



## PENGARUH KETEBALAN PEREKAT EPOKSI-LATEKS TERHADAP SINGLE LAP JOINT ALUMINIUM-KOMPOSIT

Jausyan Al Mahdi<sup>1a</sup>, Sri Hastuti<sup>1\*</sup>, Xander Salahudin<sup>1</sup>, Rizki Dwi Ardika<sup>2</sup>, Sefrian Rizki Bintoro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret

Korespondensi:

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Magelang, Jawa Tengah  
alamat email: jausyanalmahdi@gmail.com

### ABSTRAK

Sambungan perekat saat ini telah banyak digunakan di berbagai industri seperti otomotif, penerbangan dan industri produksi lainnya. Hal ini terjadi karena sambungan perekat memberikan kemudahan dalam pengaplikasiannya dibanding dengan sambungan tradisional lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh perbedaan ketebalan perekat campuran epoksi-getah karet terhadap kekuatan tarik sambungan tumpang tunggal antara aluminium dan komposit berpenguat serat sabut kelapa. Sambungan tumpang tunggal dibuat dengan menyambungkan aluminium 5083 dan komposit berukuran 100 x 25 x 2 mm dengan menggunakan perekat campuran epoksi-getah karet dengan variasi komposisi 94% EP: 6% GK. Ketebalan perekat yang divariasikan adalah 0,2 mm, 0,4 mm, dan 0,6 mm. Kekasaran permukaan akan menggunakan amplas #150. *Single lap joint* kemudian diuji kekuatan tarik gesernya dengan acuan ASTM D1002. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan perekat epoksi-lateks dapat meningkatkan kekuatan tarik sambungan tumpang tunggal aluminium-komposit. Kekuatan tarik tertinggi dicapai pada variasi tebal perekat 0,6, yaitu sebesar 2,37 MPa. Elongasi juga meningkat seiring dengan penambahan ketebalan perekat. Modulus elastisitas terlihat mencapai puncak pada variasi tebal perekat 0,4 mm dan menurun pada penggunaan variasi tebal perekat 0,6 mm. Hasil pengamatan makro mode kegagalan yang dialami sambungan tumpang tunggal yaitu, *thin layer cohesive failure*, *two stage failure mode* dan *stock break failure*.

**Kata kunci:** aluminium; epoksi-lateks; komposit; perekat; *single lap joint*

### ABSTRACT

*Adhesive joints have been widely used in various industries such as automotive, aviation and other production industries. This is because adhesive joints provide ease of application compared to other traditional joints. This study aims to examine the effect of different thicknesses of epoxy-rubber adhesive mixture on the tensile strength of single lap joints between aluminum and coconut fiber reinforced composites. Single lap joints were made by joining aluminum 5083 and composites measuring 100 x 25 x 2 mm using an epoxy-rubber adhesive mixture with a composition variation of 94% EP: 6% GK. The adhesive thicknesses varied were 0.2 mm, 0.4 mm, and 0.6 mm. The surface roughness will use sandpaper #150. Single lap joint was then tested for its shear tensile strength with reference to ASTM D10021. The results showed that increasing the thickness of the epoxy-latex adhesive can increase the tensile strength of single lap joints between aluminum-composites. The highest tensile strength was achieved at a variation of 0.6 thick adhesive, which was 2.37*

MPa. Elongation also increased with the addition of adhesive thickness. The elastic modulus appeared to peak at a variation of 0.4 mm thick adhesive and decreased at the use of 0.6 mm thick adhesive variation. The results of macro observation of the failure mode experienced by single lap joints are, thin layer cohesive failure, two stage failure mode and stock break failure.

**Keywords:** adhesive; aluminium; composite; epoxy-latex; single lap joint

## 1. PENDAHULUAN

Sambungan perekat saat ini telah banyak digunakan di berbagai industri seperti otomotif, penerbangan dan industri produksi lainnya. Hal ini terjadi karena sambungan perekat memberikan kemudahan dalam pengaplikasiannya dibanding dengan sambungan tradisional lainnya. *Single lap joint* merupakan salah satu jenis sambungan perekat yang sering ditemui. *Single lap joint* adalah metode penyambungan paling sederhana antar dua bahan melalui susunan tumpang tindih dari bahan yang sama ataupun berbeda. Sambungan seperti ini cocok untuk konsentrasi tegangan yang kecil pada perekat, memiliki sifat kelelahan yang sangat baik, tahan terhadap korosi, berat yang relatif ringan, dan lebih efisien dalam transfer beban. Selain itu, biaya pembuatannya sangat rendah dan beban tersebar di area yang luas. Efisiensi beban bisa sangat baik karena tidak adanya lubang di area sambungan untuk mengembangkan konsentrasi tegangan yang tidak perlu. Sambungan perekat lebih baik daripada sambungan paku dalam aplikasi aerodinamis dan dapat dipertahankan pada tingkat stres residu yang tinggi setelah retak awal, jika dirancang dengan baik (Sahu & Mishra, 2019).

Komposit yang akan digunakan adalah komposit berpenguat serat alam. Kompositi serat alam telah banyak digunakan karena memiliki kelebihan diantaranya mudah dijumpai, biaya relatif murah, dan ramah lingkungan (Arsyad & Salam, 2017). Serat sabut kelapa akan digunakan pada penelitian ini sebagai pengisi komposit. Mukhnizar (2018) melakukan penelitian pembuatan komposit serat sabut kelapa dengan matriks resin polyester BTQN 157. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up* dengan orientasi serat pendek acak. Hasil penelitian menunjukkan komposit serat sabut kelapa dengan variasi 20% serat: 80% resin memiliki energi serap sebesar 12,3 Nm dan harga impact 0,112 Nm. Serat sabut kelapa sebelum dicetak menjadi komposit harus dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran dan getah yang ada di permukaan serat. Damian et al. (2015) melakukan penelitian pengaruh perlakuan alkali serat sabut kelapa dengan merendam serat sabut kelapa menggunakan NaOH. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan dengan melakukan perendaman serat sabut kelapa ke dalam 5% NaOH selama 2 jam memiliki kekuatan tarik yang optimal dengan nilai 21,075 Mpa.

Aluminium adalah salah satu material yang banyak digunakan dalam industri otomotif, aluminium terkadang harus dihubungkan untuk memenuhi persyaratan desain rekayasa. Sebagai contoh, saat ini struktur bodi bus menggunakan paduan aluminium untuk mengurangi berat struktur dan konsumsi bahan bakar (Hastuti, et al., 2017).

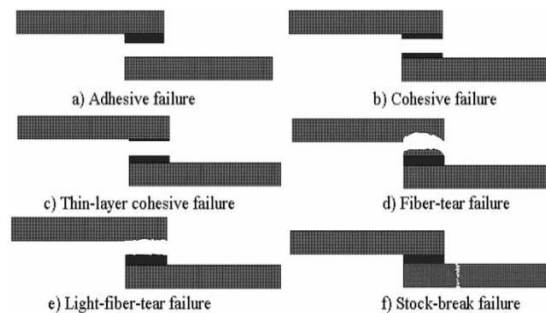
Epoksi adalah perekat yang sering dipakai karena sifatnya yang kuat, tahan bahan kimia, dan mampu merekat dengan baik. Akan tetapi, epoksi juga memiliki beberapa kekurangan, seperti harganya yang relatif mahal, mudah pecah, dan mudah dipengaruhi oleh suhu. Untuk mengatasi hal ini, beberapa peneliti telah melakukan penelitian dengan mencampur epoksi dengan berbagai macam bahan lain, seperti lateks karet (Hastuti et al., 2023), nanotube karbon (Srivastava, 2011), dan serbuk besi (Hassan et al., 2021) dengan tujuan untuk meningkatkan sifat-sifat seperti keuletan, konduktivitas termal, dan kemagnetan dari perekat.

Tujuan dari pencampuran tersebut adalah untuk meningkatkan sifat-sifat seperti keuletan, konduktivitas termal, dan kemagnetan dari perekat. (Hastuti et al., 2023), menambahkan sedikit getah karet ke dalam perekat epoksi menghasilkan nilai kekuatan tarik geser sebesar 1,908 Mpa dengan perbandingan 10% lateks karet: 90% epoksi. Diketahui pula elongasi mengalami penurunan selama menambahkan lebih banyak lateks karet, yang berarti lateks karet dapat meningkatkan keuletan perekat berbasis resin epoksi.

Srivastava (2011) menambahkan nanotube karbon jenis C/C-SiC ke dalam epoksi dan mendapatkan hasil bahwa kekuatan rekat epoksi meningkat dengan penambahan tersebut. Kekuatan rekat tertinggi sebesar 12 Mpa diperoleh dengan konsentrasi 3% C/C-SiC. Penelitian lain oleh Hassan et al. (2021) menunjukkan bahwa penambahan serbuk nikel, besi, dan aluminium ke dalam epoksi dapat meningkatkan kekerasan dan modulus elastisitas epoksi. Penelitian itu juga menemukan bahwa konduktivitas listrik epoksi naik dan konduktivitas dielektrik turun dengan penambahan filler tersebut.

Ketebalan perekat memiliki dampak pada kekuatan sambungan tumpang tunggal dengan menggunakan berbagai jenis perekat. *Adherend* yang digunakan adalah baja tahan karat agar tetap berada dalam kisaran elastis dan mempermudah analisis. Analisis statistik terhadap hasil eksperimen menunjukkan bahwa kekuatan geser sambungan meningkat saat ketebalan perekat menjadi lebih tipis dan perekat menjadi lebih kuat (Silva, dkk., 2006). Secara umum, penelitian menunjukkan bahwa kekuatan SLJ cenderung menurun seiring dengan peningkatan ketebalan perekat, kecuali pada SLJ yang menggunakan perekat elastomerik. Kekuatan tertinggi biasanya ditemukan pada ketebalan perekat antara 0,1 hingga 0,5 mm (Banea, dkk., 2014).

Patahan atau mode kegagalan pada *single lap joint* dipengaruhi oleh kualitas perekatan di setiap bentuk spesimen, permukaan material, dan pembebanan. Mode kegagalan memiliki tujuh karakter yang berbeda yaitu, *adhesive failure*, *cohesive failure*, *thin layer cohesive failure*, *fibre tear failure*, *light fibre tear failure*, *stock break failure*, dan *mixed failure*. Mode kegagalan tersebut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Macam-macam mode kegagalan single lap joint

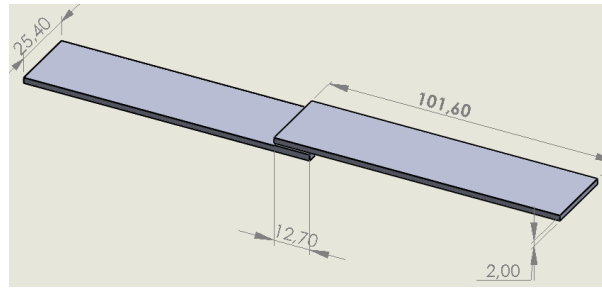
Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan terdapat adanya perubahan dengan menggunakan perekat campuran terhadap kekuatan tarik geser sambungan aluminium-komposit *cocofiber*. Namun, penggunaan variasi ketebalan perekat masih memiliki potensi yang belum diketahui secara pasti. Penelitian ini dibuat untuk mengetahui lebih lanjut penggunaan variasi ketebalan perekat campuran terhadap kekuatan *single lap joint* aluminium-komposit *cocofiber*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

Beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin uji tarik geser, cetakan komposit, cetakan sambungan, *feeler gauge*, gerinda tangan, wadah, pengaduk, sarung tangan karet, skrap, timbangan digital, dan gergaji tangan. Bahan yang digunakan adalah aluminium 5083, serat sabut kelapa, NaOH, resin polyester BTQN 157, resin epoksi, getah karet, amplas grid 150, aseton, dan wax.

Desain Spesimen



Gambar 2. Desain Spesimen

Desain Spesimen merujuk pada standar ASTM D1002 dengan panjang 101,60 mm x lebar 25,40 mm x tebal 2 mm. Dimensi perekat yaitu panjang 12,70 mm x 25,40 mm dengan variasi ketebalan perekat 0,2 mm, 0,4 mm, dan 0,6 mm.

## 2.2 Prosedur Penelitian

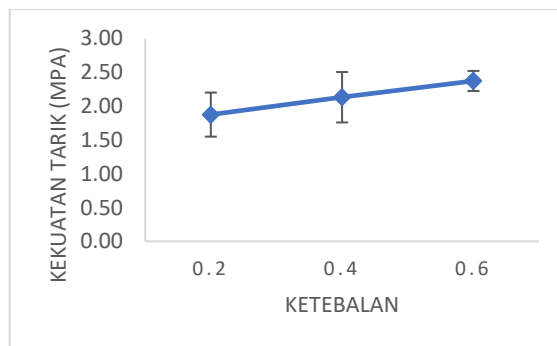
Spesimen akan dibuat menggunakan material aluminium 5083 dan komposit berbahan resin polyester jenis BTQN 157 dengan penguat *cocofiber*. Aluminium akan dipotong sesuai dengan desain spesimen yang telah ditentukan dan akan dibersihkan menggunakan aseton untuk membersihkan kotoran yang menempel pada permukaannya.

Sebelum membuat komposit, serat sabut kelapa akan direndam menggunakan 5% NaOH selama 2 jam. Perendaman bertujuan untuk membersihkan kotoran pada serat yang dapat mengganggu proses pengikatan dengan resin polyester. Fraksi volume pembuatan komposit yang digunakan adalah 80% resin: 20% serat. Pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay-up* dengan susunan acak dan pengepresan selama 24 jam.

Perekat campuran yang digunakan untuk membuat sambungan tumpang tunggal adalah campuran resin epoksi dengan lateks dengan perbandingan 94% EP: 6% LK. Permukaan spesimen baik aluminium maupun komposit serat sabut kelapa akan diberikan perlakuan kekasaran amplas #150. Sambungan akan diuji dengan pengujian tarik geser mengacu ASTM D1002. Sebelum diuji sambungan akan melewati proses *post-curing* terlebih dahulu dengan temperatur 100°C selama 1 jam.

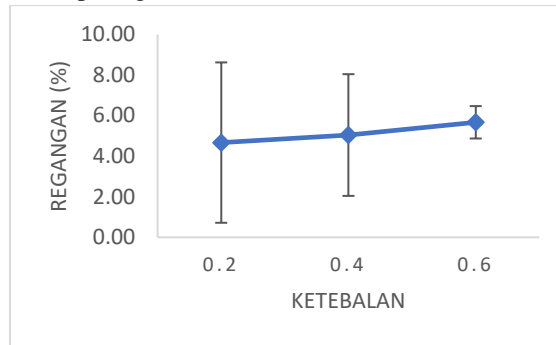
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekuatan *single lap joint* dengan perekat campuran epoksi-lateks menunjukkan tren meningkat disetiap perubahan penggunaan ketebalan yang meningkat pula. Kekuatan tertinggi diperoleh dengan ketebalan 0,6 mm sebesar 2,379 Mpa. Gambar grafik kekuatan tarik geser *single lap joint* dapat dilihat pada gambar 3.

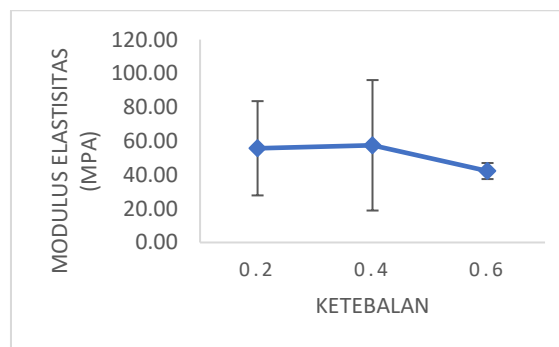


Gambar 3. Kekuatan tarik geser single lap joint

Elongasi yang terjadi pada sambungan juga terlihat meningkat seiring penambahan ketebalan perekat campuran. Hal ini dapat terjadi karena dengan menambahkan sedikit lateks maka akan meningkatkan keuletan perekat berbasis epoksi yang mempunyai sifat getas (Hastuti et al., 2023). Elongasi terbesar diperoleh variasi ketebalan 0,6 mm senilai 5,67% dan dapat dilihat pada gambar 4. Modulus elastisitas menunjukkan tren peningkatan di awal seiring penambahan ketebalan sampai dengan variasi 0,4 mm. Modulus elastisitas terlihat menurun saat menggunakan ketebalan 0,6 mm. Nilai tertinggi modulus diperoleh variasi ketebalan 0,4 mm yaitu 57,49 Mpa dan dapat dilihat pada gambar 5.

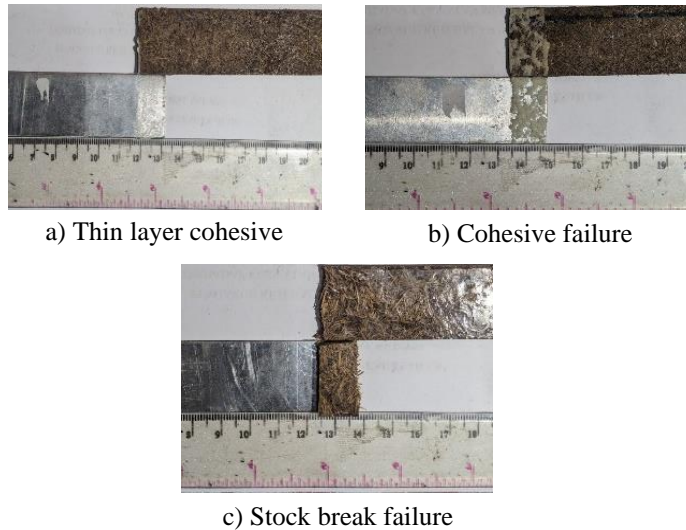


Gambar 4. Elongasi single lap joint



Gambar 5. Modulus elastisitas single lap joint

Patahan yang terjadi oleh *single lap joint* dievaluasi dengan melakukan pengamatan makro pada sambungan. Pengamatan makro dilakukan untuk menganalisis hasil patahan *single lap joint*. Sambungan pada gambar 6.a mengalami patahan yang disebut *thin layer cohesive failure* di mana perekat lebih tebal di satu sisi spesimen dan lebih tipis di spesimen yang lain (de Queiroz et al., 2021). Sambungan pada gambar 6.b mengalami patahan atau mode kegagalan yang disebut *cohesive failure mode* yang menunjukkan perekat campuran telah terobek tidak merata dan masih melekat di aluminium-komposit *cocofiber*. Sambungan pada gambar 6.c mengalami patahan *stock break failure* (Banea & Da Silva, 2009).



Gambar 6. Mode kegagalan sambungan tumpang tunggal

#### 4. KESIMPULAN

Perekat campuran epoksi-getah karet pada *single lap joint* dengan ketebalan 0,2 mm, 0,4 mm dan 0,6 mm menggunakan kekasaran dengan amplas #150 telah selesai dilakukan. Hasil pengujian tarik geser *single lap joint* menunjukkan nilai tertinggi diperoleh dengan variasi ketebalan 0,6 mm sebesar 2,37 Mpa. Hasil pengujian tarik geser sambungan tumpang tunggal menunjukkan nilai terendah dengan variasi ketebalan 0,2 mm sebesar 1,87 Mpa. Kekuatan tarik geser dan elongasi *single lap joint* meningkat seiring dengan penambahan ketebalan. Modulus elastisitas *single lap joint* terlihat mencapai puncak dengan variasi 0,4 mm sebesar 57,49 Mpa dan mengalami penurunan dengan variasi ketebalan 0,6 mm senilai 42,26 Mpa. Mode kegagalan yang dialami *single lap joint* yaitu, *thin layer cohesive failure*, *cohesive failure mode* dan *Stock break failure*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Sahu and P. C. Mishra, "Combine experimental and FEM analysis of adhesive bonded single lap joint with Al-alloy flat adherends and pre-embedded artificial defects," *SN Appl Sci*, vol. 1, no. 11, Nov. 2019, doi: 10.1007/s42452-019-1535-8.
- [2] M. Arsyad and A. Salam, "Analisis Pengaruh Konsentrasi Larutan Alkali Terhadap Perubahan Diameter Serat Sabut Kelapa," *INTEK: Jurnal Penelitian*, vol. 4, no. 1, 2017, doi: 10.31963/intek.v4i1.90.
- [3] Mukhnizar, "Pembuatan Dan Pengujian Kekuatan Komposit Serat Sabut Kelapa Sebagai Alternatif Pengganti Serat Gelas (Mat) Dalam Proses Pembuatan Fiberglass," *Unes Journal of Scientech Research*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [4] R. Damian, N. Bifel, and E. U. K. Maliwemu, "Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester," *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [5] S. Hastuti, S. N. Suharty, and Triyono, "Joint Strength of Mixed Silyl Modified Polymer-Epoxy Adhesive on Single Lap Joint Etched Aluminium," *J Teknol*, vol. 79, no. 7–2, pp. 39–44, 2017.
- [6] S. Hastuti, X. Salahudin, C. Pramono, A. Akmal, N. Irsan, and A. Nurdin, "Analisis Kekuatan Adhesive Bonding Sambungan Tumpang Tunggal Aluminium 6063-Komposit Serat Sabut Kelapa," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, pp. 205–212, 2023, doi: DOI:10.32497/jrm.v18i2.4304.

- [7] V. K. Srivastava, "Effect of carbon nanotubes on the strength of adhesive lap joints of C/C and C/C–SiC ceramic fibre composites," *Int J Adhes Adhes*, vol. 31, no. 6, pp. 486–489, Sep. 2011, doi: 10.1016/J.IJADHADH.2011.03.006.
- [8] H. F. Hassan, M. N. Ismael, and S. N. Ismail, "Effect of metal powder Nickel, Iron and Aluminium on Mechanical and Electrical Properties of Epoxy Composites," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1090, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1090/1/012086.
- [9] L. F. M. da Silva, T. N. S. S. Rodrigues, M. A. V. Figueiredo, M. F. S. F. de Moura, and J. A. G. Chousal, "Effect of adhesive type and thickness on the lap shear strength," *Journal of Adhesion*, vol. 82, no. 11, pp. 1091–1115, Nov. 2006, doi: 10.1080/00218460600948511.
- [10] M. D. Banea, L. F. M. Da Silva, and R. D. S. G. Campilho, "The effect of adhesive thickness on the mechanical behavior of a structural polyurethane adhesive," *Journal of Adhesion*, vol. 91, no. 5, 2014, doi: 10.1080/00218464.2014.903802.
- [11] H. F. M. de Queiroz, M. D. Banea, and D. K. K. Cavalcanti, "Adhesively bonded joints of jute, glass and hybrid jute/glass fibre-reinforced polymer composites for automotive industry," *Applied Adhesion Science*, vol. 9, no. 1, 2021, doi: 10.1186/s40563-020-00131-6.
- [12] M. D. Banea and L. F. M. Da Silva, "Adhesively bonded joints in composite materials: An overview," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, vol. 223, no. 1, pp. 1–18, Jan. 2009, doi: 10.1243/14644207JMDA219.