

Quality of comply boards from the industrial waste of palm and bamboo

Rima Vera Ningsih^{1*}, Dini Lestari¹, Febriana Tri Wulandari¹, Niechi Valentino¹, Fauzan Fahrussiam¹, Andrie Ridzki Prasetyo¹

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Kota Mataram, Indonesia;

Article History

Received : April 25th, 2024

Revised : May 05th, 2024

Accepted : May 22th, 2024

*Corresponding Author:

Rima Vera Ningsih,

Prigram Studi Kehutanan,
Fakultas Pertanian, Universitas
Mataram, Kota Mataram,
Indonesia;

Email: rimavera@unram.ac.id

Abstract: Requisite of boards as a material for furniture is increasing. Therefore, alternative materials are needed to replace wooden boards such as comply boards. This study aims to determine the quality of comply board from palm and bamboo waste using PVAc adhesives. The treatment used is 12% and 14% adhesive percentages. Parameter tests of comply board of physical properties include moisture content, density, and thickness development; mechanical properties include modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR). The mechanical properties of adhesive content have a significant effect on the mechanical properties of comply board palm and bamboo namely MOE and MOR the Physical Properties of the resulting comply board meet SNI 03-2105-2006 standards, namely for the parameters of Water Content, Density, Water Absorption. The mechanical properties of comply boards, namely Modulus of fracture (MoR) are not included in these standards. The condition of the results of this study is thought to be.

Keywords: Comply board, PVAc, Physical Properties and Mechanics

Pendahuluan

Penggunaan kayu secara terus menerus akan berdampak pada ketersediaan kayu menjadi terbatas untuk penggunaan produksi lebih lanjut. Upaya untuk mengurangi penggunaan kayu dari hutan alam maupun hutan produksi sebagai sumber bahan baku kayu untuk keperluan konstruksi dan kerajinan, maka diperlukan pemanfaatan hasil sampingan berupa limbah industri. Salah satu upaya dalam substitusi kayu yaitu melalui pemanfaatan limbah menjadi produk papan komposit. Limbah kerajinan jenis hasil hutan bukan kayu seperti bambu dan pelepah aren merupakan bahan yang memiliki lignoselulosa yang dapat mensubstitusi kayu untuk pembuatan papan komposit (Ningsih et al., 2023). Penggunaan bambu saat ini sangat banyak digunakan dalam produk komposit sebagai konstruksi bangunan. Bambu memiliki sifat yang tidak jauh berbeda dengan kayu dan bambu memiliki kekuatan tarik yang tinggi (Baskara et al., 2022); (Febrianto et al., 2017). Sementara pelepah aren memiliki serat partikel yang dapat diolah menjadi komposit. Kajian yang dilakukan oleh (Ningsih et al., 2023) menyatakan bahwa

pelepah aren memiliki sifat fisis yang cukup baik sebagai produk papan.

Pengembangan papan komposit memberikan keuntungan dalam pengolahan bahan berlignoselulosa diantaranya adalah dapat memanfaatkan kayu berdiameter kecil, memanfaatkan limbah dari industri pengolahan kayu, memperoleh komponen yang lebih seragam, memperoleh produk lebih baik dan produk yang lebih beragam bentuknya. Produk komposit merupakan produk papan terdiri dari beberapa unsur atau elemen dengan menggunakan perekat. Penyusun produk komposit terdiri dari bahan penyusun yang memiliki ukuran dan bentuk yang bervariasi diantaranya seperti serat, partikel, vinir, lamina atau papan (Stark et al., 2010); (Rachmi & Ignasia, 2019). Produk komposit dengan penggunaan bahan berbentuk partikel sebagai elemen penyusunnya disebut papan partikel. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas papan partikel adalah dengan menambahkan bahan pelapis berupa vinir pada kedua permukaan papan yang disebut dengan papan comply. Papan comply adalah produk komposit yang terbuat dari kombinasi papan partikel

sebagai lapisan inti dan vinir sebagai lapisan muka dan belakang.

Penelitian tentang papan partikel dari limbah bambu dan pelepah aren sudah pernah dilakukan oleh (Ningsih et al., 2023) menunjukkan sebagian besar papan memenuhi standar sifat fisisnya dan papan yang dihasilkan tidak cocok digunakan untuk keperluan eksterior sehingga dibutuhkan perbaikan. Oleh karena itu, perlunya meningkatkan kualitas papan selain sifat fisisnya juga untuk keperluan mengetahui sifat mekanis papan komposit yang belum dilakukan. Salah satunya yaitu dengan membuat papan komposit berlapis vinir (papan comply). Selain itu, papan komposit berupa papan comply mampu memaksimalkan penggunaan limbah kayu secara optimal.

Bahan dan Metode

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan diantaranya adalah limbah pelepah aren dan bambu hasil pengolahan industri anyaman kerai, perekat PVAc, vinir kayu jati. Alat yang digunakan diantaranya adalah cetakan papan partikel ukuran 30 cm x 30 cm x 2 cm, timbangan, digital, desikator, ember, moisture content, kaliper, plastik, karung, oven, kempa dingin hidrolik, alat uji kekuatan sampel *Universal Testing Machine* (UTM).

Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tahapan prosedur, bahan baku meliputi limbah bambu dan pelepah aren dicacah terlebih dahulu menjadi partikel dengan ukuran 0,5 – 1 cm diayak untuk menghilangkan debunya kemudian dikering udara mencapai kadar air 7%. Kemudian dilakukan pencampuran partikel dengan perekat PVAc. Masing-masing kadar perekat yang digunakan adalah 12% dan 14%.

Campuran bahan dimasukkan ke dalam cetakan berukuran 30cm x 30cm x 2cm, dan hasil cetakan selanjutnya dikempa selama 30 menit pada tekanan 20 kgf/cm². Kerapatan papan ditargetkan sebesar 0.7 gr/cm³. Papan partikel yang telah dibentuk menjadi lembaran (mat) papan dikondisikan selama 14 hari pada suhu ruang, selanjutnya dipotong pada ukuran tertentu seduai dengan tujuan pengujian yang dilakukan. Ukuran contoh uji berdasarkan pada standar SNI

03-2105-2006. pengujian sifat fisis papan comply terdiri dari kadar air, kerapatan, dan pengembangan tebal. Pengukuran kadar air dilakukan terhadap contoh uji berukuran 10 cm x 10 cm x 2 cm. contoh uji ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 1030C ± 20C sampai berat konstan. Contoh uji ditimbang dan diukur panjang, lebar, dan tebalnya, dengan persamaan 1

$$\text{Kadar Air} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% \quad \dots (1)$$

Keterangan:

m₁ = berat awal sampel (gr)

m₂ = berat akhir sampel (gr)

Untuk kerapatan dikur terlebih dahulu Panjang, lebar dan tebal sampel dengan persamaan 2.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \dots (2)$$

Keterangan:

ρ = kerapatan (gr/cm³)

m = berat sampel (gr)

v = volume sampel (cm³)

Untuk nilai pengembangan tebal dilakukan pada sampel sesudah dan setelah perendaman selama 24 jam, dengan persamaan 3.

$$\text{Pengembangan Tebal} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \times 100\% \quad \dots (3)$$

Keterangan:

T₁ = tebal sampel sebelum perendaman (cm)

T₂ = tebal sampel setelah perendaman sampel (cm)

Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap satu factor, yaitu kadar perekat dan menggunakan analisis sidik ragam. Pengolahan data dilakukan menggunakan IBM SPSS Statistics 25. Model rancangan dapat dilihat pada persamaan 4.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + E_{ij} \quad \dots (4)$$

Keterangan:

Y_{ij} = respon pengaruh factor jenis partikel pada taraf ke-I dan ulangan ke-j

μ = rata-rata pengamatan

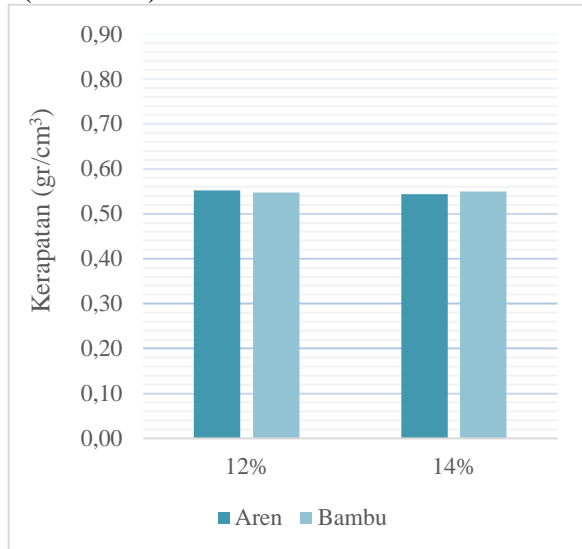
A_i = pengaruh perlakuan kadar perekat PVAc pada taraf ke-i

E_{ij} = pengaruh acak perlakuan kadar perekat suatu galat untuk taraf ke-i dan ulangan ke-j

Hasil dan Pembahasan

Kerapatan Papan Comply

Kerapatan menunjukkan besarnya massa per satuan volume yang dapat menunjukkan kekuatan pada papan dari suatu bahan tertentu. Disisi lain kerapatan yang kurang baik disebabkan oleh sifat papan, seperti kestabilan dimensi papan. Data hasil pengujian kerapatan papan partikel bambu dan pelepah aren (Gambar 1).



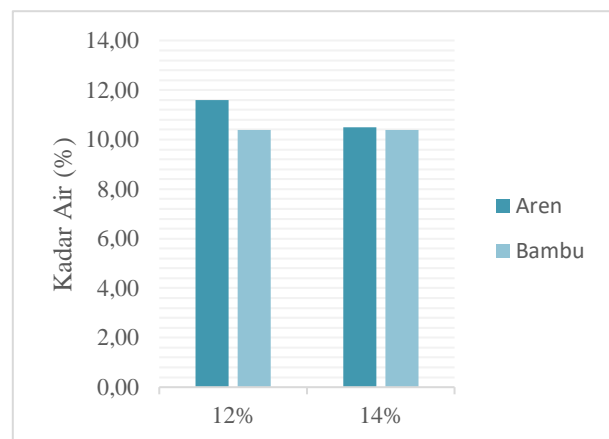
Gambar 1. Nilai rata-rata kerapatan papan comply aren dan bambu

Kerapatan papan comply bambu pada kadar perekat 12%, dan 14% memiliki nilai rata-rata berkisar antara 0,55 gr/cm³. Sementara papan comply pelepah aren rata-rata berkisar 0,55 gr/cm³ dan 0,54 gr/cm³. Nilai kerapatan papan pada masing-masing kadar perekat memiliki nilai yang tidak jauh berbeda terhadap pemberian kadar perekat, artinya artinya perekat yang ditambahkan tidak berpengaruh terhadap kerapatan papan comply. Papan yang dibuat perlu memperhatikan proses pencampuran bahan dengan perekat dan pelapisan vinir bagian atas dan bawah mat forming untuk memperoleh tekanan yang merata pada sluruh bagian mat papan. Perbedaan nilai kerepatan dipengaruhi oleh faktor kadar perekat, ukuran partikel dan proses pencampuran sampai proses pengempaan (Ningsih et al., 2023). Berdasarkan pada standar SNI 03-2105- 2006 mensyaratkan nilai kerapatan yaitu 0.40-0.90 gr/cm³. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata

kerapatan papan comply bambu dan pelepah aren yang dihasilkan memenuhi standar.

Kadar Air Papan Comply

Kadar air merupakan cara dalam menentukan kandungan air melalui pengujian pada papan komposit, sehingga kadar air merupakan banyaknya air dalam papan yang selalu berubah menurut keadaan di sekitarnya. Salah satu penentuan kualitas papan komposit dari sifat fisiknya adalah kadar air. Haygreen dan Bowyer (1989) menyebutkan kadar air merupakan banyaknya air di dalam produk kayu. Nilai kadar air papan comply bambu pada kadar perekat Pengukuran hasil kadar air disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai rata-rata kadar air papan comply aren dan bambu

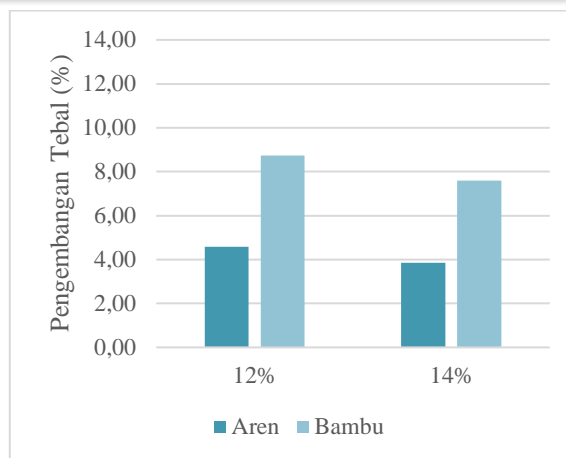
Gambar 2 menunjukkan kadar air papan comply tertinggi terjadi pada jenis papan pelepah aren dari kadar perekat 10%. Sedangkan nilai kadar air terendah terdapat pada papan partikel bambu dengan kadar perekat 14%. Semakin besar kadar perekat yang digunakan maka semakin rendah kadar air papan comply. Terlihat pada jenis papan comply dari bambu memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan dengan kadar air papan partikel dari pelepah aren. Hal ini disebabkan bahan baku pelepah aren memiliki kadar yang lebih tinggi dibandingkan dengan bambu. (Mirza et al., 2020) menyebutkan bahwa tinggi rendahnya kadar air papan komposit dipengaruhi oleh penggunaan bahan baku dalam pembuatan papan, jika bahan baku yang digunakan memiliki kadar air tinggi maka berpengaruh pada proses adonan perekat menjadi lebih encer. Ditambah oleh Maloney (1993) pada

proses pembentukan papan melalui pengempaan, partikel bagian inti lembar (*mat*) papan tidak bebas menyerap air akibat adanya ikatan perekat.

Perubahan kadar air berpengaruh terhadap dimensi dan sifat-sifat papan. Semakin kecil kandungan kadar air dalam papan *comply* maka semakin baik, hal ini disebabkan keberadaan air dalam papan berpengaruh terhadap pengembangan tebal dan kekuatan papan *comply*. Kandungan air yang banyak pada papan *comply* dapat menjadi penghambat penetrasi PVAc sebagai perekat antar ikatan papan *comply*. Jenis vinir kayu jati menambah perubahan terhadap sifat fisis papan komposit, salah satunya adalah kadar air. Masing – masing papan *comply* pelepah aren dan bambu memiliki kadar air yang rendah dengan adanya lapisan vinir jenis jati. jati merupakan jenis kayu yang memiliki keunggulan, yaitu kadar air yang rendah sehingga memberi kekuatan terhadap papan. Syarat mutu kadar air papan komposit menurut SNI 03-2105-2006 adalah maksimal 14%. Kadar air papan *comply* bambu dan aren telah memenuhi persyaratan standar mutu.

Pengembangan Tebal

Selain sifat fisis seperti kerapatan dan kadar air, sifat fisis papan *comply* lainnya yang perlu dianalisis adalah pengembangan tebal. Pengembangan tebal merupakan sifat fisis papan komposit dalam menentukan penggunaan akhir produk baik sebagai produk eksterior maupun interior. Pengembangan tebal merupakan persentase penambahan tebal sampel terhadap dimensi setelah pemberian perendaman dengan suhu ruangan selama 24 jam. Pengembangan tebal yang tinggi menunjukkan rendahnya stabilitas dimensi yang penggunaannya tidak cocok untuk penggunaan eksterior disebabkan sifat mekanis papan komposit menurun dan waktu penggunaannya tidak dapat bertahan lama. Nilai rata-rata pengembangan tebal papan *comply* bambu pada kadar perekat 12%, dan 14% masing-masing berkisar antara 8,73% dan 7,60%. Untuk papan *comply* pelepah aren nilai rata-rata pengembangan tebal pada kadar perekat 12% dan 14% masing-masing berkisar antara 4,57% dan 3,86%. Pengukuran pengembangan tebal papan *comply* bambu dan pelepah aren disajikan pada Gambar 3.



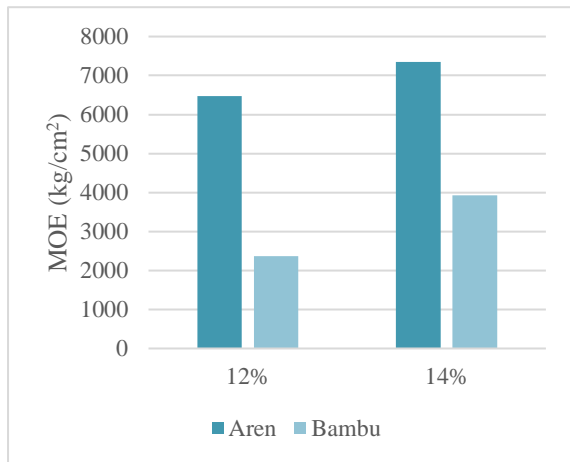
Gambar 3. Nilai rata-rata pengembangan tebal papan *comply* aren dan bambu

Pada gambar di atas terlihat bahwa papan *comply* memiliki nilai pengembangan tebal tertinggi terdapat pada jenis papan *comply* bambu dengan kadar perekat 12%. Hal ini diduga disebabkan oleh adanya zat ekstraktif yang terkandung pada limbah partikel bambu yang bersifat hidrofobik yang dapat mengurangi sifat terhadap stabilitas dimensinya. Setiap penambahan kadar perekat dari papan *comply* menunjukkan nilai pengembangan tebal yang rendah. Semakin tinggi jumlah perekat yang ditambahkan terhadap bahan maka jumlah perekat mampu menutupi pori-pori bahan yang semakin tinggi (Kartika & Pratiwi, 2018). Ikatan antar partikel bergabung lebih rapat dan terbentuk sempurna, sehingga papan *comply* dengan jumlah perekat yang tinggi akan lebih sulit dimasuki air. Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 memberikan persyaratan untuk pengembangan tebal maksimum <20%. Papan *comply* pelepah aren dan bambu telah memenuhi persyaratan standar SNI 03-2105-2006.

Modulus of Elasticity (MOE)

MOE merupakan pengujian untuk mengetahui daya tahan papan *comply* terhadap beban yang diberikan sampai papan tersebut mengalami perubahan bentuk. Berdasarkan data yang dihasilkan pengujian mekanika papan *comply* yaitu uji kuat lentur (MOE). Modulus elastisitas papan *comply* bambu pada perekat 12% dan 14% masing-masing memiliki nilai yaitu 2366,77 kg/cm² dan 3931,83 kg/cm². Sementara papan *comply* pelepah aren pada perekat 12% dan 14% memiliki nilai

6475,47 kg/cm² dan 7353,53 kg/cm². Pengukuran MOE papan comply bambu dan pelepah aren disajikan pada gambar 4. MOE merupakan ukuran ketahanan papan dalam menahan beban dan perubahan bentuk sampai batas proporsi yang menunjukkan sifat elastisitas pada papan. Papan comply akan semakin kuat jika nilai keteguhan lenturnya semakin tinggi. Nilai MOE menunjukkan kemampuan papan untuk menahan beban dalam batas proporsi (sebelum patah), jika nilai MOE tinggi maka papan akan semakin tahan terhadap perubahan bentuk.



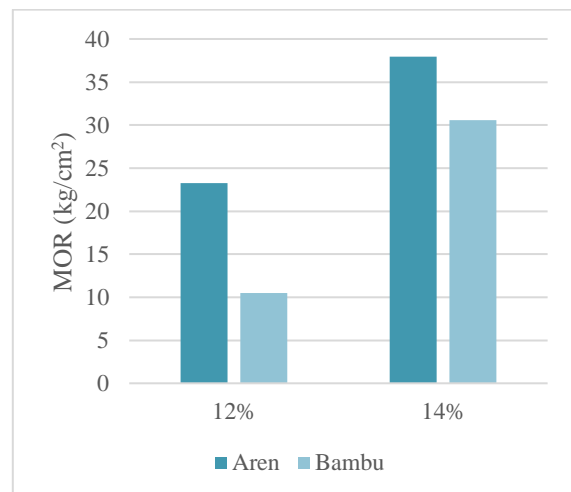
Gambar 4. Histogram keteguhan elastisitas papan comply

Hasil pengujian MOE papan comply memiliki nilai rata-rata tertinggi terdapat pada pelepah aren yaitu 7353,53 kg/cm², sedangkan terendah terdapat pada papan comply bambu dengan kadar perekat 12% yaitu 2366,77 kg/cm². Nilai MOE kedua jenis papan telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 sebesar 20.400 kg/cm². Jika dilihat pada jumlah kadar perekat yang tinggi nilai MOE semakin tinggi. Hal ini disebabkan dengan penambahan perekat mampu meningkatkan kekuatan antar partikel. Dengan meningkatnya kekuatan partikel, sifat papan comply akan semakin keras, sehingga tingkat kekuatan papan menjadi lebih kuat. Disisi lain, pada penelitian ini menggunakan vinir jenis kayu jati sebagai pelapis permukaan atas dan bawah papan. Kayu jati merupakan jenis kayu yang memiliki kekuatan yang tinggi (kelas kuat II). Dari sifat yang dimiliki, menghasilkan papan partikel berlapis vinir kayu jati (comply) menjadi lebih baik, yaitu mampu meningkatkan kekuatan papan. Hasil dari pengujian seluruh papan

comply belum memenuhi standar pada kadar perekat 12% dan 14%. Hal ini diduga saat proses pencampuran bahan partikel dan perekat yang dilakukan secara manual tidak merata. Sejalan dengan penelitian. Sejalan dengan penelitian (Indrayanti et al., 2023) tidak meratanya persebaran partikel dan perekat dapat mengurangi nilai MOE. Persebaran bahan partikel dan perekat yang tidak merata dapat mengakibatkan ruang kosong (void) terhadap struktur komposit yang menyebabkan kelenturan papan menurun (Meliana & Asri, 2021).

Keteguhan Patah (MOR)

Pengujian lanjutan dari modulus elastisitas adalah pengujian modulus patah (keteguhan lentur, MOR) yang dapat dilakukan dengan cara dan contoh uji yang sama. MOR merupakan pengujian yang digunakan untuk mengetahui kemampuan papan comply dalam menahan besar beban maksimum yang diberikan. Hasil uji keteguhan lentur papan comply pelepah aren pada perekat 12% dan 14% masing-masing memiliki nilai, yaitu 23,25 kg/cm² dan 37,94 kg/cm². Sementara papan comply bambu masing-masing 10,46 kg/cm² dan 30,59 kg/cm².



Gambar 5. Diagram keteguhan patah papan comply

Nilai MOR tertinggi terdapat pada papan comply pelepah aren dengan kadar perekat 14% dan terendah terdapat pada jenis papan comply bambu dengan kadar perekat 12%. Hasil penelitian menunjukkan penambahan perekat mempengaruhi kualitas papan comply. Hasil pengujian menunjukkan semakin tinggi kadar perekat nilai MOR semakin tinggi. Selain itu,

kualitas papan comply dipengaruhi oleh pemberian vinir pada lapisan atas dan bawah papan. Vinir dari jenis kayu jati menghasilkan papan comply dengan tampilan permukaan menjadi lebih bagus dan keras. Kedua jenis papan comply tidak memenuhi SNI 03-2105-2006 dengan nilai MOR minimal 82 kg/cm². Hal ini dikarenakan penggunaan partikel memiliki ukuran yang tidak seragam yang dapat menyebabkan ikatan antar partikel tidak rata dan kompak. Pada pengujian mekanika MOE dan MOR mengalami perbedaan lenturan beban (defleksi) yang sangat besar antara pengulangan pembuatan papan comply pada komposisi bahan yang sama. Selain itu, proses pembuatan papan comply pencampuran bahan dilakukan secara manual sehingga menghasilkan bahan yang tidak homogen.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan kualitas papan comply dari sifat fisis yaitu kadar air dan kerapatan masuk dalam standar menurut SNI 03 - 2105 – 2006. Kadar air papan comply semakin menurun dengan semakin tingginya kadar perekat, ini disebabkan partikel perekat mengisi rongga papan yang berpotensi penyerapan uap air dari udara, sehingga jumlah perekat yang semakin banyak digunakan akan menyebabkan semakin banyak pula rongga pada papan yang tertutup partikel perekat. Berbeda dengan sifat mekanis pada keteguhan patah (MOR) belum memenuhi standar disebabkan bahan partikel dan perekat tidak menyatu secara merata sehingga menurunkan kekuatan lentur dan kekuatan patah pada papan comply. Selain itu, ukuran partikel juga sangat berpengaruh terhadap kualitas papan komposit, apabila ukuran partikel seragam maka bahan yang menyusun papan comply dapat mengikat dengan baik.

Dari kedua perlakuan pemberian kadar perekat papan comply yang paling bagus dengan pemberian kadar perekat sebesar 14% disebabkan antara komposisi perekat dengan partikel paling pas dan memenuhi standar untuk pengujian sifat fisika. MOR tidak masuk standar disebabkan saat pencampuran perekat mengalami kering udara sebelum dilakukan pencetakan. Secara ekonomis jika diproduksi dalam skala besar maka yang dipakai adalah perlakuan pemberian perekat 12% karena

memiliki nilai cost yang lebih rendah namun memenuhi standar.

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak pemberi dana penelitian PNPB Universitas Mataram atas bantuan dana dalam pelaksanaan penelitian. Kepada para pihak yang turut membantu penelitian ini baik mahasiswa, Laboran THH Prodi Kehutanan, Teknisi Lab Teknik serta rekan peneliti yang terlibat dalam penulisan laporan dan artikel ilmiah.

Referensi

- Baskara, M. I. A., Hapsoro, D., Maulana, M. I., Marwanto, Prasetia, D., Hidayat, W., Lubis, M. A. R., Febrianto, F., & Kim, N. H. (2022). Physical and Mechanical Properties of Oriented Strand Board from Three Species of Plantation Forests at Various Resin Contents. *Jurnal Sylva Lestari*, 10(1), 49–62. <https://doi.org/10.23960/jsl.v10i1.519>
- Febrianto, F., Sumardi, I., Hidayat, W., & Maulana, S. (2017). *Papan Untai Bambu Berarah: Material Unggul untuk Komponen Bahan Bangunan Struktur* (1st ed.). IPB Press. <http://repository.lppm.unila.ac.id/2083/1/PapanUntaiBambuBerarah-MaterialUngguluntukKomponenBahanBangunanStruktur.pdf>
- Indrayanti, L., Siska, G., Sijabat, F., Kehutanan, J., Pertanian, F., Palangka, U., Jalan, R., Sudarso, Y., Nyaho, T., & Raya, P. (2023). Preliminary Test Of Physical Mechanical Properties Of Kawui Wood Particle Board (Vernonia arborea) With Three Percentages PVAc (Polyvinyl acetate) Adhesive. *Juni*, 17(1), 27–36.
- Kartika, I. A., & Pratiwi, D. F. (2018). Karakteristik Papan Partikel Dari Bambu Dengan Perekat Getah Damar. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 28(2), 127–139. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2018.28.2.127>
- Meliana, M., & Asri, A. (2021). Analisis Pengaruh Ukuran Serat Terhadap Sifat

- Fisis dan Mekanis Papan Komposit Berbahan Serat Batang Pisang Kepok. *Prisma Fisika*, 9(3), 221. <https://doi.org/10.26418/pf.v9i3.50089>
- Mirza, H., Mahdie, M. F., Rahmat, G. A., Program, T., & Kehutanan, S. (2020). Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Dari Serbuk Gergajian Kayu Sengon Laut (*Paraserianthes falcataria*) Menggunakan Perekat PVaC. *Jurnal Sylva Scientiae*, 03(5), 855–867.
- Ningsih, R. V., Wulandari, F. T., Latifah, S., & Hidayati, E. (2023). Effect of Adhesive Content on Physical Properties Particleboard Made from Bamboo and Sugar Palm Waste (*Arenga Pinnata* (Wurmb.) Merr). *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 133–139. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i1.4449>
- Rachmi, D. T., & Ignasia, S. (2019). Properties of particleboard made from mixture of jabon wood and andong bamboo. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 37(2), 123–136.
- Stark, N. M., Cai, Z., & Carll, C. (2010). Chapter 11 - Wood-Based Composite Materials Panel Products , Glued-Laminated Timber , Structural Materials. *Wood Handbook - Wood as an Engineering Material*, January 2018, 1–28.