

Karakteristik Kekuatan Sambungan Beberapa Jenis Lem Pada Bambu Laminasi Dalam Penggunaan Untuk Kelom Geulis

Yusril Irwan^{a,*}, I Komang Suyana^b, Muhammad Naufal Amanullah^c

^aTeknik Mesin, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional Bandung
Jl. PH. H. Mustofa No. 23 – Bandung, 40124

^bTeknik Mesin, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional Bandung
Jl. PH. H. Mustofa No. 23 – Bandung, 40124

^cDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH., Tembalang-Semarang 50275

*E-mail: yusril@itenas.ac.id

Abstract

Kelom Geulis, a traditional wooden sandal, often utilizes laminated bamboo as a primary material due to its lightweight, eco-friendly, and aesthetic properties. However, the mechanical strength of laminated bamboo joints depends significantly on the type of adhesive used and environmental moisture conditions. This study investigates the shear and tensile strength characteristics of half lap joint and edge joint configurations in laminated bamboo using three types of adhesives: epoxy resin, polyvinyl acetate (PVAC), and aliphatic polychemie. The background problem lies in the need to identify an optimal adhesive that maintains joint integrity under both dry and moist conditions, representing realistic usage scenarios of Kelom Geulis. A gap exists in comparative data on adhesive performance under varying humidity levels. This research aims to provide a comprehensive evaluation to support adhesive selection in bamboo-based joinery. The methodology involved laboratory testing of 25 specimens for each adhesive type under two environmental conditions: dry bamboo (0% moisture) and wet bamboo (after 2–4 hours of immersion). Measurements included shear stress and maximum load. Results showed that under dry conditions, polychemie aliphatic adhesive exhibited the highest average strength in half lap joints (0.8 kg/mm², 452.3 kg), while epoxy resin (7 g resin, 0.25 g hardener) outperformed others in edge joints (2.3 kg/mm², 334.7 kg). In moist conditions, epoxy resin (same ratio) also demonstrated superior durability (1.6 kg/mm², 249.4 kg), compared to notable degradation observed in PVAC and polychemie adhesives. In conclusion, epoxy resin with a 7:0.25 g resin-to-hardener ratio is the most effective adhesive for laminated bamboo joints in both dry and humid conditions. This study provides critical insights for sustainable adhesive application in traditional bamboo-based craftsmanship.

Keyword : laminated bamboo, epoxy resin, half lap joint, edge joint, tensile strength

Abstrak

Kelom Geulis, sebagai produk tradisional berbahan dasar bambu laminasi, banyak digunakan karena sifatnya yang ringan, ramah lingkungan, dan memiliki nilai estetika tinggi. Namun, kekuatan sambungan bambu laminasi sangat bergantung pada jenis lem yang digunakan serta kondisi kelembaban lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik kekuatan tarik dan geser pada sambungan *half lap joint* dan *edge joint* menggunakan tiga jenis lem berbeda: resin epoxy, *polivinil asetat* (PVAC), dan *polychemie alifatik*. Masalah utama yang diangkat adalah perlunya identifikasi lem yang optimal untuk menjaga kekuatan sambungan, baik pada kondisi kering maupun lembab yang menggambarkan penggunaan nyata dari Kelom Geulis. Terdapat kekosongan data komparatif mengenai performa lem dalam kondisi lingkungan yang berbeda. Penelitian ini dilakukan dengan metode pengujian laboratorium terhadap 25 spesimen dari masing-masing jenis lem pada dua kondisi: bambu kering (0% kadar air) dan bambu lembab (perendaman 2–4 jam). Parameter pengujian meliputi tegangan geser dan beban maksimum. Hasil menunjukkan bahwa pada kondisi kering, lem *polychemie alifatik* memberikan kekuatan tertinggi pada *half lap joint* (0,8 kg/mm², 452,3 kg), sedangkan pada sambungan *edge joint*, resin epoxy dengan rasio 7 gram resin dan 0,25 gram katalis memberikan kekuatan tertinggi (2,3 kg/mm², 334,7 kg). Pada kondisi lembab, resin epoxy tetap menunjukkan performa terbaik (1,6 kg/mm², 249,4 kg), sementara PVAC dan *polychemie* mengalami penurunan daya rekat yang signifikan. Kesimpulannya, resin epoxy dengan rasio 7:0,25 g merupakan lem paling efektif untuk sambungan bambu laminasi, baik pada kondisi kering maupun lembab. Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pemilihan lem yang berkelanjutan dalam

kerajinan bambu tradisional.

Kata kunci: bambu laminasi, resin epoxy, *Half Lap Joint*, *Edge Joint*, kekuatan tarik

1. Pendahuluan

Kelom Geulis merupakan produk kerajinan tradisional khas Indonesia yang menggunakan bambu sebagai bahan utama. Bambu laminasi menjadi pilihan material utama karena memiliki karakteristik ringan, kuat, dan ramah lingkungan. Meskipun demikian, kekuatan struktur dari produk ini sangat dipengaruhi oleh kualitas sambungan antar elemen bambu yang disatukan dengan lem. Dalam konteks ini, penggunaan jenis lem yang tepat menjadi krusial untuk memastikan daya tahan produk terhadap beban mekanis dan kondisi lingkungan, terutama kelembapan.

Kelom Geulis, yang merupakan produk dari bambu laminasi, telah mendapatkan perhatian dalam industri furnitur dan konstruksi karena keunggulan estetik serta mekaniknya [1]. Bambu sebagai bahan alami memiliki sifat ringan dan kuat [2], namun kinerjanya dapat dipengaruhi oleh kondisi awal material dan metode sambungan yang digunakan. Sambungan pada bambu terdiri dari beberapa metode, salah satunya *half lap joint* metode ini melibatkan pemotongan separuh pada dua bagian bambu yang akan disambungkan, sehingga menghasilkan area kontak yang lebih luas. Metode ini dikenal dapat meningkatkan kekuatan sambungan [3]. Selain itu terdapat *edge joint*, yaitu sambungan yang menggabungkan dua permukaan bambu secara langsung. Meskipun lebih sederhana, kekuatan sambungan jenis ini sangat dipengaruhi oleh kualitas permukaan dan jenis lem yang digunakan [4].

Variasi lem yang umum digunakan dalam sambungan bambu antara lain resin epoxy, PVAC, dan *polychemie* alifatik. Resin epoxy dikenal memiliki daya rekat sangat kuat dan ketahanan tinggi terhadap kelembapan, sehingga ideal untuk aplikasi struktural pada bambu laminasi [5]. Polivinil asetat (*Poly-vinyl acetate*, PVAC) ialah polimer termoplastik yang banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri perekat. Baik dalam bentuk larutan maupun emulsi, PVAC baik yang dimodifikasi maupun tidak, sebagai homopolimer maupun kopolimer menawarkan beragam sifat yang menjadikannya cocok sebagai bahan pengikat, terutama untuk kayu dan produk turunannya [6]. Sementara itu, *polychemie* alifatik lem ini ideal untuk pemodelan, furnitur, pembuatan lemari, dan pelapis trim. Dirancang khusus untuk kayu keras dan lunak serta beberapa logam berpori. Ikatannya lebih kuat dari kayu itu sendiri, lem ini mengeras dengan cepat dengan waktu penjepitan yang singkat, dan tidak beracun. Lem ini tidak dirancang untuk digunakan di bawah permukaan air. Meskipun harganya lebih mahal dari lem PVA tradisional, lem profesional ini menggunakan teknologi baru resin alifatik canggih, yang menawarkan keuntungan yang jelas bagi pekerja kayu: Ketahanan mulur yang lebih tinggi, pengerasan yang lebih cepat, waktu buka yang lebih lama, daya rekat basah awal yang lebih baik, kemampuan pengamplasan yang sangat baik, ketahanan terhadap panas & pelarut yang lebih baik [7].

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah belum adanya data yang komprehensif mengenai performa mekanis sambungan bambu laminasi dengan berbagai jenis lem, khususnya pada dua konfigurasi sambungan umum yaitu *half lap joint* dan *edge joint*, baik dalam kondisi kering maupun lembab. Ketiga jenis lem yang digunakan dalam penelitian ini resin epoxy, polivinil asetat (PVAC), dan *polychemie* alifatik memiliki karakteristik kimia dan performa berbeda yang berpotensi memengaruhi kekuatan sambungan. Beberapa studi sebelumnya telah banyak mengeksplorasi potensi bambu laminasi sebagai alternatif material konstruksi yang berkelanjutan.

Penelitian menunjukkan bahwa bambu laminasi mampu menahan beban tekan hingga 170 kg/cm² dalam bentuk batang, dan antara 155–390,5 kg/cm² dalam struktur sambungan [8]. Namun, mereka juga mencatat bahwa kekuatan ini masih di bawah kekuatan bambu alami akibat daya rekat perekat yang belum optimal. Penelitian oleh [9] yang menggunakan bambu ori dari Banyuwangi dan perekat PVAC menunjukkan bahwa bambu laminasi memiliki kekuatan tekan rata-rata 44,86 MPa tanpa pengawetan dan 40,96 MPa dengan pengawetan, serta kekuatan lentur hingga 85,45 MPa. Temuan ini mengindikasikan bahwa karakteristik mekanik bambu sangat dipengaruhi oleh jenis perekat dan metode perlakuan. Dalam skala internasional meneliti performa tekan bambu laminasi dari berbagai bagian pertumbuhan bambu. Mereka menemukan bahwa kekuatan tekan meningkat seiring tinggi bagian pertumbuhan, namun variasi antar spesimen juga meningkat, yang memengaruhi konsistensi performa material [10]. Penelitian Endrajaya dan Sarwidi [11] lebih memfokuskan pada kekuatan sambungan sekrup dalam bambu laminasi. Mereka menemukan bahwa variasi jenis sekrup memengaruhi kekuatan sambungan secara signifikan, menunjukkan pentingnya pemilihan metode sambungan dalam aplikasi struktural bambu. Mengembangkan metode incising dan tekanan kempa 1,5 MPa pada bambu petung, yang meningkatkan kekuatan tekan hingga rata-rata 62,98 MPa dan modulus elastisitas 4756,94 MPa. Ini menunjukkan bahwa metode pengolahan seperti kempa dan teknik *incising* dapat berpengaruh besar terhadap performa akhir bambu laminasi [12]. Walaupun banyak studi telah membahas karakteristik mekanis bambu laminasi, masih sangat terbatas penelitian yang secara khusus membandingkan performa tiga jenis perekat (resin epoxy, PVAC, dan *polychemie* alifatik) pada sambungan bambu laminasi dalam berbagai kondisi kelembapan. Padahal, pemilihan jenis lem sangat berpengaruh terhadap kekuatan sambungan dan ketahanan produk terhadap perubahan lingkungan.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kekosongan data kuantitatif mengenai performa sambungan bambu laminasi dengan tiga jenis lem tersebut, khususnya dalam konteks produk lokal seperti Kelom Geulis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan kekuatan tarik dan geser dari sambungan *half lap joint* dan *edge joint* pada bambu laminasi menggunakan resin epoxy, PVAC, dan *polychemie*

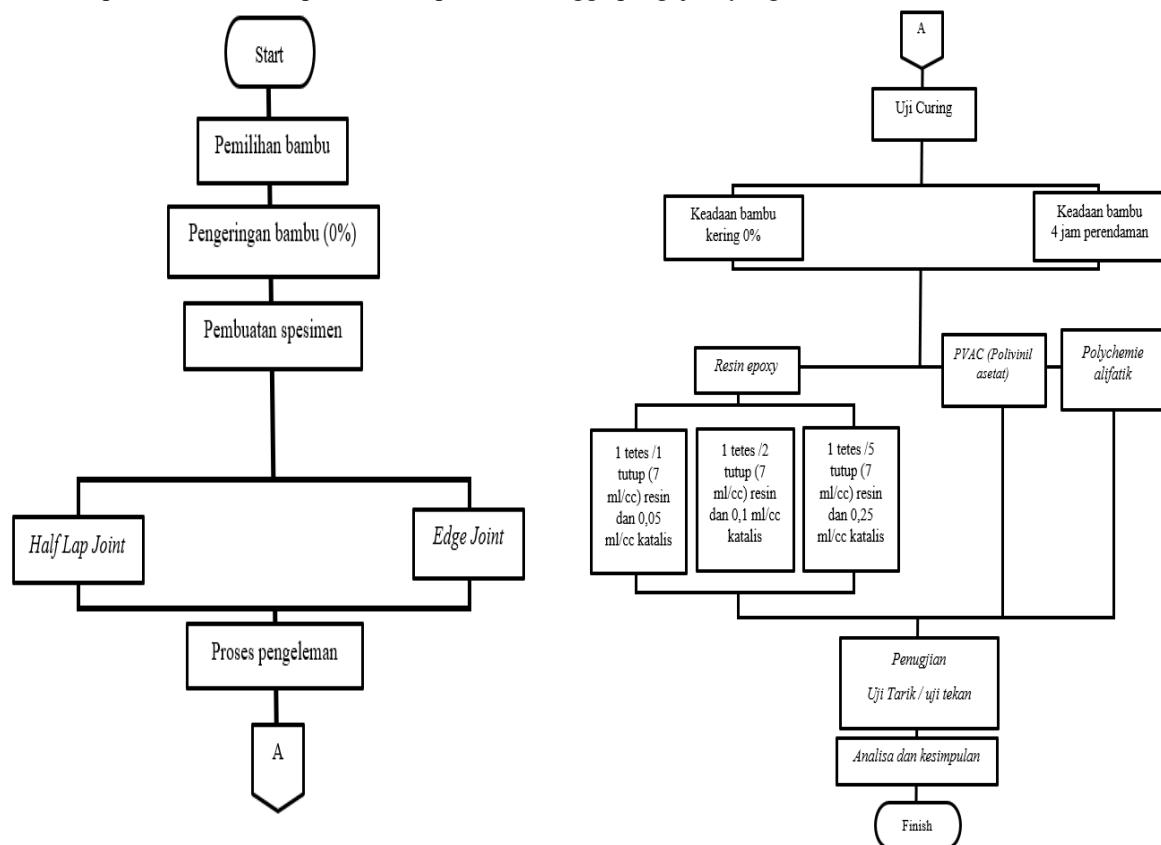
alifatik, baik dalam kondisi kering maupun lembap. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam menentukan jenis perekat terbaik untuk mendukung konstruksi bambu yang berkelanjutan dan tahan terhadap variasi kelembaban.

2. Material dan metode penelitian

Metode penelitian mencangkup manufaktur, spesifikasi spesimen, serta pengujian yang dilakukan

2.1 Metode Penelitian

Diagram alir penelitian pada gambar 1 dibawah ialah urutan proses penelitian pada bambu yang dilakukan serta proses dari pemilihan bambu, pembuatan spesimen, hingga pengujian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Pemilihan bambu

Bambu tali atau bambu apus (*Gigantochloa apus*), yang mana bambu jenis ini memiliki beberapa sifat – sifat antara lain memiliki batang kuat, ulet, lurus, keras, batang dengan ruas yang panjang, mudah dibelah, dan mudah untuk dikerjakan serta memiliki bobot ringan sehingga mudah untuk di angkut. Bambu tali atau bambu apus dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Bambu Asup

2.3 Pengeringan bambu

Pengeringan bambu ini dilakukan bertujuan untuk menghilangkan kadar air hingga 0.00 % dan dimana dalam pengeringan ini dilakukan dengan dua metode yaitu dengan pengeringan secara penjemuran dan dibantu dengan pengovenan.

Sebelum proses pengeringan dilakukan bambu akan dibersihkan dan dipotong dengan ukurannya Panjang 30 cm dan lebar 3 cm ini dilakukan untuk mempercepat pengeringan dan mempermudah dalam menganalisa kadar air dan setelah 5 hari penjemuran pengeringan dibantu dengan pengovenan atau Proses *Oven Drying* dengan setting suhu pada mesin *Oven Drying* di temperature 105°C – 110°C dengan lama *Oven Drying* 1 jam seperti pada gambar 3 dibawah ini.



Pengeringan secara alami



Pengeringan *Oven Drying*

Gambar 3. Pengeringan

2.4 Perendaman Spesimen

Perendaman spesimen dilakukan agar dapat mensimulasikan kondisi lembab atau hujan saat dilakukan pengaplikasiannya. Perendaman dilakukan selama 4 jam menggunakan fluida air. Perendaman dilakukan sampai spesimen terendam keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.

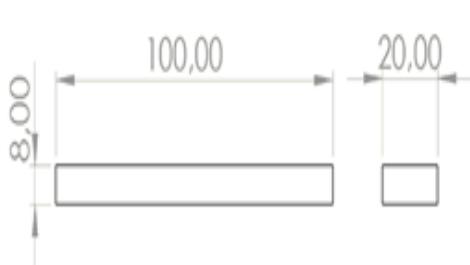


Gambar 4. Proses perendaman pada specimen

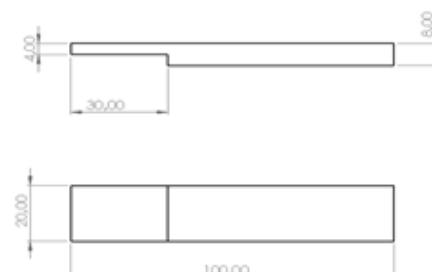
2.5 Pembuatan Spesimen

2.5.1. *Half lap joint*

Pembuatan spesimen *half lap joint* pada bambu. Dalam penelitian ini spesifikasi dari sambungan *half lap joint* yang digunakan yaitu dengan ukuran atau dimensinya yaitu dengan panjang 100 mm, lebar 20 mm, dan tebal 8 mm seperti pada gambar 5 dibawah.



Gambar 5. Dimensi spesimen



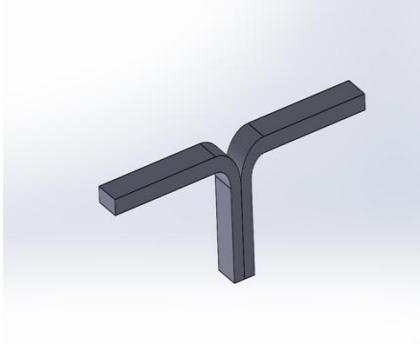
Gambar 6. *Half lap joint*

Dalam pembuatan sambungan *half lap joint* luas media yang akan dijadikan permukaan sambungan dimana memiliki dimensi Panjang 30 mm, lebar 20 mm, dan kedalaman 4 mm. Sebagai bagian yang akan di kurangi atau di coak dapat dilihat pada gambar 6. Oleh karena itu sebelum pembuatan sambungan dilakukan pengukuran, dan

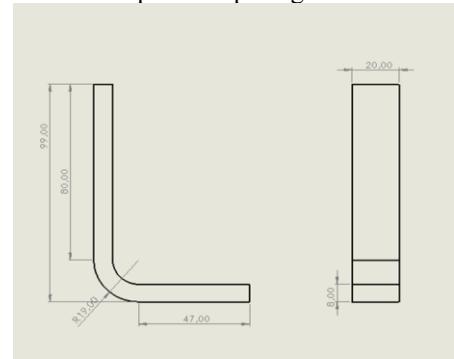
dilakukan pemotongan, kemudian pemahatan, setelah itu dilakukan pengikiran dan diukur kembali dengan jangka sorong untuk hasil yang lebih presisi.

2.5.2. Edge joint

Pembuatan sambungan *edge joint* pada bambu ini menggunakan bahan bambu laminasi atau lembaran bambu yang disatukan. Oleh karena itu diperlukan cetakan pres untuk membentuk spesimen pada gambar 7.



Gambar 7. Edge joint



Gambar 8. Spesifikasi *edge joint*

Pemotongan dilakukan dengan mesin gerinda duduk sebelum dipotong lakukan penandaan pada spesimen dengan spesifikasi seperti gambar 8. Setelah penandaan area yang dipotong maka lakukan pemotongan di area yang sudah ditandai, dan setelah pemotongan maka dilakukan pengangplas dengan mesin amplas duduk dan diukur kembali untuk hasil ukuran sesuai dengan yang disepakati.

2.6 Uji Curing

Uji Curing dilakukan untuk melihat lama pengeringan pada lem dan kekerasan pada lem dengan menggunakan pensil Hardness dalam pengujian ini dilakukan sebelum dilakukan pengujian tarik, dan geser untuk memastikan lem benar-benar kering. Menggunakan standar ASTM D3363: Standar ini memberikan prosedur terperinci untuk menentukan kekerasan lapisan dengan menggunakan pensil. Standar ini banyak digunakan di industri cat dan pelapis seperti gambar 9.



Gambar 9. Pengujian dengan pensil Hardness

2.7 Uji Tarik

Uji tarik adalah metode yang digunakan untuk mengukur kekuatan material dengan menariknya hingga mengalami deformasi atau patah [13].

a. Tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Persamaan 1}$$

Dimana: σ = tegangan (Pa), F = gaya tarik yang diterapkan (N), dan A = luas penampang (m^2) [13].

b. Regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{Persamaan 2}$$

Dimana: ϵ = Regangan, Δl = Perubahan panjang (m), l = Panjang batang (m) dan l_0 = Panjang awal sampel (m) [13]

c. Modulus elastisitas (E)

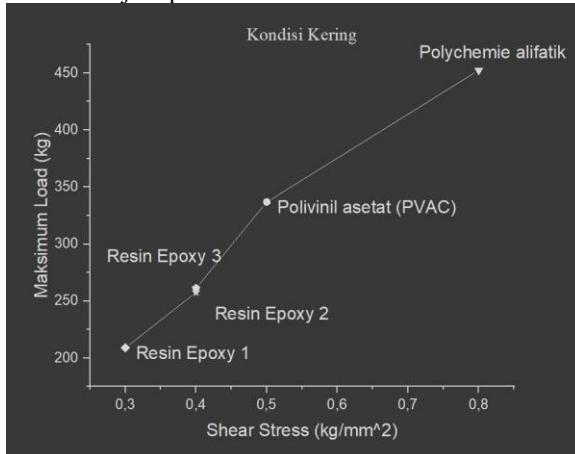
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \text{Persamaan 3}$$

Dimana: E = Modulus elastisitas, σ = Tegangan (Pa), dan ϵ = Elongasi [13]

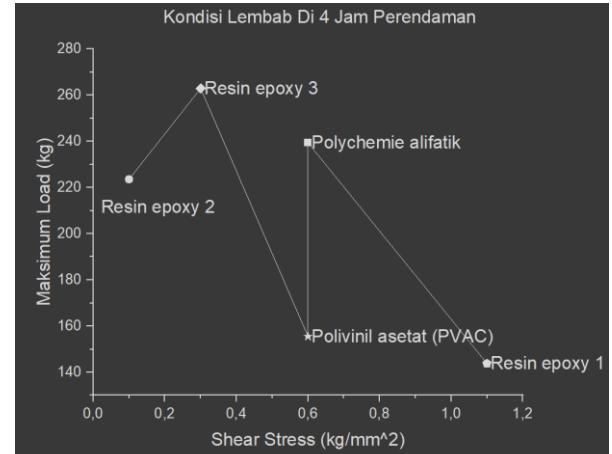
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil perbandingan pada varian lem *half lap joint*

Pada perbandingan ini bertujuan untuk melihat kekuatan pada setiap variasi lem *resin epoxy*, *PVAC* (*Polivinil asetat*), dan *Polychemie alifatik* menggunakan grafik. Hasil perbandingan ini didapatkan dari pengujian uji tarik dengan hasil rata-rata pengujian pada masing-masing variasi lem dengan kondisi kering serta kondisi lembab 4 jam perendaman.



Gambar 10. Kondisi kering

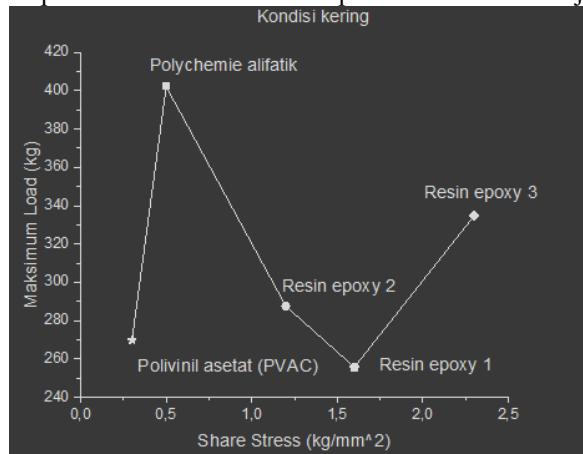


Gambar 11. Kondisi lembab di 4 jam perendaman

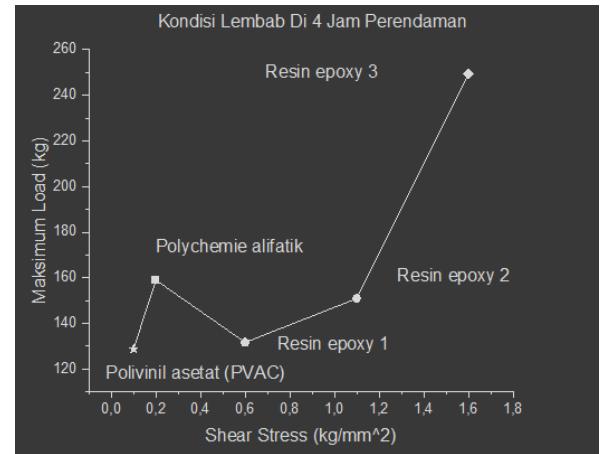
Pada gambar 10 diatas menunjukkan kondisi kering ini *Polychemie alifatik* (*E*) memiliki nilai tertinggi dengan *Shear Stress* ($0,8 \text{ kg/mm}^2$), dan maksimum *load* ($452,3 \text{ kg}$). Sedangkan Pada gambar 11 memperlihatkan kondisi lembab dengan 4 jam perendaman ini Resin epoxy 3 (*C*) dengan rasio takaran 7 gram resin dan 0,25 gram katalis memiliki nilai tertinggi dengan *Shear Stress* ($0,3 \text{ kg/mm}^2$), dan maksimum *load* ($262,9 \text{ kg}$) namun *Shear Stress* pada Resin epoxy 1 dengan rasio takaran 7 gram resin dan 0,05 gram katalis ini memiliki *Shear Stress* ($1,1 \text{ kg/mm}^2$).

3.2 Hasil perbandingan pada varian lem *edge joint*

Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan masing-masing jenis lem resin epoxy, *PVAC* (*polivinil asetat*), dan *Polychemie alifatik* melalui representasi grafik. Data yang ditampilkan merupakan hasil uji tarik dengan hasil rata-rata dari pengujian kekuatan sambungan pada setiap variasi lem, baik dalam kondisi kering maupun kondisi lembab setelah perendaman selama 4 jam.



Gambar 12. Kondisi kering *edge joint*



Gambar 13. Kondisi lembab di 4 jam perendaman

Pada gambar 12 kondisi kering pada sambungan *edge joint* ini terlihat nilai pada lem *Polychemie alifatik* tinggi (*EE*) *Shear Stress* ($0,5 \text{ kg/mm}^2$), dan maksimum *load* di angka $402,0 \text{ kg}$. Lalu, pada Pada gambar 13 kondisi lembab dengan 4 jam perendaman ini terlihat nilai pada epoxy 3 dengan rasio takaran 7 gram resin dan 0,25 gram katalis (*CC*) yang paling tinggi dengan *Shear Stress* ($1,6 \text{ gk/mm}^2$) dan maksimum *Load* ($259,0 \text{ kg}$).

3.3 Pembahasan berdasarkan variasi lem

3.3.1. Resin Epoxy

Epoxy adalah *adhesive* termoset yang bereaksi kimia membentuk ikatan molekul tiga-dimensi yang sangat kuat. Struktur kimianya yang sangat cross-linked menghasilkan kemampuan penetrasi ke dalam pori dan serat bambu, memberikan kekuatan ikatan tinggi (*shear*) dan ketahanan yang baik terhadap kelembapan dibandingkan lem lain [14]. Pada jenis lem Resin epoxy ini memiliki daya rekat yang kuat tergantung dengan takaran dari katalis itu, serta resin epoxy ini memiliki ketahanan terhadap basah karena memiliki struktur *crosslinking* yang lebih kuat [15], terlihat pada resin epoxy 1,2,3 yang mengalami sedikit penurunan kekuatan rekat saat pengujian rendam selama 4 jam perendaman dengan hasil pada sambungan *half lap joint* yaitu nilai maksimum *load* resin epoxy 1 (208,9-143,8 kg), resin epoxy 2 (260,7- 223,6 kg), resin epoxy 3 (261,2-262,9 kg). Namun jenis lem resin epoxy ini memiliki kelemahan yaitu sulit dalam pengerjaannya, yang mana lem jenis ini dalam pengaplikasianya harus merata dan ditahan atau di beri tekanan agar lem dapat merekat dengan kuat.

3.3.2. PVAC (Polivinil asetat)

Pada jenis lem PVAC, dimana lem jenis ini mudah untuk di kerjakan karena karakter lem yang elastis mudah untuk diaplikasikan pada bambu. PVAc *adhesive* berbasis air yang bekerja melalui ikatan fisik (*hydrogen bonding*) dengan permukaan material. Karena berasal dari formulasi berair, kemampuan tahan kelembapannya rendah. PVAc mempunyai keterbatasan ketika uji dilakukan di lingkungan lembap atau terendam air, sering terjadi gagal ikatan karena penetrasi air melemahkan lapisan *glue line* [15][16]. Pada sambungan *half lap joint* yaitu nilai maksimum *load* (dari kondisi kering 336,9 kg dan 155,5 kg di kondisi lembab dengan 4 jam perendaman) dan sambungan *edge joint* yaitu nilai maksimum *load* nya (kering 269,7 kg – lembab 128,8 kg).

3.3.3. *Polychemie* alifatik

Pada lem jenis alifatik memiliki karakteristik hampir sama dengan lem jenis PVAC namun dilakukan modifikasi kimia untuk memberikan sedikit ketahanan kelembapan lebih baik daripada PVA biasa; namun tetapi lebih sensitif kelembapan dibanding epoxy [17]. Lem jenis ini sangat cocok digunakan pada bambu tetapi memiliki kelebihan dapat larut oleh air yang menyebabkan penurunan kekuatan rekatnya (dimana pada kondisi kering 452,3 kg dan 239,4 kg di kondisi lembab dengan 4 jam perendaman), dan sambungan *edge joint* yaitu nilai maksimum *load* nya (kering 402,0 kg – lembab 159,0 kg).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai karakteristik kekuatan sambungan pada bambu laminasi menggunakan tiga jenis lem resin epoxy, PVAC (polivinil asetat), dan *Polychemie* alifatik dapat disimpulkan bahwa resin epoxy, khususnya dengan komposisi 7 gram resin dan 0,25 gram katalis (resin epoxy 3), menunjukkan performa paling optimal dibandingkan dua jenis lem lainnya. Lem ini mampu mempertahankan kekuatan sambungan secara konsisten baik dalam kondisi kering maupun lembab setelah perendaman selama 4 jam. Hal ini menjawab tujuan utama penelitian, yaitu untuk mengidentifikasi jenis lem yang paling sesuai digunakan pada produk Kelom Geulis yang berpotensi digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan.

Sementara itu, PVAC dan *Polychemie* alifatik menunjukkan performa yang cukup baik pada kondisi kering, namun mengalami penurunan signifikan pada kekuatan sambungan ketika diuji dalam kondisi lembab. Fakta ini menunjukkan bahwa kedua jenis lem tersebut kurang direkomendasikan untuk aplikasi bambu laminasi yang memerlukan ketahanan terhadap kelembapan. Hasil penelitian ini menyiratkan bahwa resin epoxy, terutama dalam rasio yang telah disebutkan, merupakan pilihan lem yang paling tepat untuk sambungan bambu laminasi pada produk seperti Kelom Geulis, baik dari segi kekuatan struktural maupun ketahanan terhadap kondisi lingkungan. Pada penelitian ini juga membuktikan bahwa kandungan air dalam material terutama pada serta bambu dapat menyebabkan *embedment strength* turun drastis yang nantinya akan berefek pada struktur yang melemah hal ini juga sejalan jika dilakukan dengan perendaman yang lama, hal tersebut terjadi karena air masuk ke pori menyebabkan pelembahan struktur serta kelembapan memicu retakan mikroskopis serta pada jenis lem tertentu mudah menyerap air. Penelitian ini memberikan gambaran bahwa tipe sambungan *half lap joint* memiliki kekuatan yang lebih baik karena area kontak *adhesive* lebih besar. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri kerajinan bambu maupun konstruksi berbasis material alami.

Sebagai saran untuk penelitian lanjutan, disarankan dilakukan pengujian tambahan terhadap ketahanan jangka panjang dari sambungan lem tersebut terhadap paparan cuaca luar (sinar UV, suhu ekstrem, dan kelembapan berulang), serta pengembangan formulasi lem yang ramah lingkungan dan berbasis bahan alam untuk mendukung prinsip keberlanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dewan Redaksi Jurnal Rotasi, Universitas Diponegoro Semarang, atas persetujuan dan kesempatan yang telah diberikan untuk mempublikasikan artikel ini. Dukungan dan kepercayaan yang diberikan menjadi motivasi berharga dalam pengembangan penelitian ini lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- [1] Hamidah RA, Waskito MA. Perancangan Produk Outsole Kelom Geulis Berbahan Bambu Dengan Fokus Pada Kebaruan Kreasi. *J Desain Produk Nasional*. 2023 Des;1(1):93–94.
- [2] Artiningsih NKA. Pemanfaatan Bambu pada Konstruksi Bangunan Berdampak Positif Bagi Lingkungan. *Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian Universitas 17 Agustus 1945 Semarang*. [Internet]. [Diakses 2025 Jun 12]; Tersedia pada: <https://repository.untag-smg.ac.id>.
- [3] Dan Stout, “*Everything You Need To Know About Half Lap Joints*”, www.familyhandyman.com, diakses: 10 Januari 2025.
- [4] Sudarmaji, Mirasanti N. Dasar-Dasar Teknik Furnitur: Buku Panduan Guru untuk SMK/MAK Kelas X. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi; 2023. ISBN: 978-623-194-529-7.
- [5] Siregar IC, Yudo H, Kiryanto. Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan Kanpe Clear NF Sebagai Pengganti Las. *J Teknik Perkapalan*. 2017 Okt;5(4):716–718.
- [6] Hanif L, Rozalina. Perekat Polyvinyl Acetate (PVAc). *Jurnal Akar*. 2020 Feb;2(1):46–48.
- [7] Anonymous, “*Lem Kayu Alifat Vitalbond*”, www.diy.com, diakses: 09 Januari 2025.
- [8] Arif W, Irwan Y. Pengkajian Kualitas Sifat Mekanis Material Bambu Laminasi untuk Diterapkan pada Desain Produk Furnitur yang Berkonstruksi Sambungan Knockdown. *Jurnal Bambu*. 2012;1(1):1–2.
- [9] Rifqi MG, Amin MS, Bachtiar RR, Pranowo DD, Sobirin H. Karakteristik Bambu Ori Banyuwangi Laminasi Susunan Lurus Berdasarkan Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Kuat Lentur. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Univ Warmadewa*. 2022 Jun;11(1):6–14.
- [10] Li H-T, Zhang Q-S, Huang D-S, Deeks AJ. *Compressive performance of laminated bamboo*. Composite Part B. 2013;54:319–28.
- [11] Endrajaya A, Sarwidi. Pengujian Kuat Sambungan Sekrup pada Bambu Laminasi dengan Metode Geser Satu Irisan. Seminar GEDMAR08. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia; 2018.
- [12] Yasin I, Sulistyorini D, Kurniawan A, Febriansyah IA, Alfarizy AZ. Analisis Kekuatan Balok Bambu Laminasi dengan Metode Incising pada Tekanan Kempa 1,5 MPa. *SEMSINA* 2023. Malang: ITN Malang; 2023 Des.
- [13] Souisa Matheus. Analisis Modulus Elastisitas Dan Angka Poisson Bahan Dengan Uji Tarik. 2011. Universitas Pattimura. Ambon.
- [14] Darwis, D., Rahman, A., & Hidayat, R. (2020). *The effect of using PVAc (polyvinyl acetate) and epoxy resin adhesives on the shear strength of laminated bamboo*. Fundamental Journal Teknik Sipil. Sultan Ageng Tirtayasa University, Indonesia.
- [15] Jimenez, J. P., & Ramos, J. E. C. (2025). Glue-bond performance of oil-heat-treated bamboo using cold-setting and thermosetting adhesives for engineered bamboo applications. *Advances in Bamboo Science*, 11, 100140. <https://doi.org/10.1016/j.bamboo.2025.100140>.
- [16] Darwis, Z., Basuki, A., Bhayusukma, M. Y., Kristiawan, S. A., Diharjo, K., Wibowo, C. H., Saputro, F. N., & Majid, F. M. (2025). *The mechanical properties of laminated bamboo with different types of adhesive and compression pressures*. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 16(1), 31349–31354. <https://doi.org/10.48084/etasr.15374>