

Pengaruh Perekat Campuran Epoksi-Lateks Terhadap Kekuatan Tarik Geser Sambungan Aluminium-Komposit

Fadhlan Azhari^{1a}, Sri Hastuti^{*1}, Xander Salahudin¹, Rizki Dwi Ardika², Ericha Dwi Wahyu Syah Putri³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

²Program Studi Teknik Mesin, Department of Mechanical Engineering, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Korespondensi:

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Magelang, Jawa Tengah.
alamat email: dhlanzhar13@gmail.com

ABSTRAK

Sambungan antar material dengan menggunakan perekat telah terbukti dapat menggantikan sambungan konvensional yang layak diberbagai industri misalnya, otomotif, penerbangan, kelautan, dan lain-lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan perekat campuran epoksi-lateks 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 92% EP: 8% GK, 88% EP: 12% GK, dan 84% EP: 16% GK (berat). Ketebalan perekat yang diaplikasikan adalah 0,2 mm. Kekasaran permukaan akan menggunakan amplas #60. Sambungan tumpang tunggal kemudian diuji kekuatan tarik gesernya dengan acuan ASTM D1002. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan perekat campuran epoksi-getah karet dapat meningkatkan kekuatan tarik sambungan tumpang tunggal aluminium-komposit. Kekuatan tarik tertinggi dicapai pada komposisi perekat campuran 84% EP: 16% GK, yaitu sebesar 0,89 MPa. Elongasi dan modulus elastisitas juga meningkat seiring dengan penambahan komposisi getah karet. Elongasi terbesar diperoleh dengan komposisi 16% GK: 84% EP senilai 4,11% dan modulus elastisitas terbesar diperoleh dengan komposisi 16% GK: 84% EP senilai 21,55 MPa. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan keuletan dan penurunan kerapuhan dari perekat campuran epoksi-getah karet. Hasil pengamatan makro mode kegagalan yang dialami sambungan tumpang tunggal yaitu, *thin layer cohesive failure* dan *two stage failure mode*.

Kata Kunci: aluminium, epoksi-getah karet, komposit, perekat, sambungan

ABSTRACT

The connection between materials using adhesives has proven to replace conventional connections in various industries, for example, automotive, aviation, marine, and others. This study aims to examine the effect of using epoxy-latex adhesive mixtures on the tensile strength of single lap joints between aluminium and coconut fiber reinforced composites. Single lap joints are made by connecting 5083 aluminum and composites measuring 100 x 25 x 2 mm using an epoxy-rubber adhesive mixture with a composition variation

of 92% EP: 8% GK, 88% EP: 12% GK, and 84% EP: 16% GK (weight). The applied adhesive thickness is 0.2 mm. The surface roughness will use sandpaper #60. The single lap joint is then tested for its shear tensile strength with reference to ASTM D1002. The results showed that the use of epoxy-latex mixtures can increase the tensile strength of aluminum-composite single lap joints. The highest tensile strength was achieved with a mixed adhesive composition of 84% EP: 16% GK, which is 0.89 MPa. Elongation and modulus of elasticity also increase with the addition of rubber composition. The largest elongation was obtained with a composition of 16% GK: 84% EP of 4.11% and the largest modulus of elasticity was obtained with a composition of 16% GK: 84% EP of 21.55 MPa. This is due to an increase in toughness and a decrease in brittleness from the epoxy-rubber adhesive mixture. The results of macro observation of the failure mode experienced by single lap joints are thin layer cohesive failure and two-stage failure mode.

Keywords: adhesive, aluminium, composite, epoxy-rubber, joint

1. PENDAHULUAN

Sambungan antar material dengan menggunakan perekat telah terbukti dapat menggantikan sambungan konvensional yang layak diberbagai industri misalnya, otomotif, penerbangan, kelautan, dan lain-lain. Salah satu jenis sambungan yaitu sambungan tumpang tunggal. Sambungan tumpang tunggal dengan menggunakan perekat memiliki banyak keunggulan seperti tegangan yang terdistribusi lebih merata, desain yang fleksibel, mengurangi berat struktur kendaraan, dan pemakaian biaya yang lebih murah. Penggunaan komposit serat alam telah diaplikasikan untuk non-struktural komponen bodi mobil, seperti panel pintu, panel instrumen, visor cahaya matahari, dan rak penyimpanan [1].

Bahan pengisi komposit yang dipilih dalam penelitian ini adalah serat sabut kelapa karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain: kuat, tahan air, awet, lentur, melimpah dan mudah didapat karena bisa tumbuh di mana saja. Serat sabut kelapa yang banyak mengandung kotoran akan mempengaruhi ikatan antara serat dan matriks. Serat kelapa akan dibersihkan dari kotoran yang ada di permukaan serat. Pembersihan serat sabut kelapa dapat dilakukan perlakuan permukaan dengan metode kimia, fisika, atau biologi. Metode kimia yang sering digunakan adalah perlakuan dengan natrium hidroksida (NaOH) [2]. Penelitian tentang sifat mekanis komposit polyester dengan penguat sabut kelapa telah dilakukan. Komposit tersebut dibuat menggunakan *unsaturated-polyester resin* dan katalis MEKPO 1% serta perendaman serat dengan larutan NaOH 5% selama 2 jam. Metode yang digunakan untuk mencetak komposit adalah metode *hand lay-up* dengan orientasi serat acak. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik naik seiring dengan penambahan fraksi volume dan panjang serat yang digunakan. Nilai kekuatan tarik terbesar diperoleh dengan fraksi volume serat sebanyak 30% dan panjang serat 15 mm [3].

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 [4].

Perekat yang umum digunakan adalah resin epoksi, karena memiliki kekuatan tarik tinggi, ketahanan kimia yang baik, dan daya rekat yang baik. Namun, resin epoksi juga memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya yang cukup mahal, getas, dan sensitivitas terhadap suhu. Beberapa peneliti telah mencari solusi untuk permasalahan tersebut yaitu dengan mencampurkan epoksi dengan bahan-bahan lain, seperti lateks karet [5], nanotube karbon [6], dan serbuk besi [7] 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. [5], 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.

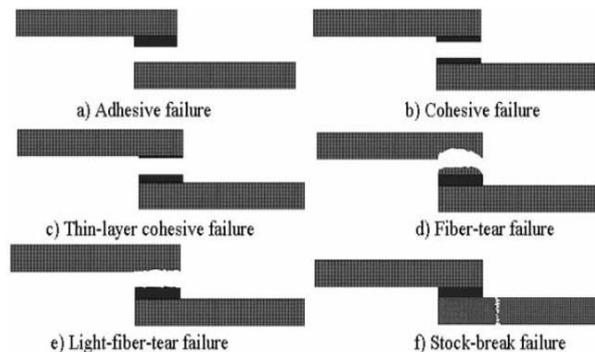
Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) mengandung metabolit sekunder berupa lateks (getah) yang dapat diolah menjadi berbagai produk industri, seperti ban kendaraan, bola, sarung tangan, dan lain-lain [8]. Karet memiliki sifat elastisitas yang baik, dapat meredam hentakan [9], tahan retak, ketahanan sobek yang baik, mampu meredam getaran [10], kekuatan tarik yang baik dan mampu menahan abrasi [11]. Karet juga dapat berfungsi sebagai bahan penguat resin epoksi. Karet cair kopolimer dengan ujung karboksil dan berat molekul rendah dari butadiena dan akrilonitril (CTBN, Goodrich) dapat digunakan sebagai penguat epoksi, yang dapat

meningkatkan kekuatan patah hingga sepuluh kali lipat. Salah satu cara yang paling efektif untuk meningkatkan kekuatan resin epoksi adalah dengan mencampurkan pengisi karet sebagai fase yang berbeda dari partikel mikroskopik. Peningkatan kekuatan ini dapat dicapai dengan mencampurkan karet cair yang difungsikan dengan kelarutan terbatas pada campuran pengeras epoksi atau dengan mendispersikan partikel karet yang sudah terbentuk langsung dalam matriks epoksi tanpa mengalami pemisahan fase [12].

Penelitian lain yang menunjukkan adanya pengaruh dari campuran perekat yaitu dengan penambahan nanotube karbon dengan jenis carbon/carbon-silicon carbide (C/C-SiC) ke dalam resin epoksi dan memperlihatkan bahwa penambahan tersebut memberikan kekuatan rekat yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan tidak diberi tambahan. Kekuatan tertinggi diperoleh dengan kandungan 3% C/C-SiC sebesar 12 MPa [6]. Penelitian lainnya yang telah dilakukan yaitu dengan menambahkan serbuk serbuk nikel, besi, dan aluminium dan menyimpulkan bahwa penambahan *filler* serbuk-serbuk tersebut meningkatkan kekerasan dan meningkatkan nilai dari modulus elastisitasnya. Penelitian tersebut juga menunjukkan saat *filler* ditambahkan konduktivitas elektrik akan meningkat dan konduktivitas dielektrik akan menurun [7].

Investigasi pengaruh perbedaan ketebalan perekat telah dilakukan. Ketebalan perekat yang diteliti yaitu, 0,2 mm, 0,5 mm, dan 1 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saat ketebalan menurun maka kekuatan sambungan akan meningkat. Kekuatan sambungan tumpang tunggal diperoleh menggunakan metode Taguchi sedangkan untuk mengetahui pengaruh ketebalan perekat pada kekuatan tarik geser sambungan dijelaskan menggunakan nilai tegangan perekat dan permukaan spesimen yang direkatkan [13].

Patahan atau mode kegagalan pada sambungan tumpang tunggal ditentukan dari kualitas perekatan di setiap permukaan spesimen, desain spesimen, dan pembebanan. Mode kegagalan harus dikarakterisasi untuk memperoleh pemahaman secara menyeluruh tentang sifat perekat dan sambungan yang diteliti. 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 sambungan tumpang tunggal

Penelitian-penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan perekat campuran dapat mempengaruhi kekuatan sambungan tumpang tunggal antara aluminium dan komposit. Namun, masih terdapat beberapa aspek yang belum diketahui secara pasti, seperti pengaruh jenis dan konsentrasi bahan campuran, ketebalan perekat terhadap sifat-sifat sambungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan perekat campuran epoksi-lateks terhadap sambungan tumpang tunggal aluminium-komposit.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

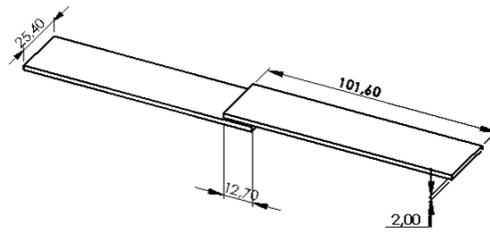
2.1.1 Alat

Alat yang digunakan adalah mesin uji tarik geser, cetakan komposit, cetakan sambungan, *feeler gauge*, gerinda tangan, wadah, pengaduk, sarung tangan karet, skrap, timbangan digital, dan gergaji tangan.

2.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah aluminium 5083, serat sabut kelapa, NaOH, resin polyester BTQN 157, resin epoksi, getah karet, amplas #60, aseton, dan wax.

2.2 Desain Spesimen



Gambar 2. Desain Spesimen

Desain spesimen dapat dilihat pada gambar 2. Desain spesimen dibuat berdasarkan ASTM D1002 dengan panjang 101,6 mm, lebar 25,4 mm, dan tebal 2 mm. Dimensi perekat yaitu panjang 12,7 mm dan lebar 25,4 mm.

2.3 Prosedur Penelitian

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

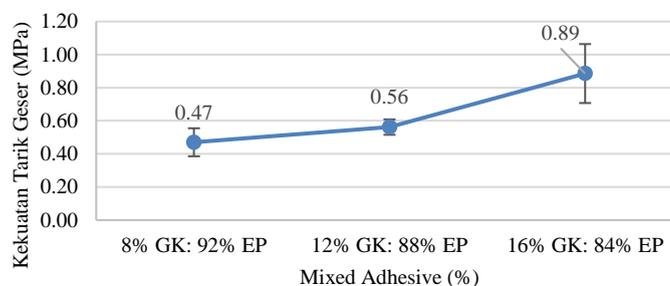
Sebelum membuat komposit, serat sabut kelapa akan direndam menggunakan 5% NaOH selama 2 jam. Perendaman bertujuan untuk membersihkan kotoran pada serat yang dapat mengganggu proses pengikatan dengan resin polyester. Fraksi volume pembuatan komposit yang digunakan adalah 70% resin: 30% serat. Pembuatan 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 getah karet dengan perbandingan 92% EP: 8% GK, 88% EP: 12% GK, dan 84% EP: 16% GK. Permukaan spesimen baik aluminium maupun komposit serat sabut kelapa akan diberikan perlakuan kekasaran amplas #60.

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

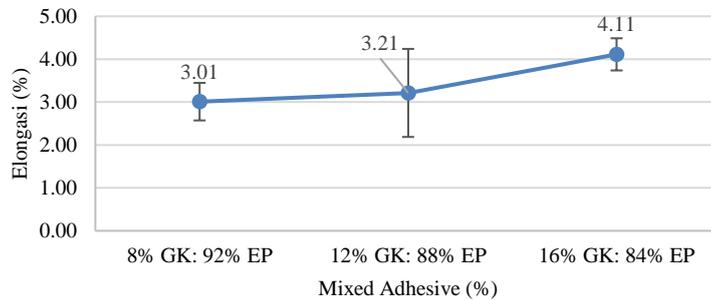
Kekuatan sambungan tumpang tunggal dengan perekat campuran epoksi dan getah karet menunjukkan tren meningkat disetiap perubahan penggunaan komposisi yang meningkat pula. Kekuatan tertinggi diperoleh dengan campuran 16% GK: 84% EP sebesar 0,89 MPa. Gambar grafik kekuatan tarik geser sambungan tumpang tunggal dapat dilihat pada gambar 3.



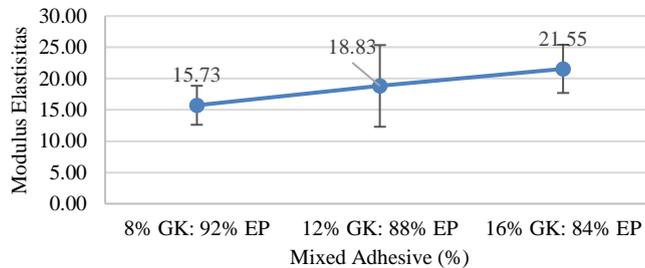
Gambar 3. Kekuatan tarik geser sambungan tumpang tunggal

Elongasi yang terjadi pada sambungan juga terlihat meningkat seiring penambahan komposisi perekat campuran. Hal ini dapat terjadi karena dengan menambahkan sedikit getah karet maka akan meningkatkan

keuletan perekat berbasis epoksi yang mempunyai sifat getas [5]. Elongasi terbesar diperoleh dengan komposisi 16% GK: 84% EP senilai 4,11% dan dapat dilihat pada gambar 4. Modulus elastisitas menunjukkan tren peningkatan seiring penambahan komposisi dengan nilai tertingginya yaitu 21,55 MPa dan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Elongasi sambungan tumpang tunggal



Gambar 5. Modulus elastisitas sambungan tumpang tunggal

Hasil pengujian tarik geser pada sambungan tumpang tunggal menunjukkan penambahan sedikit getas karet di setiap variasi terbukti dapat meningkatkan sifat-sifat mekanis sambungan tumpang tunggal. Hal ini terjadi karena sifat lateks yang elastis dan ulet sehingga dapat mengurangi kegetasan resin epoksi. Namun, jika lateks ditambahkan dalam jumlah yang banyak seperti yang telah dilakukan peneliti sebelumnya maka akan menurunkan nilai kekuatan tarik geser sambungan tumpang tunggal karena perekat akan menjadi terlalu elastis [5].

Hasil pengujian tarik geser pada sambungan tumpang tunggal menunjukkan beberapa patahan atau mode kegagalan yang terjadi karena sambungan tumpang tunggal tidak mampu menahan beban tarik yang diberikan. Patahan yang terjadi diamati dengan melakukan pengamatan makro pada sambungan. Pengamatan makro dilakukan guna menganalisis hasil patahan. Sambungan pada gambar 6.a mengalami patahan yang disebut *thin layer cohesive failure* (TLC). TLC merupakan sebuah mode kegagalan di mana perekat lebih tebal di satu sisi spesimen dan lebih tipis di spesimen yang lain [1]. 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 [14]



a) *Thin layer cohesive failure*



b) *Cohesive failure*

Gambar 6. Mode kegagalan sambungan tumpang tunggal

4. KESIMPULAN

Perekat campuran epoksi-getah karet pada sambungan tumpang tunggal dengan ketebalan 0,2 mm dan kekasaran dengan amplas #60 telah selesai dilakukan. Hasil pengujian tarik geser sambungan tumpang tunggal menunjukkan nilai tertinggi diperoleh dengan komposisi 16% GK: 84% EP sebesar 0,89 MPa. Hasil pengujian tarik geser sambungan tumpang tunggal menunjukkan nilai terendah dengan komposisi 8% GK: 92% EP sebesar 0,47 MPa. Kekuatan tarik geser, elongasi, dan modulus elastisitas sambungan tumpang tunggal meningkat seiring dengan penambahan sedikit getah karet ke dalam resin epoksi. Mode kegagalan yang dialami sambungan tumpang tunggal yaitu, *thin layer cohesive failure* dan *two stage failure mode*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [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] I. M. Astika, I. P. Lokantara, and I. M. G. Karohika, "Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa," *Jurnal Energi dan Manufaktur*, vol. 6, no. 2, pp. 95–202, 2013.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] D. Pusari and S. Haryanti, "Pemanenan Getah Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) dan Penentuan Kadar Karet Kering (KKK) dengan Variasi Temperatur Pengovenen di PT. Djambi Waras Jujuhan Kabupaten Bungo, Jambi," *Buletin Anatomi dan Visiologi*, vol. XXII, 2014.
- [9] J. K. Oleiwi, M. S. Hamza, and N. Almtteri, "STUDIES OF THE EFFECT OF CARBON BLACK PARTICLES ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF SBR/NR BLENDS USED IN PASSENGER TIRE TREADS," 2013.
- [10] A. Ivanoska-Dacikj, G. Bogoeva-Gaceva, A. Buzarovska, I. Gjorgjiev, and L. Raka, "PREPARATION AND PROPERTIES OF NATURAL RUBBER/ORGANO-MONTMORILLONITE: FROM LAB SAMPLES TO BULK MATERIAL," *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, vol. 33, no. 2, pp. 249–265, 2014.
- [11] B. Seentrakoon, B. Junhasavasdikul, and W. Chavasiri, "Enhanced UV-protection and antibacterial properties of natural rubber/rutile-TiO₂ nanocomposites," *Polym Degrad Stab*, vol. 98, no. 2, pp. 566–578, Feb. 2013, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2012.11.018.
- [12] D. Ratna and A. K. Banthia, "Rubber Toughened Epoxy," Anandanagar, Apr. 2004.
- [13] 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.
- [14] 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.