

PENGUJIAN GESER PADA *INTERFACE BONDING JOINT* HIBRID AL-CFRP DENGAN VARIASI GEOMETRI PERMUKAAN AL

¹Maulana Hasbi Assidiq, ²Dhimas Wicaksono, ³Ferry Setiawan

¹⁾Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
20020047@students.sttkd.ac.id

²⁾Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
dhimas.wicaksono@sttkd.ac.id

³⁾Jurusan Teknik Dirgantara
Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
ferry.setiawan@sttkd.ac.id

Article history:

Received 1th of December 2024

Revised 12th of December 2024

Accepted 30th of December 2024

Abstract

Composites are a combination of two or more materials and each has its own properties and characteristics and produces one material with stronger properties than the supporting material. In this study using aluminum, carbon fiber and combined using epoxy resin. This research will produce new material products with variations without surface treatment (TST), HTG, HDG, and 2HDG. The manufacturing process in this study uses the hand lay up method and continues with the vacuum bagging method and is pressed with an iron plate. Shear testing was carried out with the aim of knowing the strength of the specimen against the applied shear force. The results obtained after shear testing of the three TST variations obtained the highest shear stress value in the TST 1 variation of 3.21 MPa and a maximum load of 1141.10 N. Then in the three HTG specimens obtained the highest shear stress value in HTG 1 of 5.54 MPa and 1768.57 N. Then in the three HDG specimens obtained the highest shear stress value in HTG 1 of 5.54 MPa and 1768.57 N. Then in the three HDG specimens, the highest shear value was obtained in HDG 2 of 3.00 MPa and 1005.99 N. Then in the three 2HDG specimens, the highest value was obtained in 2HDG 1 of 2.94 MPa and 1074.59 N. From the test results it is found that the specimen with the HTG variation has a higher shear stress value than the other variations. The type of failure in the kosongan and HTG variation specimens experienced a type of adhesive shear failure and in the HDG and 2HDG variations experienced cohesive shear failure.

Keywords: vacuum bagging, shear test, composite

Pendahuluan

Dengan kemajuan teknologi dirgantara yang cepat, pesawat harus memiliki sambungan yang kuat dan bobot yang ringan. Beberapa jenis sambungan termasuk pengelasan, rivet, baut, dan sambungan *adhesif*. Banyak keuntungan penyambungan *adhesive bonding* menjadikannya salah satu teknik penyambungan mekanis yang paling umum digunakan di bidang transportasi. Ini mudah, tidak membutuhkan mesin, murah, tahan korosi, dan ramah lingkungan. Sambungan satu lap adalah salah satu jenis sambungan *adhesive* yang paling banyak digunakan di pasar [1].

Selama bertahun-tahun, ikatan adhesif telah digunakan dalam industri, terutama di bidang penerbangan. Sambungan jenis ini sangat umum, terutama di pesawat umum. Dalam beberapa tahun terakhir, pesawat komersial seperti Boeing 787 dan Airbus A350 telah menggunakan ikatan hampir sepenuhnya. Pesawat komposit pertama yang menggunakan ikatan sebagai metode penyambungan struktur utama adalah Cirrus SR20 dan PZL I-23 Manager [2].

Adhesive bonding adalah proses di mana bahan mengeras di antara permukaan yang menempel untuk membuat ikatan. Teknik menggunakan sambungan yang diikat secara perekat, yang memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan sambungan mekanis konvensional. Manfaatnya termasuk berat struktural yang lebih rendah, biaya pembuatan yang lebih rendah, dan toleransi kerusakan yang lebih baik. Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan sambungan ini telah meningkat pada bagian struktural yang terbuat dari komposit serat yang diperkuat. Dalam kebanyakan kasus, pengikat konvensional merusak serat, yang menghasilkan konsentrasi tegangan yang lebih tinggi dan integritas struktural yang lebih rendah. *Adhesive bonding* dapat digunakan dalam transportasi darat, bukan hanya di bidang dirgantara. Cina dan Jepang menggunakan ikatan yang diikat pada mobil listrik. Dengan kapasitas baterai yang sama, mobil komposit dapat berjalan lebih jauh. Untuk dirakit dengan komponen lainnya, diperlukan sambungan yang kuat [3].

Untuk tujuan penelitian ini, metode vacuum bagging digunakan sebagai teknik pembuatan spesimen komposit karena merupakan metode yang murah, sederhana, dan menghasilkan hasil yang optimal. Metode ini menghasilkan tekanan dan suhu yang dapat dikendalikan saat memasukkan resin ke dalam komposit. Selama proses pembuatan komposit, teknik ini dapat mengurangi bahkan menghilangkan celah dan membuat struktur komposit menjadi lebih padat. Teknik ini telah terbukti berhasil dalam pembuatan komposit penguat serat tunggal [4].

Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih bahan yang memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain sehingga membentuk sifat material baru dengan karakteristik yang berbeda dari bahan yang membentuknya[5]. Bahan penyusunnya terdiri dari serat (fiber karbon) dan matrik sebagai pengikat serat tersebut. Matriks berfungsi sebagai pembentuk dan pengikat dalam komposit yang bersifat ulet. Matrik biasanya terdiri dari keramik, polimer, dan logam. Keramik, kaca, dan serat karbon juga dapat digunakan untuk menguatkan. Serat yang digunakan menentukan sifat komposit, seperti kekakuan dan kekuatan. Struktur komposit dapat menahan beban karena kekuatan serat [6].

Resin epoxy secara luas digunakan sebagai adhesi struktur, pelapisan permukaan, komposit teknik, laminasi listrik, dan komposit teknik. Biasanya digunakan sebagai matriks dalam aplikasi komposit[7]. Resin *epoxy* biasanya digunakan sebagai bahan perekat dan pelindung karena kekuatan dan daya rekat yang kuat. Selain itu, *epoxy* memiliki sifat dielektrik dan isolasi yang baik, penyusutan rendah, stabilitas dimensi, dan ketahanan lelahnya [8].

Metode penyepurnaan yang dikenal sebagai *vacuum bagging* adalah metode penyepurnaan di mana ruang hampa udara diciptakan untuk menghilangkan ruang hampa udara atau udara yang terjebak dan kelebihan resin. Dengan demikian, rongga udara atau ruang hampa udara menjadi lebih kecil. Metode ini menghasilkan tekanan yang sama pada permukaan komponen, penggunaan resin yang efektif, dan rasio serat ke resin yang ideal [9].

Aluminium 1100 adalah salah satu paduan aluminium yang paling umum digunakan karena memiliki banyak manfaat, termasuk kekuatan, kemampuan deformasi yang tinggi, ketahanan korosi, dan konduktivitas termal yang baik [10]. Masa jenis aluminium (Al) adalah 2,71 miligram per meter kubik, atau sekitar 1/3 (satu per tiga) masa jenis tembaga atau baja. Alumina dan paduannya banyak digunakan sebagai material konstruksi ringan, terutama di bidang aeronautika, karena sifat mekaniknya yang unggul [11].

Serat karbon fiber (CFRP), juga dikenal sebagai carbon fiber reinforced polymer (CFRP), banyak digunakan untuk memperkuat dan memperbaiki struktur. Perkuatan dengan CFRP bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan memberikan peningkatan gaya geser, aksial, dan daktilitas, yang merupakan metode perkuatan yang sangat efektif karena tidak mengakibatkan korosi. Jika dibandingkan dengan jenis FRP lainnya, seperti GFRP, CFRP lebih banyak digunakan. Resin epoxy secara luas digunakan sebagai adhesi struktur, pelapisan permukaan, komposit teknik, laminasi listrik, dan komposit teknik. Biasanya digunakan sebagai matriks dalam aplikasi komposit [12].

Pre-coating merupakan langkah yang dilakukan dengan tujuan untuk memperkuat sambungan *adhesive* / sambungan perekat epoxy. *Pre-coating* sendiri dibuat dengan campuran resin tanpa *hardener* dan aseton dengan perbandingan 10% resin dan 90% aseton [13].

Dibandingkan dengan metode penyambungan konvensional lainnya, sambungan perekat satu lap menawarkan banyak keuntungan, termasuk mengurangi waktu dan biaya, memiliki fitur redaman yang baik, dan menghemat lebih banyak. Beban ditransfer dengan lancar dari satu pelat ke pelat lainnya melalui perekat dalam sambungan ini. Desain metode single lap joint dapat dilihat pada **Gambar 1** [14].

Penulis melakukan penelitian nilai tegangan geser pada spesimen *bonding single lap joint* aluminium dan karbon fiber dengan variasi permukaan geometri aluminium yaitu variasi tanpa *surface treatment*

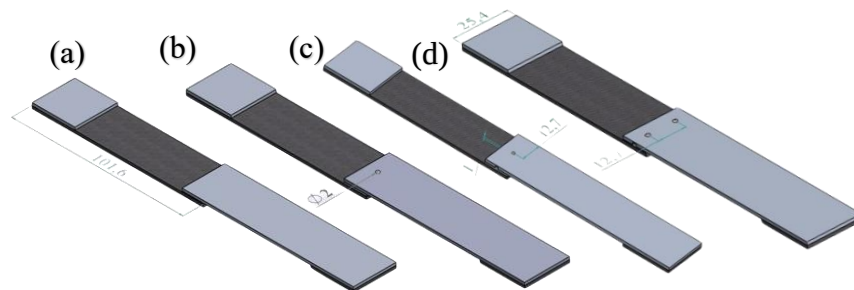
(TST), *hole* tanpa *groove* (HTG), *hole* dengan *groove* (HDG), dan 2*hole* dengan *groove* (2HDG) dan pengamatan tentang type failure sambungan spesimen menggunakan foto makro. Batasan masalah meliputi tentang variasi geometri permukaan aluminium, metode pembuatan material menggunakan metode *vaccum bagging* dan press menggunakan plat besi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah dengan penambahan variasi geometri pada permukaan aluminium yaitu kosong, HTG, HDR, dan 2HDG akan menambah kekuatan tegangan geser atau malah akan mengurangi nilai tegangan geser. Manfaat dari penelitian ini yaitu Mengetahui cara bagaimana proses pembuatan spesimen uji geser, mengetahui variasi spesimen mana yang baik digunakan nanti kedepannya, dan mengetahui kekuatan masing-masing spesimen yang diuji.

Metode Penelitian

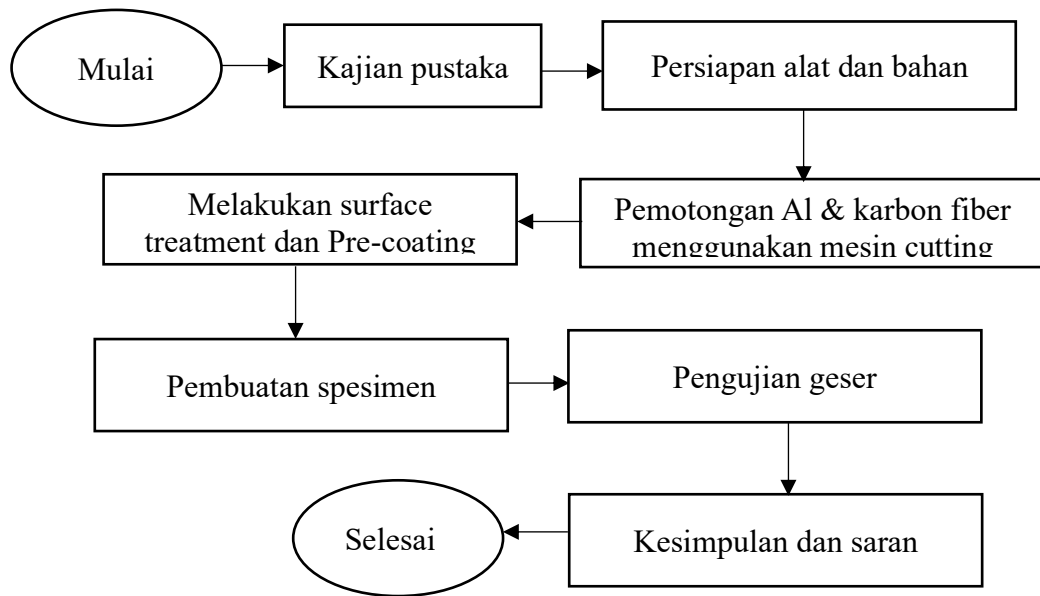
Pada penelitian ini menggunakan metode *vaccum bagging* dan pengepresan dengan plat besi, dimana peneliti membuat sebuah spesimen dengan berbagai variasi geometri permukaan Al. Proses pertama yaitu dengan cara memotong plat Al dengan mesin cutting laser sesuai dengan ukuran ASTM D1002 dan memotong karbon fiber. Setelah Al dan karbon fiber terpotong sesuai dengan ukurannya, proses selanjutnya yaitu membuat variasi geometri pada permukaan Al dengan cara membuat *hole* dan *ring*. Selain membuat *hole* dan *ring*, dilakukan juga proses *surface treatment* dengan cara mengamplas permukaan Al dengan ukuran amplas 120 grit dengan tujuan menambah kekuatan pada ikatan. Selanjutnya yaitu proses penimbangan dari masing masing material dan dilanjutkan dengan proses *pre coating*. Proses *pre coating* dilakukan dengan tujuan untuk memaksimalkan resin supaya bisa masuk ke dalam pori pori Al dan dapat menambah nilai geser nantinya. *Pre coating* ini dibuat dengan perbandingan antara resin dengan cairan aseton dengan perbandingan 10% : 90%. Setelah dilakukan *pre coating*, selanjutnya yaitu proses pembuatan spesimen dengan *vaccum bagging* dan dilanjutkan dengan *press*. Proses *vacuum* dilakukan dengan tekanan 70-74 cmhg selama 3 jam dan dilanjut *press* selama 15 jam. Setelah spesimen jadi, kemudian diuji geser dengan alat uji Tarik untuk mengetahui kekuatan geser tiap variasi dan dilanjutkan dengan foto makro dengan tujuan untuk mengetahui *type failure* pada sambungan *interface*.



Gambar 1. Single lap joint



Gambar 2. Desain Spesimen satuan (mm) (a) TST ;(b) HTG ;(c) HDG ;(d) 2HDG



Gambar 3. Diagram Alir

Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Pengujian Geser Spesimen

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap spesimen maka didapatkan nilai kekuatan uji geser dari masing masing variasi spesimen. Untuk analisis data maka mengambil nilai rata rata uji geser dari setiap variasi spesimen. Berikut merupakan alat yang digunakan dalam pengujian geser ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Alat Uji Geser

Perhitungan Uji Geser

pada perhitungan shear stress terhadap spesimen, rumus yang digunakan dalam menghitung tegangan geser ditentukan pada **Persamaan 1**[14] sebagai berikut

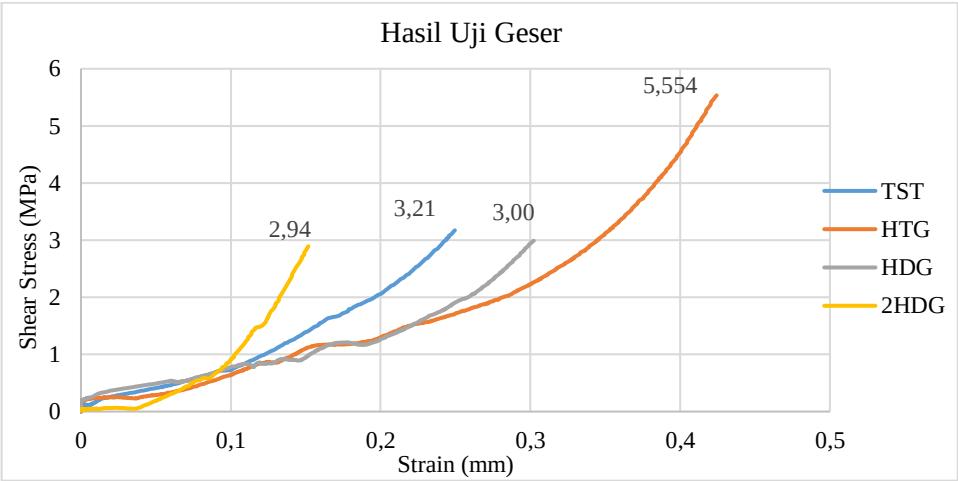
$$\tau = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan τ = tegangan geser (MPa), P = gaya (N), dan A = luas permukaan (mm²). Diketahui data dan hasil dari pengujian geser pada **Tabel 1** dibawah ini

Tabel 1. Hasil Uji Geser

Jenis variasi	spesimen	Beban maksimal (N)	Luas area (mm ²)	Tegangan geser (MPa)	Rata rata tegangan geser (MPa)
Kosongan	1	1141.10	355.10	3.21	2.69
	2	695.08	372.52	1.87	
	3	1068.42	358.42	2.98	
HTG	1	1768.57	319.44	5.54	4.39
	2	1494.41	316.54	4.72	
	3	1044.12	357.75	2.92	
HDG	1	547.80	360.18	1.52	2.30
	2	1005.99	335.40	3.00	
	3	840.90	353.60	2.38	
2HDG	1	1074.59	365.70	2.94	2.18
	2	841.68	383.60	2.19	
	3	505.76	360.45	1.40	

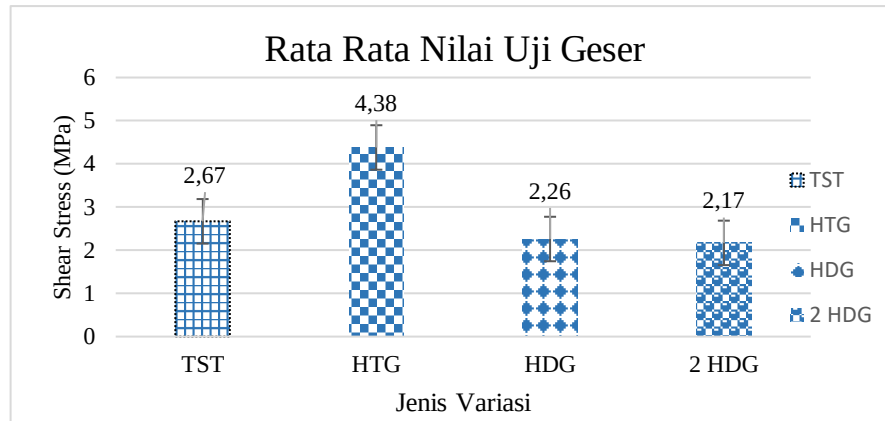
Di bawah ini merupakan grafik hasil uji geser yang telah dilakukan peneliti ditunjukam pada **Gambar 5**



Gambar 5. Grafik Pengujian Geser

Dari grafik diatas,diambil salah satu spesimen dengan nilai tertinggi dari masing masing variasi. Didapatkan spesimen dengan variasi HTG mempunyai nilai dengan tegangan tertinggi dengan nilai 5,54 MPa dan spesimen terendah pada variasi 2HDG dengan nilai 2,94 MPa. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan *groove* sehingga variasi yang menggunakan *groove* memiliki nilai tegangan geser yang lebih rendah karena saat proses *vacuum bagging* resin terfokus mengalir ke *groove* shingga pada *interface* antara aluminium menjadi berkurang.

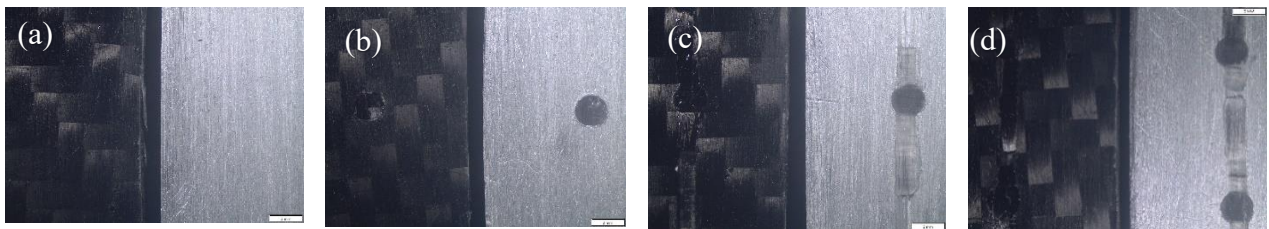
Dibawah ini merupakan grafik perbadningan nilai rata rata pengujian geser pada spesimen yang ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Antar Spesimen

Dari grafik diatas dapat dijelaskan perbandingan nilai tegangan geser dari keempat spesimen yang sudah dilakukan berbagai variasi, dimana nilai tegangan tertinggi diperoleh pada spesimen variasi HDG yaitu dengan nilai tegangan geser sebesar 4,38 MPa dan terendah diperoleh dengan variasi spesimen 2HDG dengan nilai tegangan sebesar 2,17 MPa. Variasi HTG dapat memperoleh tegangan tertinggi dikarenakan persebaran resin saat proses *vacuum bagging* dapat merata pada *interface* antara aluminium dan karbon fiber.

Pada pengujian geser terhadap spesimen juga dicantumkan hasil foto makro spesimen hasil pengujian gese ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Foto Makro (a) Kosongan ; (b) HTG ; (c) HDG ; (d) 2HDG

Berdasarkan pengujian geser yang telah dilakukan dan hasil uji foto makro yang diperoleh, diketahui jenis *type failure* yang terdapat pada masing masing jenis variasi spesimen. Variasi kosongan dan HDG mengalami *type adhesive shear failure* dikarenakan pada permukaan aluminium tidak terdapat resin yang tertinggal dan variasi HDG dan 2HDG mengalami *type cohesive shear failure* dikarenakan pada permukaan aluminium terdapat resin yang masih tertinggal.

Pembahasan Hasil

Pada hasil uji geser spesimen yang dapat menahan beban tertinggi yaitu pada spesimen variasi HTG 1 dapat menahan beban sebesar 1768,57 N dan menghasilkan tegangan geser sebesar 5,54 MPa dan spesimen yang terendah yaitu spesimen variasi 2HDG 3 dengan beban maksimal hanya 505,76 N dan menghasilkan nilai tegangan geser sebesar 1,40 MPa. Hal ini dapat terjadi karena pada spesimen yang menggunakan variasi *groove* resin akan terfokus mengalir ke *groove* sehingga penyebaran di permukaan alumunium tidak merata, sehingga menjadikan kekuatan gesernya menjadi lebih lemah dibandingkan dengan spesimen yang tidak menggunakan *groove* .

Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan diperoleh hasil spesimen yang memiliki nilai tegangan geser terbaik adalah spesimen dengan variasi HTG dengan nilai tegangan geser sebesar 4,38 MPa. Hal ini dipengaruhi oleh penambahan *groove* sehingga variasi yang menggunakan *groove* memiliki nilai tegangan geser yang lebih rendah karena saat proses *vacuum bagging* resin terfokus mengalir ke *groove* sehingga pada *interface* antara aluminium menjadi berkurang sedangkan variasi yang tidak menggunakan *groove* persebaran resin saat proses *vacuum bagging* dapat tersebar dengan merata. Berdasarkan foto makro yang telah didapatkan, *type failure* pada spesimen kosong dan HTG mengalami *type adhesive shear failure* dan pada spesimen variasi HDG dan 2HDG mengalami *type cohesive shear failure*.

Daftar Pustaka

- [1] S. Hastuti, X. Salahudin, A. A. N. Irsan, and A. Nurdin, "Analisis Kekuatan Adhesive Bonding Sambungan Tumpang Tunggul Aluminium 6063 - Komposit Serat Sabut Kelapa," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, p. 205, 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i2.4304.
- [2] P. Dobrzański and W. Oleksiak, "Design and Analysis Methods for Composite Bonded Joints," *Trans. Aerosp. Res.*, vol. 2021, no. 1, pp. 45–63, 2021, doi: 10.2478/tar-2021-0004.
- [3] K. Diharjo *et al.*, "Adhesive nanosilica/aluminium powder-Epoxy for joint application on composite car body of electrical vehicle," *Proc. 2013 Jt. Int. Conf. Rural Inf. Commun. Technol. Electr. Technol. rICT ICEV-T 2013*, no. October 2015, 2013, doi: 10.1109/rICT-ICEVT.2013.6741521.
- [4] M. Y. Koo, H. C. Shin, J. Suhr, and G. W. Lee, "A suggested vacuum bagging process for the fabrication of single-walled carbon nanotube/epoxy composites that maximize electromagnetic interference shielding effectiveness," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 11, 2021, doi: 10.3390/polym13111867.
- [5] H. N. Beliu, Y. M. Pellle, and J. U. Jarson, "Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri - polyester," *Lontar*, vol. 03, no. 02, pp. 11–20, 2016.
- [6] R. Manurung, S. Simanjuntak, J. Sembiring, R. A. M. Napitupulu, and S. Sihombing, "Analisa Kekuatan Bahan Komposit Yang Diperkuat Serat Bambu Menggunakan Resin Polyester Dengan Memvariasikan Susunan Serat Secara Acak Dan Lurus Memanjang," *Sprocket J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–35, 2020, doi: 10.36655/sproket.v2i1.296.
- [7] Y. Suyoko, "Ketangguhan Retak Komposit Epoxy - Serbuk Cangkang Kerang," *Politeknosains*, vol. 19, no. 1, pp. 27–32, 2020.
- [8] ilham chaerul R. Siregar, H. Yudo, and Kiryanto, "Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk Pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan Kanpe Clear NF Sebagai Pengganti Las Ilham Chaerul Rizqi Siregar1), Hartono Yudo1), Kiryanto1)," *Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 421–430, 2017.
- [9] M. L. Aparna, G. Chaitanya, K. Srinivas, and J. A. Rao, "Fabrication of Continuous GFRP Composites using Vacuum Bag Moulding Process," *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 87, pp. 37–46, 2016, doi: 10.14257/ijast.2016.87.05.
- [10] I. Salsabila, M. Raihan, S. Rusmana, N. Puspita, R. P. Sihombing, and K. Kunci, "Efektivitas Suhu Operasi dalam Peningkatan Lapisan Oksida Hasil Hard Anodizing Aluminium dalam Asam Sulfat 15 % dan Asam Phospat 1 %," pp. 69–73, 2023.
- [11] I. Sukmana and A. Sustiono, "Pengaruh Kecepatan Putar Indentor Las Gesek Puntir (Friction Stir Welding) Terhadap Kualitas Hasil Pengelasan Alumunium 1100-H18," *Mechanical*, vol. 7, pp. 15–19, 2016, doi: 10.23960/mech.v7.i1.201603.
- [12] R. Bayu Saputra and M. Rusli Ahyar, "Sistem Perkuatan Struktur menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Pada Gedung 4 Lantai," *Univ. Islam Sultan Agung*, pp. 850–863, 2023, [Online]. Available: www.google.com
- [13] B. Wang, Y. Bai, X. Hu, and P. Lu, "Enhanced epoxy adhesion between steel plates by surface treatment and CNT/short-fibre reinforcement," *Compos. Sci. Technol.*, vol. 127, pp. 149–157, 2016, doi: 10.1016/j.compscitech.2016.03.008.
- [14] S. Shaikh, N. Anekar, P. Kanase, A. Patil, and S. Tarate, "Single Lap Adhesive Joint (SLAJ): A Study," *Int. J. Curr. Eng. Technol. IJCET INPRESSO Spec. Issue*, vol. 7, no. July, pp. 2277–4106, 2017, [Online]. Available: <http://inpressco.com/category/ijcet>
- [15] K. Boimau, J. S. Bale, P. Studi, and T. Mesin, "Analisis Kekuatan Sambungan Hybrid Komposit Serat Buah Lontar yang Diberi Beban Tarik," vol. 06, no. 02, pp. 1–9, 2019.