

## Analisis Pengaruh Perekat Campuran SikaHyflex-Epoksi terhadap Kekuatan Tarik Geser pada Single Lap Joint Aluminium 5083 - Komposit Cocofiber

Sri Hastuti<sup>1\*</sup>, Xander Salahudin<sup>1</sup>, Fadlan Azhari<sup>1</sup>, Jausyan Al Mahdi<sup>1</sup>, Ridwan Afandi<sup>2</sup>, Rizki Dwi Ardika<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Magelang  
Jl. Kapten Suparman No. 39 Magelang

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten  
Batur, Tegalrejo Ceper, Klaten

<sup>3</sup>Departemen Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo  
Jl. Budi Utomo No. 10, Ponorogo 63471, Indonesia

\*E-mail: hastutisrimetin@untidar.ac.id

Diajukan: 08-09-2023; Diterima: 08-12-2023; Diterbitkan: 22-12-2023

### Abstrak

Kendaraan transportasi dituntut dengan spesifikasi produk yang ringan, kuat, dan ramah terhadap lingkungan, sehingga dapat mengurangi konsumsi energi dan emisi CO<sub>2</sub>. Inovasi pada konstruksi sambungan tanpa proses permesinan menjadi terobosan baru dalam proses penyambungan beda material seperti aluminium-komposit. Material adherend komposit digunakan jenis penguat serat alam cocofiber yang memiliki sifat ramah lingkungan dan material aluminium memiliki sifat tahan korosi yang baik dan bobot ringan, sehingga cocok untuk digunakan pada panel dinding transportasi. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh penggunaan perekat campuran sikaHyflex (SF) - epoksi (EP) terhadap kekuatan tarik geser pada sambungan material aluminium 5083-komposit cocofiber. Selain itu, penelitian ini sebagai inovasi baru dan pengembangan penggunaan material perekat campuran dan material adherend yang tahan korosi dan ramah lingkungan dengan penggunaan komposit serat alam cocofiber. Manfaat penelitian ini secara langsung dapat meningkatkan penggunaan dan nilai ekonomis cocofiber yang murah. Selain itu, dapat menghasilkan material maju yang kuat, murah, ringan, dan tahan terhadap lingkungan. Material perekat menggunakan variasi perekat campuran 10% SF : 90% EP, 20% SF : 80% EP, 30% SF : 70% EP, dan 40% SF : 60% EP dengan ketebalan perekat 0,2 mm. Material adherend menggunakan aluminium 5083 dan komposit cocofiber dengan perlakuan kekasaran sandpapering grade #60, #80, dan #150. Komposit cocofiber dibuat mengacu pada standar ASTM D790 dan sambungan SLJ mengacu pada standar ASTM D1002. Hasil pengujian tarik geser pada SLJ terjadi peningkatan dengan penambahan perekat sikaHyflex dan perlakuan kekasaran sandpapering grade #150. Kekuatan tarik geser tertinggi pada variasi 40% SF : 60% EP sebesar 2,42 MPa. Peningkatan grade sandpapering menurunkan surface roughness yang membentuk pola irregularities pada permukaan adherend, sehingga meningkatkan mechanical interlocking adherend dengan perekat campuran. Mode kegagalan terjadi adhesive dan thin layer cohesive failure mode. Pengamatan scanning electron microscope menunjukkan terjadinya void menyebabkan cracking adhesive dan terlepasnya fiber yang menempel pada perekat campuran.

**Kata kunci:** aluminium; cocofiber; sikaHyflex; epoksi; single lap joint

### Abstract

Transportation vehicles are required to have product specifications that are light, strong and environmentally friendly, so that they can reduce energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions. Innovation in connection construction without machining is a new breakthrough in the process of joining different materials such as aluminum-composites. The composite adherend material used is a type of natural fiber reinforcement, cocofiber, which has environmentally friendly properties, and aluminum material has good corrosion resistance and light weight, making it suitable for use in transportation wall panels. The aim of this research is to analyze the effect of using a mixture of sikaHyflex (SF) - epoxy (EP) adhesive on the shear tensile strength of aluminum 5083-cocofiber composite material joint. Apart from that, this research is a new innovation and development of the use of mixed adhesive materials and adherend materials that are corrosion resistant and environmentally friendly using cocofiber natural fiber composites. The benefits of this research can directly increase the use and economic value of cheap cocofiber. In addition, it can produce advanced materials that are strong, cheap, lightweight, and resistant to the environment. The adhesive material uses a variety of mixed adhesives of 10% SF : 90% EP, 20% SF : 80% EP, 30% SF : 70% EP, and 40% SF : 60% EP with an adhesive thickness of 0.2 mm. The adherend material uses aluminum 5083 and cocofiber composite with sandpapering grades #60, #80, and #150 roughness treatment. The cocofiber composite is made according to the ASTM D790 standard and the SLJ connection refers to the ASTM D1002 standard. The results of the shear tensile test on SLJ increased with the addition of sikaHyflex adhesive and sandpapering grade #150 roughness treatment. The highest shear strength at 40% SF : 60% EP is 2.42 MPa. Increasing the grade of sandpapering reduces surface roughness which forms patterns of irregularities

*on the surface of the adherend, thus increasing the mechanical interlocking of the adherend with the mixed adhesive. The failure mode occurred in the adhesive and thin layer cohesive failure mode. Scanning electron microscope observations showed that voids occurred causing cracking of the adhesive and release of the fibers attached to the mixed adhesive.*

**Keywords:** aluminium; cocofiber; sikahyflex; epoxy; single lap joint

## 1. Pendahuluan

Sektor industri transportasi sekarang ini mengalami kekhawatiran akan masalah energi dan iklim global. Pengembangan struktur alat transportasi yang ringan menjadi *problem* penting di dunia untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi CO<sub>2</sub> [1]. Pada industri transportasi terutama pada industri otomotif menjadi salah satu strategi efektif untuk pengurangan bobot kendaraan dengan mereduksi massa dan penggunaan material ringan dan tahan korosi. Sambungan *dissimilar* dan *similar* material dilakukan dengan metode *welding* [2], *rivet*, dan *adhesive bonding*/ perekat [3] di industri transportasi. Sambungan menggunakan perekat merupakan alternatif untuk meningkatkan sambungan mekanik dalam aplikasi teknik dan memberikan banyak keuntungan lebih pada penguat mekanik konvensional. Penggunaan sambungan perekat menggunakan perekat kaku dan perekat fleksibel dapat meningkatkan kekuatan sambungan [4]. Metode sambungan perekat merupakan metode penyambungan cepat yang telah banyak digunakan pada industri untuk menyambung pada sama dan beda material. Keuntungan menggunakan sambungan perekat: tanpa proses permesinan, tahan karat/ korosi, rendah biaya, dan desain sederhana [5]. Penggunaan material polimer semakin diminati pada industri konstruksi, kedirgantaraan, kelautan dan otomotif. Material polimer memiliki keunggulan utama: tahan korosi, ketahanan mekanis, biaya pembuatan dan pemeliharaan rendah [6].

Perekat epoksi memiliki kelebihan stabilitas dimensi, daya rekat dan kuat, ketahanan korosi, modulus tinggi, dan mudah dalam pengaplikasian. Perekat epoksi dapat digunakan pada material logam maupun non logam. Perlakuan kekasaran pada permukaan *adherend* dapat memberikan pengaruh peningkatan *mechanical interlocking* dan menghasilkan mode kegagalan kohesif pada sambungan berperekat epoksi [7]. Aluminium merupakan material logam dengan ketahanan korosi yang baik dan memiliki bobot ringan, sehingga banyak digunakan dalam konstruksi dan membutuhkan sambungan dengan material lain [8].

Kombinasi perekat dan pengikat mekanis pada sambungan dikenal dengan sambungan *hybrid*. Sambungan *hybrid* digunakan dalam industri otomotif, karena kinerja lebih baik. Sambungan *hybrid* (baut/ *bonded*) Aluminium paduan (AA7075) dan *glass fiber reinforced epoxy* (GRE) *hybrid composite single lap joint* (SLJ) menggunakan perekat *araldite* dan pengencang baut *huck* dipasang antara perekat lapisan primer dan sekunder. Kegagalan sambungan terjadi tipe *mix mode adhesive failure*, *adhesive failure mode*, *large neck fracture*, dan *cohesive failure mode* [9]. *Adherend* sambungan bermaterial kayu dari jenis *Poplar* (*Populus nigra L.*), *Maple* (*Acer platanoides L.*), and *Spruce* (*Picea abies(L.)H. Karst.*) menggunakan perekat 1C-PUR (*Adhesive 2010*) dan *liquid ME* (*Plus A011*) dengan *hardener* (H011). Sambungan *Cross Laminated Timber* (CLT) mengalami kegagalan delaminasi, *shear failure*, dan *wood failure* [10].

Sistem sambungan tumpang tunggal menggunakan variabel *adherend* AA7075 dan komposit *glass fiber epoxy* (GRE). Konfigurasi sambungan SLJ pada material AA7075/AA7075, GRE/GRE, AA7075/GRE menggunakan sambungan baut, *araldite epoxy adhesive*, serta *hybrid* terjadi deformasi kegagalan *huck bolt bend*, *adherend yielding*, *net tension*, *bearing failure* pada komposit GRE, *mix mode adhesive*, *cohesive*, dan *adhesive failure*. Sambungan *dissimilar* material AA7075/GRE dengan sistem sambungan *hybrid* menggunakan baut dan *araldite epoxy adhesive* terjadi kegagalan pada sambungan *primary* dan *secondary failure*, *fiber break*, *resin laminated breakage*, dan *fiber pull-out*. Kekuatan Tarik geser dan modulus elastisitas tertinggi pada material *adherend similar* AA7075/AA7075 dengan sambungan *hybrid* [11].

Sambungan material AA5083/AA5083 menggunakan *adhesive* epoksi(EP)-*silyl modified* polimer(SMP) dengan ketebalan perekat 0,2 mm, 0,4 mm, dan 0,6 mm. Hasil pengujian *shear strength* menunjukkan kekuatan sambungan tertinggi dengan ketebalan perekat 0,2 mm dengan variabel 75% EP: 25% SMP. Perlakuan kimia pada *adherend* dapat melarutkan lapisan oksida alami, membersihkan dan aktivasi permukaan aluminium, dan menghasikan *porous* baru dari lapisan oksida pada permukaan aluminium. *Adhesive* SMP 25% dalam perekat epoksi berpengaruh meningkatkan kekuatan sambungan, karena meningkatkan daya rekat tanpa mengurangi kekuatan perekat campuran. Mode kegagalan sambungan terjadi *adhesive* dan *cohesive failure*, serta terdapat *void* pada epoksi [12]. Sambungan tumpang tunggal aluminium dengan perlakuan kekasaran permukaan dengan *sandpaper grade* #150 dan pembersihan dengan aseton. Kekuatan sambungan tumpang tunggal perekat campuran EP-SMP. Penambahan SMP pada perekat Epoksi secara banyak akan menurunkan kekuatan tarik geser SLJ [13].

Material *adherend* sambungan SLJ komposit plastik diperkuat serat karbon (CFRP). Perlakuan permukaan dengan *sandpaper* dan pembersihan dengan aseton pada permukaan *adherend*. Perlakuan permukaan menunjukkan mekanisme kegagalan pada spesimen, dimana retakan terjadi pada lapisan tipis matriks di lapisan 0<sup>0</sup> dari *adherend*. Serat karbon terlepas dengan perekat utuh dan terikat, sehingga kerusakan *intra-laminar* terjadi dalam permukaan 0<sup>0</sup>[14]. Metode dengan geometri sambungan, pemilihan bahan dan pengujian mekanik sambungan *steel to composite* menggunakan perekat mempunyai pengaruh utama pada *adhesive* dan bentuk sambungan. Kekuatan sambungan dipengaruhi juga oleh bentuk *adherend* dalam kekuatan penahan beban SLJ [15].

Perekat campuran epoksi dengan penambahan getah karet/ lateks dapat meningkatkan kekuatan mekanik pada sambungan aluminium 6063-komposit sabut kelapa menggunakan ketebalan perekat 0,4 mm dan perlakuan kekasaran #150. Hasil kekuatan tarik geser SLJ meningkat pada penambahan sedikit getah karet sebesar 10% dengan *shear strength* 1,908 MPa. Hal ini dipengaruhi oleh peranan perekat getah karet yang bersifat ulet dan epoksi bersifat *brittle* memberikan kolaborasi campuran perekat dengan modulus elastisitas yang selaras dengan kekuatan tarik geser pada SLJ aluminium 6063-komposit sabut kelapa. Mode kegagalan pada sambungan terjadi *thin layer cohesive*, *stock-break*, *two-stage*, dan *fiber pull-out* [16]

Kebaharuan dari penelitian sebelumnya yaitu penggunaan material *adherend* menggunakan beda material aluminium dan pengembangan *adherend* bermaterial komposit berpenguat serat alam *cocofiber* yang ramah lingkungan. Hal ini dapat meningkatkan nilai ekonomis serat alam dan kebermanfaatannya yang lebih tinggi. Selain itu, penggunaan *adhesive* menggunakan perekat campuran epoksi dengan sikahyflex yang memiliki sifat masing-masing. Perekat epoksi dengan sifat kekakuannya dan sikahyflex dengan sifat fleksibel, sehingga perekat yang dihasilkan memiliki kekuatan tinggi namun sedikit ulet dengan penambahan perekat fleksibel.

Berdasarkan uraian tersebut maka penggunaan material ramah lingkungan bermaterial komposit serat alam *cocofiber* dengan aluminium 5083 sangat berpotensi tinggi untuk penggunaan sambungan pada panel dinding transportasi. Penggunaan perekat *hybrid* dengan sifat kaku dan fleksibel akan memberikan pengaruh peningkatan kekuatan mekanik sambungan. Oleh karena itu, diperlukan analisis pengaruh perekat campuran sikahyflex-epoksi terhadap kekuatan tarik geser *single lap joint* (SLJ) material aluminium 5083-komposit *cocofiber* melalui beberapa variasi campuran perekat dan *surface treatment* *adherend*. Diharapkan penelitian ini dapat diaplikasikan untuk sambungan beda material pada panel dinding transportasi.

## 2. Material dan metodologi

Aluminium 5083 dipotong dengan ukuran 101 x 25,4 x 3 mm. Tahapan pengolahan serat sabut kelapa atau *cocofiber* dilakukan pembersihan melalui pencucian pada air mengalir, pengeringan di angin-anginkan dan *post-curing* suhu 60 °C

selama 30 menit untuk pengontrol kadar air. Serat dipotong kecil-kecil dengan panjang 5 mm. Komposit dibuat menggunakan material berpenguat serat alam dari *cocofiber* dengan matrik *unsaturated polyester* dengan *hardener mexpo* (1-2%). Komposisi pembuatan komposit *cocofiber* dengan fraksi volume serat 30%. Manufaktur komposit sabut kelapa dilakukan melalui metode pengepressan dengan tekanan 50 bar dengan waktu 24 jam [17]. Pembuatan komposit mengacu pada standar ASTM D790. Permukaan *adherend* aluminium dan komposit *cocofiber* diberikan perlakuan kekasaran *sandpapering grade* #60, #80, dan #150 dan dibersihkan menggunakan aseton.

Spesimen SLJ dimanufaktur melalui variasi pencampuran perekat sikahyflex (SF)-epoksi (EP) dengan variasi 10% SF : 90% EP, 20% SF : 80% EP, 30% SF : 70% EP, dan 40% SF : 60% EP dengan ketebalan 0,2 mm. Pencampuran *adhesive* menggunakan alat *mixer* selama 6-7 menit dengan kecepatan 60 rpm. Pemberian pembebanan pencetakan sambungan sebesar 0,1 MPa selama 24 jam dan *post-curing* suhu 100<sup>0</sup>C dengan waktu 100 menit [12].

Pengujian kekasaran dilakukan menggunakan alat uji *surface roughness* [18] pada permukaan *adherend* aluminium dan komposit. Pengujian tarik geser atau *single lap shear test* menggunakan alat uji tarik UTM dengan acuan standar uji ASTM D1002. Pengamatan morfologi patahan dilakukan secara foto makro dan mendetail dilakukan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM). Diagram alir penelitian sambungan aluminium 5083-komposit serat sabut kelapa dengan perekat campuran ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

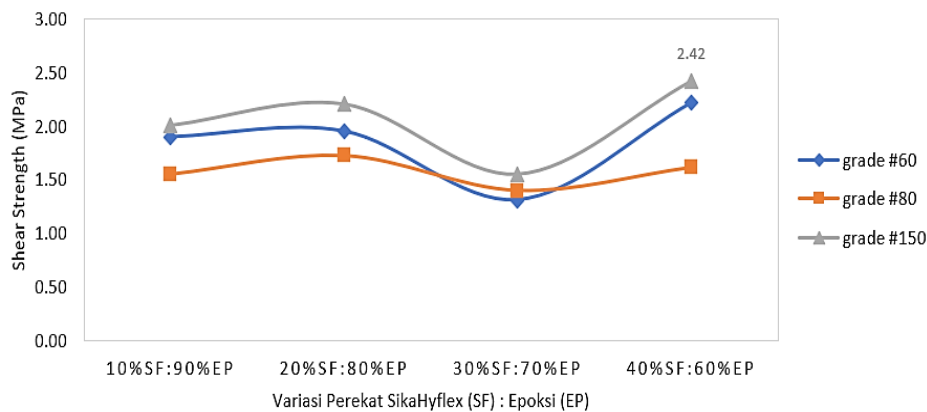
### 3. Hasil dan pembahasan

Hasil cetakan *single lap joint adherend* aluminium 5083-komposit *cocofiber* ditunjukkan pada Gambar 2. Ketebalan sambungan 0,2 mm dengan perekat campuran antara Sikahyflex (SF) – Epoksi (EP).



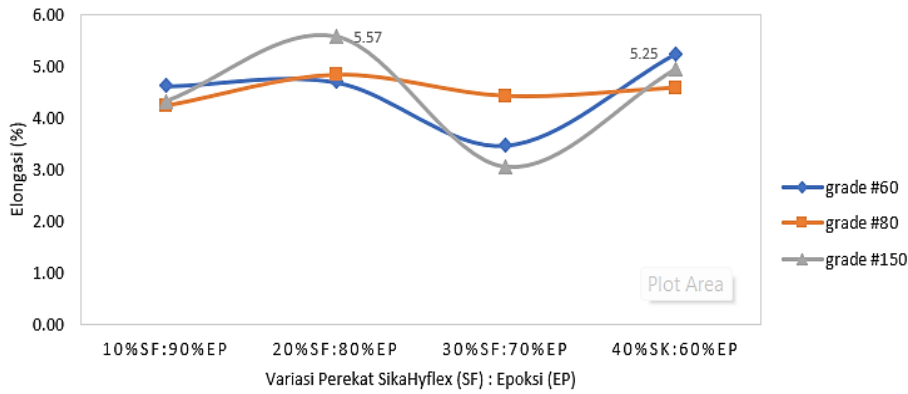
**Gambar 2.** Sambungan tipe SLJ aluminium 5083-komposit *cocofiber*

Hasil pengujian tarik geser *single lap joint* (SLJ) tebal 0,2 mm menunjukkan *trend* terjadi peningkatan kekuatan tarik geser pada perekat campuran sikahyflex (SF)-epoksi(EP) dengan penambahan prosentase perekat sikahyflex 20% dan 40%. Kekuatan tarik geser tertinggi pada variasi penambahan 40% sikahyflex pada perlakuan kekasaran *sandpapering* (SDP) *grade* #150. Hal ini menunjukkan kekasaran permukaan dapat meningkatkan ketahanan perekat terhadap gaya tarik geser [16], sehingga menghasilkan kekuatan tarik geser pada *single lap joint* (SLJ) sebesar 2,42 MPa. Kekuatan sambungan variasi penambahan 10% SF, 20% SF, 30% SF, dan 40% SF ditunjukkan pada gambar 3. Ketidakteraturan pada permukaan *adherend*, karena perlakuan *sandpapering* dapat meningkatkan *adhesive bonding* aluminium 5083-komposit *cocofiber* [5], [19].



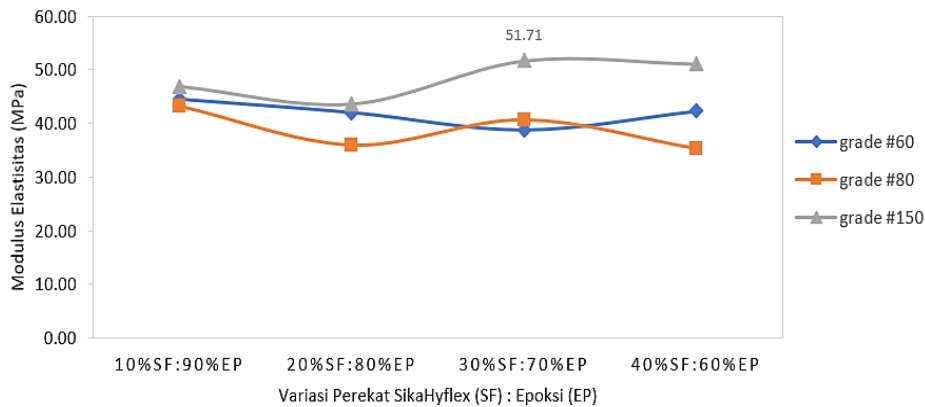
**Gambar 3.** Kekuatan *single lap joint* dengan tebal perekat campuran 0,2 mm

Elongasi perekat campuran pada *single lap joint* aluminium 5083-komposit *cocofiber* dengan ketebalan perekat campuran 0,2 dan perlakuan kekasaran *sandpapering grade* #60, #80, dan #150 ditunjukkan pada Gambar 4. Nilai elongasi cukup signifikan pada variasi penambahan perekat sikahyflex 20% sebesar 5,57% perlakuan kekasaran SDP *grade* #150 dan penambahan perekat sikahyflex 40% sebesar 5,25% perlakuan kekasaran SDP *grade* #60. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan perekat sikahyflex pada perekat epoksi dapat meningkatkan elongasi dan menghasilkan sambungan dengan sifat sedikit ulet. Pada dasarnya perekat epoksi memiliki sifat *brittle*, sehingga dengan adanya keberadaan perekat sikahyflex dapat menguntungkan dan meningkatkan kekuatan tarik geser dan sifat sedikit ulet pada campuran perekat [16].



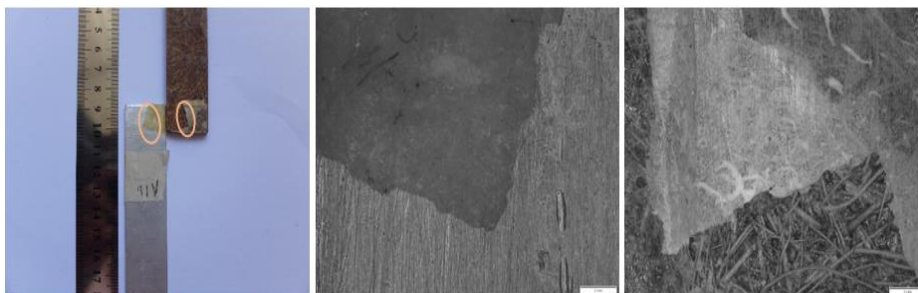
**Gambar 4.** Elongasi *single lap joint* dengan tebal perekat campuran 0,2 mm

Modulus elastisitas *single lap joint* pada tebal sambungan 0,2 mm dengan *adherend* sikahyflex-epoksi ditunjukkan pada Gambar 5. Penambahan 30% dan 40% sikahyflex memberikan pengaruh peningkatan modulus elastisitas [13]. Nilai modulus elastisitas tertinggi 51,71 MPa pada variasi 30% SF : 70% EP dengan ketebalan perekat campuran 0,2 dan perlakuan kekasaran permukaan *sandpapering grade #150*.

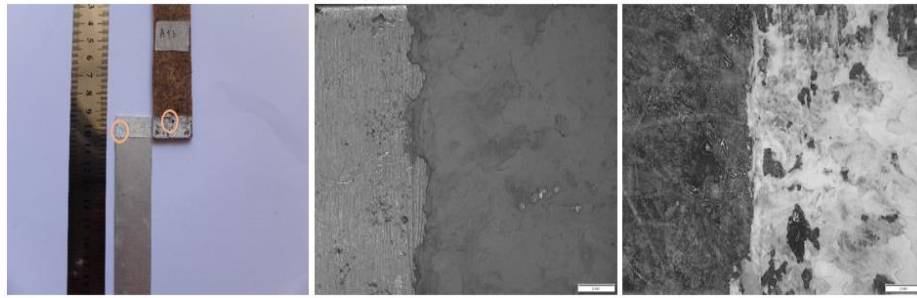


**Gambar 5.** Modulus elastisitas *single lap joint* dengan tebal campuran 0,2 mm

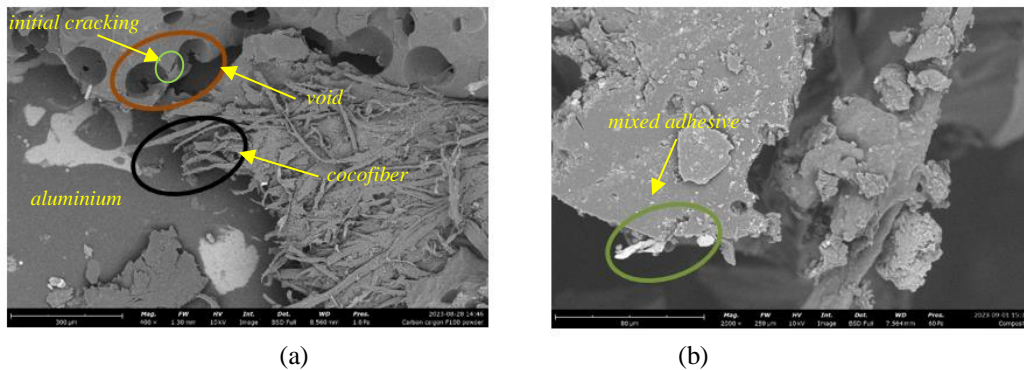
Pengamatan foto makro menunjukkan bahwa terjadi kegagalan pada perekat campuran dengan mode kegagalan *adhesive failure mode* pada variasi pengamatan makro 10% SF : 90% EP ditunjukkan pada Gambar 6. Kegagalan *adhesive* merupakan *debonding* antara perekat campuran dengan *adherend* aluminium dan komposit *cocofiber* [13]. Kegagalan terjadi akibat sambungan SLJ tidak mampu menahan beban tarik geser pada sambungan. Peningkatan komposisi sikahyflex memberikan pengaruh peningkatan kekuatan mekanik sambungan aluminium 5083-komposit *cocofiber* ditunjukkan pada variasi 40% SF : 60% EP terjadi mode kegagalan *thin layer adhesive* [5] ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 6.** Pengamatan makro variasi perekat 10% SF : 90% EP



Gambar 7. Pengamatan makro variasi perekat 40% SF : 60% EP



Gambar 8. SEM pada perekat di permukaan *adherend* (a) aluminium 5083 dan (b) komposit *cocofiber*

Hasil pengamatan *Scanning Electron Microscope* (SEM) ditunjukkan pada Gambar 8. Perekat masih menempel pada permukaan *adherend* aluminium terlihat jelas *adherend cocofiber* terobek ditunjukkan pada Gambar 8.(a) terlihat adanya serat *cocofiber* pada *adhesive*. Perekat campuran pada permukaan *adherend* menunjukkan terdapat *void* yang menyebabkan *initial cracking* pada perekat sambungan *single lap joint*. Perekat pada *adherend* aluminium ditunjukkan pada Gambar 8.(b). terlihat *sikahyflex* tercampur rata diidentifikasi perekat *sikahyflex* berwarna putih dan epoksi berwarna abu-abu. Pencampuran perekat yang merata akan meningkatkan kekuatan tarik geser, sehingga dapat dihasilkan sambungan dengan *mechanical interlocking* yang kuat dan daya adhesi yang kuat antara perekat dan *adherend* [7], [16].

#### 4. Kesimpulan

Penambahan perekat campuran *sikahyflex* terhadap perekat epoksi dapat meningkatkan kekuatan tarik geser sambungan *single lap joint*. Kekuatan sambungan tertinggi pada penambahan 40% *sikahyflex* dengan kekuatan tarik geser 2, 42 MPa. Selain penambahan perekat juga dipengaruhi *surface roughness* pada permukaan *adherend* yang menghasilkan pola ketidakteraturan permukaan dan meningkatkan daya adhesi dengan adanya *mechanical interlocking* perekat dan *adherend*. Pengamatan makro menunjukkan mode kegagalan terjadi *adhesive* dan *thin layer cohesive* pada sambungan *single lap joint* aluminium 5083 - komposit *cocofiber* dengan perekat campuran *sikahyflex*-epoksi. Pengamatan SEM memperlihatkan bahwa perekat memiliki kekuatan yang lebih tinggi terlihat dengan terjadinya serat pada *adherend* terobek dan merekat pada permukaan *adhesive* dan terjadi beberapa *void* yang menjadi penyebab *cracking* pada *mixed adhesive*.

#### Ucapan terima kasih

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Kemdikbudristek DIKTI yang sudah memberikan dukungan dana dalam Penelitian Dosen Pemula tahun 2023 dan LPPM Universitas Tidar.

## Daftar pustaka

- [1] Y. Ota, T. Yamamoto, Improved metal-resin adhesion via electroplating-induced polymer particle adsorption. *Surf. Coatings Technol.* 2020 Maret; 388. p 125591. doi: 10.1016/j.surfcoat.2020.125591.
- [2] S. Baek, Microstructural and interface geometrical influence on the mechanical fatigue property of aluminum/high-strength steel lap joints using resistance element welding for lightweight vehicles: experimental and computational investigation. *J. Mater. Res. Technol.* 2022; 17. p 658–678. doi: 10.1016/j.jmrt.2022.01.041.
- [3] A. H. Ibrahim, D. S. Cronin, Mechanical testing of adhesive, self-piercing rivet, and hybrid jointed aluminum under tension loading. *Int. J. Adhes. Adhes.* 2021 Oktober; 113. p. 103066. doi: 10.1016/j.ijadhadh.2021.103066.
- [4] Y. E. Togar, M. Ozenc, An investigation on the mechanical behavior of mixed adhesively bonded composite joints subjected to transverse pre-impact following by axial post-tensile. *Mater. Today Commun.* 2023 February; 35. p 105590. doi: 10.1016/j.mtcomm.2023.105590.
- [5] S. Hastuti, N. S. Suharty, Effect of the surface treatment on the strength of mixed adhesive in single lap joint aluminum. 36. p 573–580.
- [6] E. C. M. A, Antonio F. Avila ´ b, *Improv. Single-l. Jt. load Bear. by bioinspired interlocking patterns substrates.* 2022; 113. p. 1–10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2021.103043>.
- [7] K. S.-N, Ala Abedinzadeh Andarabi, Tajbakhsh Navid Chakherlou, S0143749622000173.pdf,” *Eff laser surf struct patterns interfacial resist alum joints bond with epoxy adhes.* 2022; 114 (103101). p. 1–17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2022.103101>.
- [8] M. Nofri, Analisis perubahan sifat mekanik Al 6063 setelah dilakukan heat treatment pada temperatur tetap Dengan waktu tahan yang bervariasi. *Bina Tek.* 2020; 16 (1). p. 35. doi: 10.54378/bt.v16i1.1757.
- [9] M. Mariam, Hydrothermal ageing effect on the mechanical behaviour and fatigue response of aluminium alloy/glass/epoxy hybrid composite single lap joints. *Compos. Struct.* 2019 Maret; 219. p. 69–82. doi: 10.1016/j.compstruct.2019.03.078.
- [10] S. Das, A. K. Sethy, G. Kamboj, F. Rezaei, Bonding performance of mixed species cross laminated timber from poplar ( *Populus nigra L.* ) and maple ( *Acer platanoides L.* ) glued with melamine and PUR adhesive. 2023; 68.
- [11] M. Mariam, M. Afendi, M. S. Abdul Majid, M. J. M. Ridzuan, A. G. Gibson, Tensile and fatigue properties of single lap joints of aluminium alloy/glass fibre reinforced composites fabricated with different joining methods. *Compos. Struct.* 2018 April; 200. p 647–658. doi: 10.1016/j.compstruct.2018.06.003.
- [12] S. Hastuti, N. S. Suharty, Triyono, Joint strength of mixed silyl modified polymer-epoxy adhesive on single lap joint etched aluminum. *J. Teknol.* 2017; 79 (7–2). p 39–44. doi: 10.11113/jt.v79.11873.
- [13] S. H. Triyono, N. S. Suharty, Shear strength of the mixed adhesive joint silyl modified polymer-epoxy in single lap joint aluminum. *J. Mech. Eng.* 2017; SI 4 (1). p. 235–248.
- [14] R. C. Dehaghani, D. Cronin, J. Montesano, Performance and failure assessment of adhesively bonded non-crimp fabric carbon fiber/epoxy composite single lap joints. *Int. J. Adhes. Adhes.* 2021; 105. p 102776. doi: 10.1016/j.ijadhadh.2020.102776.
- [15] C. R. Desai, D. C. Patel, C. K. Desai, Investigations of joint strength & fracture parameter of adhesive joint: A review. *Mater. Today Proc.* 2023. doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.026.
- [16] S. Hastuti, X. Salahudin, C. Pramono, A. Akmal, N. Irsan, A. Nurdin, Analisis kekuatan adhesive bonding sambungan tumpang tunggal aluminium 6063 - komposit serat sabut kelapa. *Jurnal Rekayasa Mesin.* 2023; 18 (2). p. 205–212.
- [17] F. Paundra, Z. Z. Muttaqin, F. P. Nurullah, E. Pujiyulianto, F. Budi, pengaruh variasi fraksi volum terhadap kekuatan tarik komposit hybrid berpenguat serat pelepah pisang dan serat. 2022; p. 6–8.
- [18] J. Liu, Influence of raw material surface roughening on the lap shearing strength and failure behavior of adhesively bonded aluminum joints. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2022; 122 (1). p. 327–342. doi: 10.1007/s00170-022-09590-6.
- [19] S. G. Prolongo, A. Ureña, Effect of surface pre-treatment on the adhesive strength of epoxy-aluminium joints. *Int. J. Adhes. Adhes.* 2009; 29 (1). p 23–31. doi: 10.1016/j.ijadhadh.2008.01.001.