

Studi Kekuatan Sambungan Komposit Laminasi Kayu Mahoni Dengan Perekat PVAc Setelah Paparan Air Distilasi, Air Laut, dan Minyak Sayur

Ichwan Burhani¹, Mekro Permana Pinem¹, Shofiatul Ula¹, Iman Saefuloh¹, Sunardi^{1*}

¹Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon

*E-mail : sunardi@untirta.c.id

Received: 12 Februari 2025; Received in revised form: 13 Februari 2025; Accepted: 17 Februari 2025

Abstract

Laminated composites are composed of multiple layers that work together to achieve specific properties. Several factors influence the strength of these composites, including the quality of the surface layers, the strength of the bonds between layers, the adhesion properties, and the thermal behavior. The adhesive plays a crucial role in connecting the layers to form a laminated composite. This study investigates the effect of environmental exposure on the bond strength between the surfaces of laminated composite layers. The laminated composites are made from mahogany wood and are adhered using PVAc adhesive under a pressure of 2 MPa for 30 minutes. After being prepared, the samples are allowed to sit for several days before being immersed in distilled water, seawater, and vegetable oil. Each immersion lasts for 24 hours. The results indicate that the laminated composites experienced a degradation of mechanical properties following exposure to distilled water, seawater, and vegetable oil. Among these, distilled water had the most detrimental effect on the performance of the laminated composite, while exposure to vegetable oil resulted in relatively insignificant changes to its mechanical properties.

Keywords: Laminate Composite; Immersion; Mechanical Properties

Abstrak

Komposit laminasi adalah komposit yang terdiri dari beberapa lapisan untuk mencapai sifat-sifat tertentu. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit laminasi antara lain kualitas permukaan lapisan, kekuatan ikatan lapisan, sifat adesi, dan perilaku termal. Perekat merupakan salah satu faktor yang sangat penting yang menghubungkan antar lapisan dalam membentuk komposit laminasi. Pada studi ini akan dipelajari pengaruh paparan lingkungan terhadap kekuatan ikatan antar permukaan lapisan komposit laminasi. Komposit laminasi dibuat dari kayu mahoni dengan permukaan tertentu dan direkatkan dengan menggunakan perekat PVAc di bawah tekanan 2 MPa selama 30 menit. Sampel kemudian dibiarkan beberapa hari, untuk kemudian dilanjutkan di dalam air distilasi, air laut, dan minyak sayur. Perendaman dilakukan selama 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit laminasi mengalami degradasi sifat mekanik setelah terpapar oleh air distilasi, air laut, dan minyak sayur. Air distilasi memiliki pengaruh paling buruk terhadap performa komposit laminasi, sedangkan paparan minyak sayur relatif tidak terlalu signifikan mengubah sifat mekanik komposit laminasi.

Kata kunci: Komposit Laminasi; Perendaman; Sifat Mekanis

1. PENDAHULUAN

Komposit laminasi adalah susunan lapisan-lapisan tunggal yang membentuk komposit. Berbagai metode dikembangkan untuk memperoleh performa komposit laminasi ketika digunakan. Kinerja komposit laminasi dipengaruhi oleh jenis serat [1], jenis perekat [2], rasio matriks-serat, orientasi

serat [3], proses fabrikasi [4], dan pengaruh lingkungan [5].

Kayu mahoni memiliki warna yang khas, kekuatan tinggi, mudah diolah, dan tahan terhadap rayap dan cuaca [6]. Kayu mahoni memiliki kualitas yang cukup bagus, meskipun tidak sekuat dan tidak seawet kayu jati. Meletakkan kayu yang mengandung lignoselulosa langsung di

atas tanah, maka lama-kelamaan akan mengalami kerusakan dan lapuk [7].

Pemakaian komposit laminasi memberikan banyak keuntungan, seperti meningkatkan kekuatan mekanik dan penurunan berat [8]. Beberapa faktor penting yang menentukan kualitas komposit laminasi adalah jenis perekat, arah serat, dan sel-sel dalam garis lem [9]. Laminasi pinus yang menggunakan perekat PVAc memiliki sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan perekat epoksi jika pembebanan diberikan secara longitudinal. Sedangkan jika arak transversal, sampel dengan perekat epoksi memiliki keunggulan jika dibandingkan perekat PVAc [10].

Ketebalan lem berpengaruh terhadap sifat perekat itu sendiri. Lapisan lem yang tebal menghasilkan sifat ulet, sedangkan lapisan lem yang tipis menghasilkan sifat getas. Peningkatan sifat getas dan kuat dari perekat epoksi menyebabkan terjadinya peningkatan nilai kekuatan dalam arah melintang. Perekat epoksi memiliki potensi sebagai perekat panel kayu lapis yang tahan api dan kokoh secara mekanis [10].

Dalam prakteknya, material pasti akan bersinggungan dengan lingkungan, baik lingkungan yang kering maupun basah. Semakin lama paparan lingkungan. Maka kekuatan ikatan dan stabilitas perekat mengalami penurunan [11]. Penurunan kekuatan ikatan antarmuka disebabkan oleh hilangnya ikatan kimia karena saturasi dengan air, sedangkan ikatan mekanik sangat dipengaruhi oleh paparan kelembaban karena terjadinya plastisitas epoksi [12].

Perekat akrilik yang terpapar air laut mengalami plastisisasi sehingga kekuatan tariknya berkurang menjadi 75% dari kekuatan tarik awal [13]. Hal ini menunjukkan bahwa perekat akrilik cocok digunakan sebagai perekat yang bersinggungan dengan air laut.

Kekuatan tarik dan temperatur gelas perekat vitrimer epoksi mengalami peningkatan, sedangkan perpanjangan putus dan kepadatan ikatan silang berkurang seiring dengan peningkatan kandungan agen curing dithiol borate ester [14].

Furniture atau perabotan berbasis kayu akan selalu bersinggungan dengan air dan minyak dalam kehidupan sehari-hari.

Perekat yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah lem PVAc. Pada studi ini akan dipelajari bagaimana pengaruh paparan air distilasi, air laut, dan minyak goreng terhadap kekuatan ikatan antarmuka pada permukaan kayu pada komposit laminasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Kayu mahoni. Bahan yang digunakan dalam penelitian kayu mahoni yang diperoleh dari daerah Sobang, Pandegang. Batang kayu mahoni adalah yang berumur cukup tua dengan warna merah muda.

Lem PVAc. Pemilihan lem PVAc didasarkan karena banyaknya pemakaian lem PVAc untuk menyatukan kayu dalam kehidupan sehari. Lem PVAc berbiaya murah dan ramah lingkungan.

Air distilasi. Air distilasi digunakan sebagai kontrol agar dapat membandingkan pengaruh paparan air laut dan minyak sayur.

Air laut. Air laut diambil dari pantai Tanjung Pasir di Teluk Naga, Kabupaten Tangerang.

Minyak sayur. Pemilihan minyak sayur karena potensi minyak sayur mengenai kayu dan perekat sangat besar. Dalam studi ini digunakan minyak sayur dengan merk Tropicana.

2.2 Preparasi Sampel

Proses pembuatan sampel meliputi 3 tahapan, yaitu: perekatan, kompaksi, dan pengeringan.

Pemilihan kayu mahoni. Dimensi sampel adalah 100 x 15 x 2 mm. Permukaan kayu dihaluskan dengan menggunakan amplas grit 300 agar perekatan menjadi maksimal. Batang kayu kemudian dikeringkan selama 6 jam di bawah matahari.

Perekatan kayu laminasi. Perekatan kayu dilakukan dengan perekat PVAc, yaitu lem putih fox super D3 *water resistance*. Jumlah perekat PVAc yang digunakan sebanyak 2 gram untuk setiap satu sampel. Perekat PVAc dioleskan pada permukaan kayu hingga rata pada kedua permukaan, dan disatukan.

Proses kompaksi kayu. Kompaksi dilakukan dengan tujuan untuk memadatkan ikatan antarmuka permukaan

kayu mahoni. Besarnya kompaksi adalah 2 MPa selama 30 menit, seperti ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Proses kompaksi komposit laminasi

Proses pengeringan. Langkah terakhir dalam preparasi sampel adalah proses pengeringan. Sampel dilepaskan dari mesin press dan dikeringkan di bawah panas matahari selama 6 jam.

2.3 Perlakuan Paparan

Paparan media lembab disimulasikan dengan proses perendaman sampel komposit laminasi di dalam air distilasi, air laut, dan minyak sayur. Proses perendaman dilakukan selama 24 jam, seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Perendaman komposit laminasi dengan media cair.

2.4 Karakterisasi Material

Evaluasi kinerja komposit laminasi dilakukan dengan mengamati perubahan warna, kekuatan lentur, modulus lentur,

regangan lentur, dan pengamatan patahan kayu, seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Sampel setelah mengalami perendaman

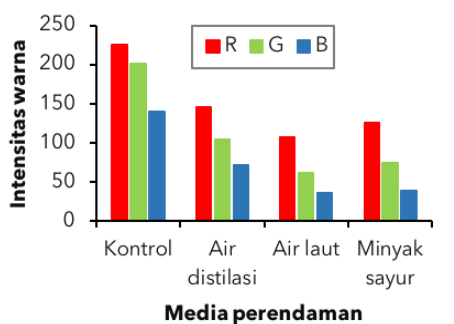
Pengamatan warna. Perubahan warna diamati dengan menggunakan aplikasi RGB.

Pengujian lentur. Pengamatan sifat lentur komposit laminasi dilakukan dengan merujuk standar ASTM D790 dengan metode *three point bending* dan ukuran sampel 100 x 15 x 4 mm. Uji lentur dilakukan pada mesin Zwick Z020 dengan beban awal 0.2 N dan kecepatan pengujian 2 mm/menit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perubahan Warna Setelah Paparan

Paparan media perendaman sangat berpengaruh terhadap perubahan warna kayu. Jenis media dan lama paparan merupakan faktor penting yang menyebabkan perubahan warna dan kekuatan ikatan antarmuka permukaan kayu. Setelah 24 jam paparan, maka perubahan warna dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan warna kayu mahoni setelah paparan media cair

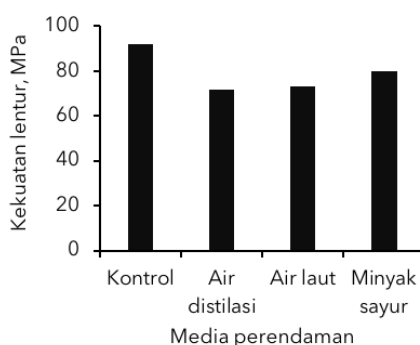
Intensitas warna pada kayu sebelum paparan lingkungan memiliki nilai yang sangat tinggi. Intensitas mengalami penurunan setelah komposit menerima paparan oleh air distilasi, air laut, dan minyak sayur. Air laut memiliki pengaruh yang paling tinggi terhadap perubahan warna kayu. Perubahan warna ini disebabkan oleh kandungan garam pada air laut.

3.2. Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur adalah kemampuan suatu material untuk menahan suatu beban tanpa deformasi permanen atau ketika diberikan gaya menyebabkan terjadinya

lenturan. Hasil pengujian kekuatan lentur ditunjukkan oleh Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa paparan air distilasi memberikan dampak paling buruk terhadap perubahann kekuatan lentur komposit. Difusi air distilasi ke dalam perekat PVAc sangat besar, sehingga dapat merusak ikatan atom yang dibentuk oleh perekat PVAc, sedangkan paparan minyak sayur hanya sedikit menyebabkan degradasi sifat mekanik komposit. Hal ini berarti minyak sayur tidak berpotensi untuk merusak ikatan atom perekat PVAc.



Gambar 5. Perubahan nilai kekuatan lentur komposit laminasi

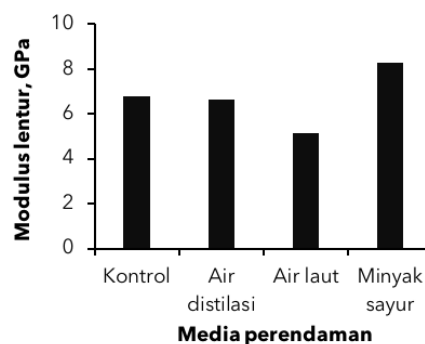
Tingkat viskositas minyak sayur juga lebih tinggi, sehingga penetrasi molekul minyak sayur ke dalam lapisan perekat menjadi sangat kecil. Kekuatan lentur sampel kontrol 92 MPa, dan sampel mengalami penurunan kekuatan pada perendaman minyak sayur, air laut, dan air distilasi masing-masing menjadi 79.9 MPa, 73.0 MPa, dan 71.7 MPa.

3.3 Modulus lentur

Modulus lentur adalah parameter ketahanan material menerima deformasi akibat pembebanan. Gambar 6 menunjukkan fenomena yang sangat

menarik di mana, modulus lentur komposit yang menerima paparan minyak sayur justru mengalami peningkatan. Hal ini mengindikasikan bahwa minyak sayur yang bersinggungan dengan perekat PVAc justru menghasilkan perubahan perilaku perekat dari sifat getas menjadi ulet.

Peningkatan modulus lentur juga terkonfirmasi dari sedikitnya penurunan kekuatan lentur komposit. Paparan air laut menyebabkan kegetasan pada perekat PVAc sehingga modulus lenturnya mengalami penurunan yang sangat drastis.

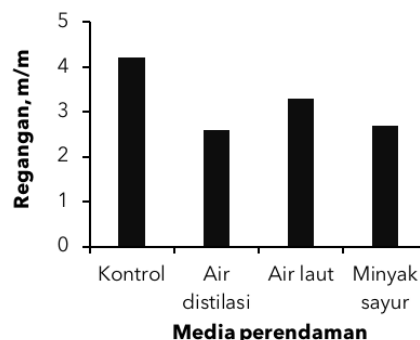


Gambar 6. Perubahan modulus lentur setelah paparan lingkungan

Modulus lentur sampel tanpa paparan adalah 6.78 GPa, dan mengalami penurunan pada paparan air distilasi dan air laut masing-masing adalah 6.65 GPa dan 5.16 GPa. Hasil ini menegaskan bahwa dampak kerusakan yang disebabkan oleh air laut dan air distilasi sangat signifikan terhadap pecahnya ikatan antarmuka material.

Regangan adalah besarnya kelenturan material ketika diberikan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perekat PVAc mengalami perubahan perilaku sehingga berpengaruh terhadap performa komposit secara keseluruhan. Gambar 7 menunjukkan perubahan nilai regangan.

3.4 Regangan



Gambar 7. Perubahan regangan setelah paparan lingkungan

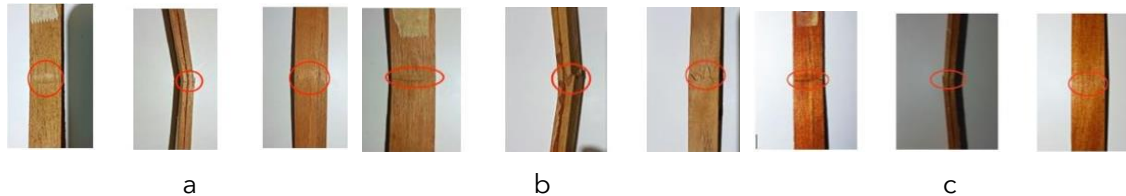
Perubahan nilai regangan komposit memiliki nilai yang tidak terlalu jauh

berbeda setelah paparan lingkungan. Nilai regangan pada komposit setelah paparan

air distilasi memiliki nilai terendah. Hal ini menjadi indikasi bahwa lapisan perekat dan kayu menjadi lebih getas setelah memperoleh paparan lingkungan. Pada material kontrol regangan sebesar 4.2 m/m, dan setelah paparan regangan lentur mengalami penurunan berturut sebesar 3.3 m/m, 2.7 m/m, dan 2.6 m/m untuk paparan air laut, minyak sayur, dan air distilasi.

3.5 Mode Patahan

Gambar 8 menunjukkan tingkat patahan dari setiap sampel yang diuji. Sudut kelengkungan sampel setelah mengalami kegagalan patah menunjukkan nilai kekuatan dan regangan lenturnya, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Pola patahan setelah paparan (a) air distilasi, (b) air laut, dan (c) minyak sayur

Mode patahan semua sampel menunjukkan patahan ulet. Hal ini ditandai dengan terbentuknya serabut yang putus dari serat-serat kayu mahoni.

4. SIMPULAN

Paparan lingkungan berpengaruh terhadap perubahan perilaku pada kayu maupun perekatnya. Dari studi yang dilakukan menunjukkan bahwa tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh paparan air distilasi lebih tinggi dibandingkan dengan air laut dan minyak sayur. Hal ini disebabkan oleh tingkat viskositas dan kandungan pada masing-masing media, yang pada gilirannya

berpengaruh terhadap difusi molekul air maupun minyak sayur sehingga memecahkan ikatan yang terbentuk oleh perekat PVAc.

Paparan minyak sayur tidak memiliki dampak merusak pada perekat dan komposisi. Fenomena yang terjadi justru sebaliknya, di mana paparan minyak sayur dapat memperkuat ikatan perekat pada antarmuka material.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik ATMI Solo yang telah membantu dalam pengujian lentur.

DAFTAR PUSTAKA

1. J. Claus, R. A. M. Santos, L. Gorbatikh and Y. Swolfs, "Effect of matrix and fibre type on the impact resistance of woven composites," *Composites Part B: Engineering*, vol. 183, pp. 1-7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107736>.
2. R. Steiner, V. Schwarz, D. Schnabl, D. Edelhoff and B. Stawarczyk, "Effect of adhesive systems, direct resin composites and artificial aging on tensile bond strength between different resin composites and human dentin," *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 108, pp. 1-7, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2021.102888>.
3. U. S. Gupta, A. Dharkar, M. Dhamarikar, A. Choudhary, D. Wasnik, P. Chouhan, S. Tiwari and R. Namdeo, "Study on the effects of fiber orientation on the mechanical properties of natural fiber reinforced epoxy composite by finite element method," *Materials Today: Proceedings*, vol. 45, no. 9, pp. 7885-7893, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.614>.
4. A. Zeinedini, Y. Hosseini, A. S. Mahdi, A. Akhavan-Safar and L. F. M. da Silva, "Impact of the Manufacturing Process on the Flexural Properties of Laminated Composite-Metal Riveted Joints: Experimental and Numerical Studies," *Applied Composite Materials*, vol. 31, p. 583-610, 2024.

<https://doi.org/10.1007/s10443-023-10186-w>.

5. H. Tuo, Z. Lu and X. Ma, "Effects of environment on tensile properties of laminated composites containing a central hole," *AIP Conference Proceedings*, vol. 1890, pp. 1-7, 2017. <https://doi.org/10.1063/1.5005303>.
6. A. Wijayanto, "Kualitas daya lekat, nilai kilap, fleksibilitas dan kekerasan beberapa jenis bahan finishing yang diaplikasikan pada kayu mahoni," *Jurnal Kehutanan Papuasiasia*, vol. 9, no. 2, pp. 169-177, 2023.
7. Barly and Subarudi, "Kajian industri dan kebijakan pengawetan kayu: sebagai upaya mengurangi tekanan terhadap hutan," *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, vol. 7, no. 1, pp. 63-80, 2010.
8. E. Randbaran, L. Dayang, R. Zahari, M. T. H. Sultan and N. Mazlan, "Advantages and Disadvantages of Using Composite Laminates in The Industries," *Modern Approaches on Material Science*, vol. 3, no. 2, pp. 349-352, 2020. <https://dx.doi.org/10.32474/MAMS.2020.03.000158>.
9. T. i. p. o. w. l. c. f. b. a. penetration, "Li, Zhenrui; Chu, Shimin; Zhang, Yu; Lin, Lanying; Liu, Xing'e," *Composites Part B: Engineering*, vol. 263, pp. 1-12, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.110859>.
10. A. Chanda, N. K. Kim and D. Bhattacharyya, "Effects of adhesive systems on the mechanical and fire-reaction

properties of wood veneer laminates," *Composites Science and Technology*, vol. 230, pp. 1-9, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2022.109331>.

11. P. C. P. Sampaio, P. d. C. Kruly, C. C. Ribeiro, L. A. Hilgert, P. N. R. Pereira, P. M. C. Scaffa, V. Di Hipólito, P. H. P. D'Alpino and F. C. P. Garcia, "Comparative bonding ability to dentin of a universal adhesive system and monomer conversion as functions of extended light curing times and storage," *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, vol. 75, p. 41-49, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.06.033>.

12. J. Tatar and H. R. Hamilton, "Effect of moisture exposure on the adhesive bond under direct shear," in *The 7th International Conference on FRP Composite in Civil Engineering*, Vancouver, Canada, 2014.

13. P. Davies and S. L. Jeune, "Influence of seawater immersion on acrylic adhesive properties and bond strength on wet composites," *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 132, pp. 1-9, 2024.

<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2024.103712>.

14. C. Li, Y. Chen, Y. Zeng, Y. Wu, W. Liu and R. Qiu, "Strong and recyclable soybean oil-based epoxy adhesives based on dynamic borate," *European Polymer Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110923>, vol. 162, pp. 1-8, 2022.