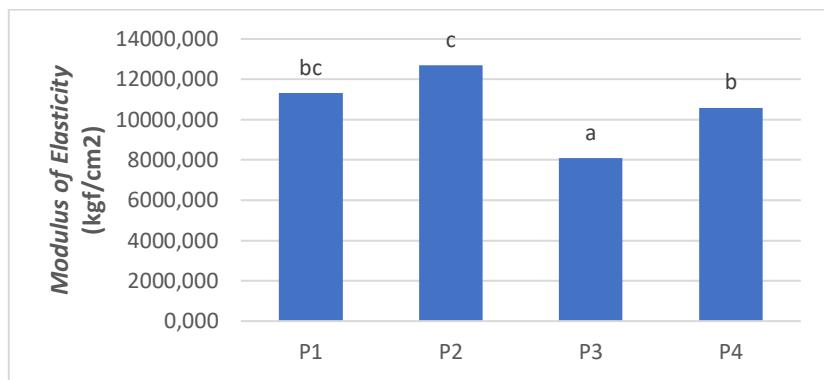
- P1 = Rajumas Bambu Petung,
 P2 = Kemiri Bambu Petung,
 P3 = Sengon Bambu Petung,
 P4 = Bambu Petung.

Nilai *MoE* papan laminasi tertinggi pada P2 (12696,064 kgf/cm²) dan terendah pada P3 (8093,626 kgf/cm²) dengan nilai rata-rata sebesar 10699,282 kgf/cm². Nilai papan laminasi ini belum memenuhi standar standar JAS 234-2007 yang menetapkan minimal 75.000kgf/cm². Nilai *MoE* dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan, susunan bilah laminasi, jenis perekat yang digunakan, jumlah perekat terlabur, variasi tebal bilah, serta penyusunan setiap lapisan laminasi (Belatrix, 2022). Nilai papan laminasi ini bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Violet & Agustina (2018) pada papan laminasi kayu kelapa dan nangka dengan nilai *MoE* berkisar antara 44548,90-68253,30 kgf/cm² maka termasuk lebih rendah. Tingkat kerapatan yang bervariasi biasanya dipengaruhi oleh perekatan dengan bantuan tekanan dan pemanasan bahan baku. Perakitan papan laminasi yang dilakukan dengan buruk merupakan faktor lain yang mempengaruhi hasil (Purwanto, 2011). Menurut Widjaya et al. (2017), semakin banyak lem yang digunakan, maka semakin meningkat pula kekakuan kayu papan laminasi. Beberapa elemen, termasuk prosedur perekatan, bahan baku, tekanan kempa dan berat berdampak pada kualitas papan laminasi (Wulandari, 2021).

Tabel 11. Hasil ANOVA *Modulus of Elasticity Laminated Board*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	Fhit.	Sig.
Perlakuan	33470815,127	3	11156938,376	12,573	0,002
Galat	7098904,577	8	887363,072		
Total Koreksi	40569719,703	11			

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 11. menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap *MoE laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi 0,002. Oleh karena itu uji lanjut DMRT perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

**Gambar 5.** Diagram MoE papan laminasi

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa perlakuan rajumas bambu petung dengan perlakuan kemiri bambu petung dan bambu petung tidak ada perbedaan yang signifikan, tapi dengan perlakuan sengon bambu petung tidak ada perbedaan yang signifikan. Selanjutnya perlakuan kemiri bambu petung dengan perlakuan yang lain menunjukkan perbedaan yang signifikan, kecuali dengan perlakuan sengon bambu petung. Kemudian untuk perlakuan sengon bambu petung dengan perlakuan yang lain menunjukkan perbedaan yang signifikan. Terakhir, perlakuan bambu petung dengan perlakuan yang lain hanya dengan perlakuan rajumas bambu petung yang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Modulus of Rupture

Modulus of Rupture (MoR) merupakan salah satu sifat mekanika kayu yang menunjukkan kekuatan kayu dalam menahan beban yang bekerja padanya (Risnasari et al. 2012).

Tabel 12. Nilai Rata-rata *Modulus of Rupture Laminated Board* (kgf/cm²)

Perlakuan	Ulangan			Rata-Rata
	1	2	3	
P1	322,709	297,016	335,006	318,244
P2	263,514	279,648	284,517	275,893
P3	211,537	261,022	243,303	238,621
P4	285,673	259,574	318,600	287,949
Rata-Rata				277,586

Keterangan:

P1 = Rajumas Bambu Petung,

P2 = Kemiri Bambu Petung,

P3 = Sengon Bambu Petung,

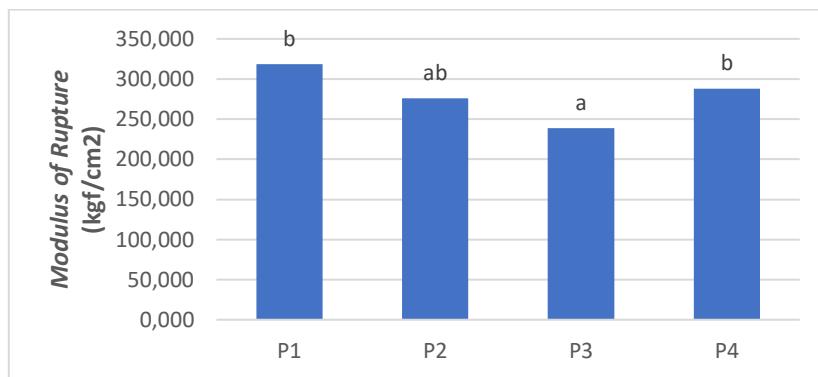
P4 = Bambu Petung.

Nilai MoR papan laminasi tertinggi pada P2 (318,244 kgf/cm²) dan terendah pada P3 (238,621 kgf/cm²) dengan nilai rata-rata sebesar 10699,282 kgf/cm². Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semua perlakuan belum memenuhi standar JAS 234-2007 minimal 300 kgf/cm² kecuali pada papan laminasi P1 (kombinasi rajumas bambu petung) memenuhi standar. Nilai MoR berhubungan erat dengan kadar air, berat jenis, jumlah dan komposisi bahan perekat serta kesolidan antara bahan baku yg direkat dan bahan perekatnya (Violet & Agustina, 2018). Nilai papan laminasi ini bila dibandingkan penelitian Supriadi et al. (2017) tentang laminasi bambu pada papan kayu jalon yang memiliki nilai MoR sebesar 568,5 kgf/cm² maka termasuk lebih rendah.

Tabel 13. Hasil ANOVA *Modulus of Rupture Laminated Board*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Rata-rata	Fhit.	Sig.
Perlakuan	9764,270	3	3254,757	6,509	0,015
Galat	4000,315	8	500,039		
Total Koreksi	13764,585	11			

Hasil uji analisis keragaman pada Tabel 13. menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap *MoR laminated board* yang ditandai dengan nilai signifikansi 0,015. Oleh karena itu, uji lanjut DMRT tidak perlu dilakukan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.



Gambar 6. Diagram *MoR* papan laminasi

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa perlakuan rajumas bambu petung dengan perlakuan kemiri bambu petung dan bambu petung tidak ada perbedaan yang signifikan, tapi dengan perlakuan sengon bambu petung tidak ada perbedaan yang signifikan. Selanjutnya perlakuan kemiri bambu petung dengan perlakuan yang lain tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kemudian untuk perlakuan sengon bambu petung dengan perlakuan yang lain menunjukkan perbedaan yang signifikan, kecuali dengan perlakuan kemiri bambu petung yang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Terakhir, perlakuan bambu petung dengan perlakuan yang lain hanya dengan perlakuan sengon bambu petung yang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisika maka papan laminasi kombinasi Rajumas Bambu Petung, Kemiri Bambu Petung, Sengon Bambu Petung dan papan laminasi Bambu Petung telah memenuhi standar JAS 234-2007 sementara untuk pengujian sifat mekanika (*MoE* dan *MoR*) belum memenuhi standar kecuali pada papan laminasi P1 (kombinasi kayu rajumas bambu petung) telah memenuhi standar (*MoR*). Pengujian analisis keragaman anova menunjukkan pengujian sifat fisika dan mekanika berpengaruh nyata kecuali pada pengujian pengembangan tebal tidak berpengaruh nyata. Terjadi peningkatan kelas kuat kayu menjadi kelas kuat III yang dapat difungsikan sebagai bahan konstruksi berat yang terlindungi (interior).

REKOMENDASI

Berdasarkan penelitian mengenai papan laminasi dari kombinasi kayu rajumas-bambu petung, kemiri-bambu petung, sengon-bambu petung, dan bambu petung, disarankan beberapa rekomendasi. Kombinasi kayu rajumas-bambu petung sangat baik dalam uji mekanika (*MoR*) dan memenuhi standar JAS 234-2007, sehingga cocok untuk aplikasi dengan kebutuhan kekuatan tinggi. Kombinasi kayu kemiri dan sengon dengan bambu petung, meski memenuhi standar sifat fisika, belum memenuhi standar mekanika sepenuhnya dan lebih cocok untuk aplikasi yang tidak terlalu menuntut kekuatan mekanis tinggi. Kombinasi kayu dan bambu menunjukkan estetika alami yang kuat, ideal untuk desain interior. Disarankan juga dilakukan pengujian tambahan dan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kualitas produk.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami ucapan untuk Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Mataram atas dukungan dana dalam penelitian ini serta kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat

bermanfaat dan menjadi referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang material kayu dan bambu.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, R. & Wulandari, F. T. (2023). Kombinasi kayu rajumas dan bambu petung sebagai produk papan laminasi. *Empiricism Journal*, 4(1), 110-119. <https://doi.org/10.36312/ej.v4i1.1266>
- Arjun, A., & Yunianti, A. D. (2021). Perubahan sifat-sifat fisik dan mekanik kayu kemiri (*Aleurites moluccanus* (L.) Willd.) setelah perlakuan pemanasan dengan minyak Changes of physical and mechanical properties of candlenut wood (*Aleurites moluccanus* (L.) Willd.) after oil-heat treatment. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 13(1), 25–36.
- Fatrawana, A., Maulana, S., Nawawi, D. S., Sari, R. K., Hidayat, W., Park, S. H., Febrianto, F., Lee, S. H., & Kim, N. H. (2019). Changes in chemical components of steam-treated betung bamboo strands and their effects on the physical and mechanical properties of bamboo-oriented strand boards. *European Journal of Wood and Wood Products* Springer Verlag 77(5), 731–739. <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01426-7>
- Ginting, A. (2012). Pengaruh Luas Tampang dan Komposisi Lapisan Kayu Terhadap Kekuatan Balok Laminasi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Diagonal*, 7(1), 73-82.
- Hanafiah. (2016). *Rancangan Percobaan*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Lestari, A. T. (2020). Sifat Keterbasahan Pada Bidang Tangensial Dan Radial Kayu Rajumas (Duabanga Moluccana Blume) Wettability On Tangential And Radial Surface of Rajumas Wood (Duabanga moluccana Blume). *Perennial* 16(1), 7–10.
- Lestari, D., Ningsih, R. V., Shabrina, H., & Fahrussiam, F. (2023). Physical and Mechanical Properties of Thermally Modified Kenanga (*Cananga odorata*) and Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Wood. *Agroteksos*, 33(3), 998–1005. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16388-3_6
- Malik, J., & Santoso, A. (2005) Keteguhan Lentur Statis Lamina Dari Tiga Jenis Kayu Limbah Pembalakan Hutan Tanaman. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23, 13–20,
- Mardikanto, T., Karlinasari, L., & Bahtiar. (2017). *Sifat Mekanis Kayu*. IPB Press, Bogor.
- Purwanto, D. (2011). Pembuatan Balok Dan Papan Dari Limbah Industri Kayu. Balai Riset Dan Standardisasi Industri Banjarbaru. *Jurnal Riset Industri*, 5, 13–20.
- Risnasari, I. Azhar, & A. N. Sitompul. (2012). Karakteristik Balok Laminasi dari Batang Kelapa (*Cocos nucifera* L.) dan Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana* wild.), *FORESTA Indonesian Journal of Forestry*, 1(2), 79-87
- Sucipto, T. (2012). Stabilitas Dimensi kayu. *Forestry*, 1(2), 79–87.
- Tjokrowijanto, B. B., Purwono, E. H., & Ramdlani, S. (2015). Penerapan material kayu laminasi pada konstruksi Pusat Kerajinan Rakyat di Kota Batu. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur*, 3(1).
- Violet & Agustina. (2018). Variasi Arah Aksial Batang (Pangkal Dan Ujung) Terhadap Sifat Mekanika Papan Laminasi Kayu Kelapa (*Cocos Nucifera*.L) Dan Kayu Nangka (*Arthocarpus Heterophyllus*.L). *Jurnal Hutan Tropis*, 6(1).
- Widiati, K., Yuli, B., Supraptono., & Tripratono, A. B. Y. (2018). Karakteristik Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Lamina Kombinasi Jenis Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nilsen) dan Jenis Kayu Merbau (*Intsia Spp.*). *Jurnal Hutan Tropis*, 2(2), 93– 97.
- 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.
- Wulandari, F. T. & Amin, R. (2022). Sifat fisika dan mekanika papan laminasi kayu sengon. *Hutan Tropika*, 17(1), 40-50. <https://doi.org/10.36873/jht.v17i1.4155>
- Wulandari, F. T. & Latifah, S. (2022). Karakteristik sifat fisika dan mekanika papan laminasi kayu bayur (*pterospermum diversifolium*) sebagai bahan substitusi papan solid. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 17(2), 177-191. <https://doi.org/10.31849/forestra.v17i2.9362>
- Wulandari, F. T. (2013). Produk papan komposit dengan pemanfaatan limbah non kayu. *Jurnal Media Bina Ilmiah*, 7(6), 1–4.
- Wulandari, F. T. (2021). Pengaruh Berat Labur Perekat Terhadap Sifat Fisika Papan

- Laminasi Bambu Petung (Dendrocalamus Asper (Schult. F.) Backer Ex Heyne). *Jurnal Media Bina Ilmiah*, 16(3), 1-8.
- Wulandari, F. T., & Amin, R. (2023). Sifat Fisika Papan Laminasi Kombinasi Kayu Sengon dan Bambu Petung (Dendrocalamus asper). *Empiricism Journal*, 4(1), 1-8.
- Wulandari, F. T., & Suastana, I. M. W. (2022). Sifat Fisika Kayu Rajumas (Duabanga moluccana Blume) Berdasarkan Arah Aksial Dan Arah Radial Dari Desa Sambik Elen Kabupaten Lombok Utara. *Journal of Forest Science Avicennia* 5(1), 13–24. <https://doi.org/10.22219/avicennia.v5i1.19655>
- Wulandari, F. T., Amin, R., & Raehanayati, R. (2022). Karateristik Sifat Fisika dan Mekanika Papan Laminasi Kayu Sengon dan Kayu Bayur. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, 10(1), 75–87. <https://doi.org/10.34312/euler.v10i1.13961>
- Yasin, I., Sulistyorini, D., Ivan, H. N. A., Makpiroh, M., Dharmawan, D., & Kholifah, N. A. (2023). Pengaruh tahanan lateral terhadap modulus of elastisitas lamina bambu. *Prosiding SEMSINA*, 4(01), 43-49. <https://doi.org/10.36040/semsina.v4i01.7913>