

PENGARUH SUSUNAN SERAT TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT HYBRID BERPENGUAT SERAT AGEL/FIBERGLASS MENGUNAKAN TEKNIK VACUUM INFUSION

THE EFFECT OF FIBER SEQUENCE ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF AGEL FIBER/FIBERGLASS REINFORCED HYBRID COMPOSITES USING VACUUM INFUSION TECHNIQUE

Hendri Hestiawan^{1*}, Zuliantoni², Fernando Desfriandi Saragih³,
^{1,2,3}Program Studi. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
*) Email : hestiawan@unib.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:
26 Juli 2024

Direvisi:
28 Juli 2024

Disetujui terbit:
29 Juli 2024

Diterbitkan:
31 Desember 2024

Cetak:
31 Desember 2024

Online :
31 Desember 2024

Abstract: This research was motivated by using agel fiber which is easy to obtain and the effect of agel fiber which is hybridized using glass fiber using the vacuum infusion technique. This research aims to determine the effect of fiber arrangement on the mechanical and physical properties of agel/ fiberglass reinforced hybrid composite using the vacuum infusion technique. The main materials used in this research are agel fiber, fiberglass, ripoxy vinyl ester resin, methyl ethyl ketone peroxide (MEKP) catalyst and EX promoter. The process of making a specimen begins with preparing a mold from acrylic, then arranging the fibers based on predetermined variations in the arrangement. Resin, catalyst and promoter are mixed in a ratio of 400:40:1. Then stir until evenly mixed, then pour it into a container that is connected to the mold, after that the vacuum infusion process is carried out until the fiber structure in the mold is completely covered. The finished specimen is formed based on the testing standards. Bending test bending test uses ASTM D-790 standard, impact test uses ASTM D-5941 standard, tensile test uses ASTM D-638 standard, and density testing uses ASTM D-792 standard. The results of this research show that the mechanical and physical testing of the Agel-Gelas-Gelas-Gelas-Gelas-Agel arrangement has the best bending strength, impact toughness and highest tensile strength, producing values of 236.69 MPa, 62.97 kJ/ m² and 84.1 MPa, while for testing the best density was obtained in the Gelas-Agel-Agel-Agel-Agel-Agel-Agel-Gelas G-5A-G arrangement of 1.19 gr/cm³.

Keywords : Fiber Composition, Agel Fiber, Glass Fiber, Composite Hybrid, Vacuum Infusion

Abstrak: Penelitian ini dilatarbelakangi untuk memanfaatkan serat agel yang mudah didapatkan dan pengaruh serat agel yang di-hybrid menggunakan fiberglass dengan teknik vacuum infusion. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh susunan serat terhadap sifat mekanik dan fisik komposit hybrid berpenguat serat agel/fiberglass menggunakan teknik vacuum infusion. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat agel, fiberglass, resin

vinyl ester jenis *ripoxy*, katalis *methyl ethyl ketone peroxide* (MEKP) dan promotor EX. Proses pembuatan spesimen diawali dengan menyiapkan cetakan dari akrilik, lalu menyusun serat berdasarkan variasi susunan yang telah ditentukan. Resin, katalis dan promotor dicampur dengan perbandingan 400:40:1. Kemudian diaduk hingga merata, setelah itu dituangkan pada wadah yang sudah terhubung dengan cetakan, setelah itu dilakukan proses *vacuum infusion* sampai susunan serat di dalam cetakan tertutupi secara sempurna. Spesimen yang sudah jadi dibentuk berdasarkan standar pengujian nya. Uji *bending* menggunakan standar ASTM D-790, uji impak menggunakan standar ASTM D-5941, uji tarik menggunakan standar ASTM D-638, dan pengujian densitas menggunakan standar ASTM D-792. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengujian mekanik dan fisik susunan Agel-Gelas-Gelas-Gelas-Gelas-Gelas-Agel memiliki kekuatan *bending*, ketangguhan impak dan kekuatan tarik yang terbaik, menghasilkan nilai sebesar 236,69 MPa, 62,97 kJ/m² dan 84,1 MPa, sementara untuk pengujian densitas terbaik diperoleh pada susunan Gelas-Agel-Agel-Agel-Agel-Agel-Gelas G-5A-G sebesar 1,19 gr/cm³

Kata Kunci : Komposit *Hybrid*, Serat Agel, *Fiberglass*, Susunan Serat, *Vacuum Infusion*

PENDAHULUAN

Sejak tahun 1950-an, material komposit mendapat perhatian yang lebih besar dari para ilmuwan. Material komposit sekarang semakin berkembang pesat di berbagai bidang, mulai dari bidang industri, otomotif, konstruksi, IPTEK dan lainnya. Perkembangan teknologi diberbagai bidang tersebut tidak lepas dari perkembangan dalam rekayasa bahan atau teknologi perkembangan bahan, yang mana dapat dilihat salah satunya dalam penggunaan material komposit tersebut dengan tujuan untuk menggantikan penggunaan bahan logam dan berguna untuk menekan biaya produksi bahan dan lebih ringan tetapi kinerja yang tinggi [1].

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih bahan dasar yang berbeda melalui campuran yang tidak homogen. Matriks atau penguat adalah adalah dua variabel utama komposit. Pada umumnya penguat yang digunakan pada komposit ini berupa serat, baik serat sintesis maupun serat alam. Serat alam adalah serat organik yang langsung diperoleh dari alam, baik dari tumbuhan maupun hewan dan sangat mudah [2].

Pohon Gebang (*coryphee gabanga*) adalah sejenis pohon palm paling tinggi besar di dataran rendah. Pohon ini juga disebut dengan nama lain Gerbang (Bahasa Indonesia), dan dapat ditemukan di banyak tempat dari India hingga Asia Tenggara, Filipina, Indonesia dan Australia Utara. Palm ini tumbuh di dataran rendah hingga ketinggian sekitar 300 mdpl. Di beberapa tempat yang cocok, biasanya tak jauh dari pantai, gebang dapat tumbuh menggerombol membentuk sabuk hutan yang cukup luas. Serat agel yang berasal dari pohon Gebang banyak digunakan dalam industri dan sektor lain [3].

Serat alam ini memiliki beberapa kelebihan, diantaranya biaya produksi yang murah, ramah lingkungan, dan dapat didaur ulang. Walaupun demikian serat alam ini mempunyai kelemahan, antara lain sifat mekanik yang lebih rendah dan daya serap yang lebih tinggi. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, serat sintetis dan alami dapat digabungkan dalam komposit hibrid, yaitu matriks serat sintetis dan alami yang disusun dalam jumlah dan urutan tertentu. Penggabungan komposit *hybrid* ini dapat saling memperkuat dan mengurangi

cacat sehingga menghasilkan sifat mekanik yang lebih tinggi [4].

Untuk membuat komposit digunakan teknik *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI). Teknik VARI menggunakan pompa vakum untuk membuat resin mengalir dan menyebar di dalam cetakan. Selama proses pembuatan, tekanan negatif diterapkan, yang memungkinkan resin atau matriks menembus lebih baik daripada yang dilakukan dengan tangan. Cara ini dapat memperkuat sifat mekanik suatu material komposit [5].

Perbaikan sifat mekanik dan fisik komposit penguat serat alam juga dapat diperoleh dengan menggunakan metode komposit *hybrid*. *Fiberglass* dan serat sintetis lainnya dihibridisasi dengan serat alami dalam komposit ini. Jenis penguat komposit yang paling umum adalah *fiberglass*. Pada penelitian sebelumnya susunan serat sangat signifikan mempengaruhi sifat mekanik spesimen uji. Memposisikan *fiberglass* pada lapisan tengah memberikan peningkatan sifat mekanik dan fisik yang sangat signifikan terhadap spesimen uji sedangkan memposisikan *fiberglass* di lapisan terluar tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan sifat mekanik spesimen uji, maka dari itu dilakukan penelitian terhadap susunan serat yang berpengaruh kepada sifat mekanik komposit tersebut [6]

TINJUAN PUSTAKA

Komposit

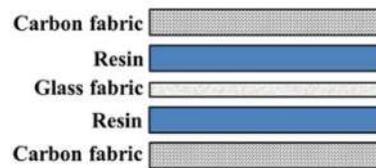
Suatu komposit tersusun atas dua atau lebih fasa atau unsur penyusunnya, baik pada skala makroskopis maupun mikroskopis. Bahan dengan banyak fasa disebut sebagai komposit. Pada hakikatnya komposit merupakan kombinasi makroskopis matriks dan serat. Serat merupakan bahan yang sangat baik untuk menghasilkan kekuatan tarik karena biasanya jauh lebih kuat dibandingkan matriks. Kemudian, matriks ini membantu melindungi serat dari unsur-unsur dan berdampak kerusakan [7].

Pada komposit tertentu, dua atau lebih lapisan dengan komposisi berbeda-beda yang disusun secara bergantian

membentuk matriks gabungan dari komposit tersebut.

Komposit Hybrid

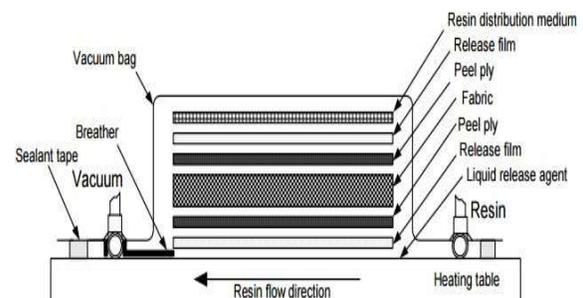
Komposit *hybrid*, yang menggabungkan dua atau lebih serat berbeda dan diperkuat oleh matriks, menandai kemajuan signifikan dalam teknologi komposit. Komposit *hybrid* ini biasanya menghasilkan berbagai kombinasi dan komposit tingkat lanjut. Saat memuat komposit *hybrid*, perubahan penting akan terlihat jelas pada material komposit. Suatu bentuk komposit laminasi yang disebut komposit *hybrid* terdiri dari lamina dengan berbagai kombinasi bahan dan arah penguatan. Komposit *hybrid* dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Komposit *hybrid* [3].

Teknik *Vacuum Infusion*

Teknik *vacuum infusion* adalah metode pembuatan komposit yang melibatkan pengisapan udara keluar dari kantong plastik berisi perekat (selotip), yang memungkinkan aliran resin masuk dan mengisi cetakan, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Teknik *Vacuum Infusion* [8]

Dengan menggunakan metode ini, jumlah resin berlebih dan gelembung udara yang terperangkap di dalam cetakan berkurang. Prinsip kerja dari *vacuum infusion* adalah dengan menggunakan tekanan udara sebagai alat untuk memberikan tekanan. Jumlah

yang dibutuhkan ditandai pada inlet (*in late*) dan outflow (*out late*) sistem *vacuum infusion*.

Pengujian Bending

Pengujian bending menggunakan metode *three-point bending* mengikuti standar ASTM D-790 dengan ukuran spesimen yaitu 96mm x 19mm. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 6 spesimen disetiap variasi susunan seratnya, kemudian diambil 5 data terbaik dan dirata-rata. Uji bending dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Uji Bending

Pengujian Impak

Pengujian impak menggunakan metoda Charpy mengikuti standar pengujian impak yang digunakan pada penelitian ini yaitu ASTM D-5941 dengan ukuran spesimen 64mm x 10mm. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 6 spesimen disetiap variasi susunan seratnya, kemudian diambil 5 data terbaik dan dirata-rata. Pengujian Impak dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Spesimen Pengujian Impak

Pengujian Tarik

Pengujian tarik menggunakan mesin universal testing machine. Standar pengujian tarik yang digunakan pada penelitian ini yaitu ASTM D-63842. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 6 spesimen disetiap variasi susunan seratnya, kemudian diambil 5 data terbaik dan dirata-rata. Pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Pengujian Tarik

Pengujian Densitas

Pengujian densitas menggunakan metode Archimedes dengan standar pengujian impak yang digunakan pada penelitian ini yaitu ASTM D-792 dengan ukuran spesimen 2,5cm x 1,15cm. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 6 spesimen di setiap variasi susunan seratnya, kemudian diambil 5 data terbaik dan dirata-rata. Pengujian densitas dapat dilihat pada Gambar 6

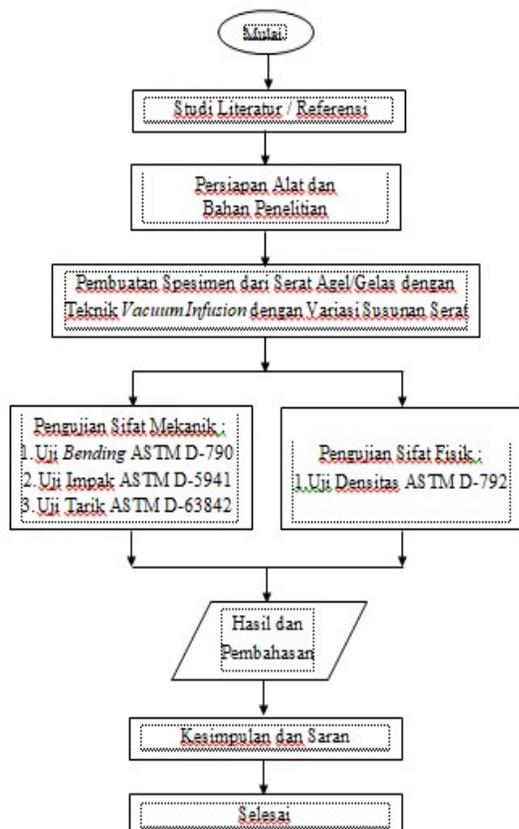


Gambar 6. Pengujian Densitas

METODE PENELITIAN

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat agel, *fiberglass*, resin *vinyl ester* jenis *ripoxy*, katalis *methyl ethyl ketone peroxide* (MEKP) dan promotor EX. Proses pembuatan spesimen diawali dengan menyiapkan cetakan dari akrilik, lalu menyusun serat berdasarkan variasi susunan yang telah ditentukan. Resin, katalis dan promotor dicampur dengan perbandingan 400:40:1. Kemudian diaduk hingga merata, setelah itu dituangkan pada wadah yang sudah terhubung dengan cetakan, setelah itu dilakukan proses *vacuum infusion* sampai susunan serat di dalam cetakan tertutupi secara sempurna.

Spesimen yang sudah jadi dibentuk berdasarkan standar pengujian masing-masing. Uji *bending* menggunakan standar ASTM D-790, uji *impak* menggunakan standar ASTM D-5941, uji tarik menggunakan standar ASTM D-638, dan pengujian densitas menggunakan standar ASTM D-792. Diagram alir penelitian dan variasi susunan serat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 1.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1. Kode spesimen

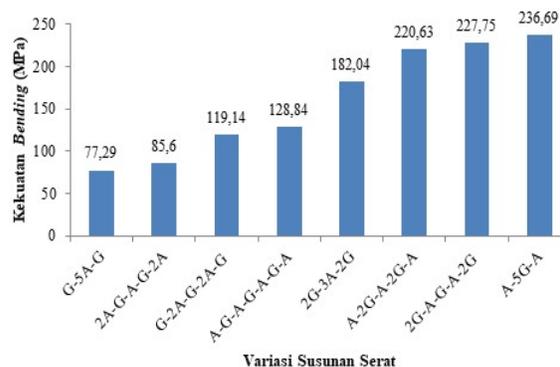
Kode Spesimen	Keterangan	
	Serat Agel	Fiberglass
G-5A-G	5	2
2A-G-A-G-2A	5	2
G-2A-G-2A-G	4	3
A-G-A-G-A-G-A	4	3
2G-3A-2G	3	4
A-2G-A-2G-A	3	4
2G-A-G-A-2G	2	5
A-5G-A	2	5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian Bending

Hasil pengujian *bending* dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil pengujian *bending* pada penelitian ini didapatkan nilai kekuatan *bending* terendah terdapat pada variasi susunan Gelas-Agel-Agel-Agel-Agel-Agel-Gelas (G-5A-G) kemudian mengalami peningkatan pada variasi susunan serat Agel-Gelas-Gelas-Gelas-Gelas-Agel (A-5G-A). Pada penelitian yang dilakukan didapatkan hasil yang lebih tinggi ketika variasi susunan serat di-hybrid dengan menggunakan jumlah *fiberglass* yang lebih banyak dan posisi *fiberglass* nya.

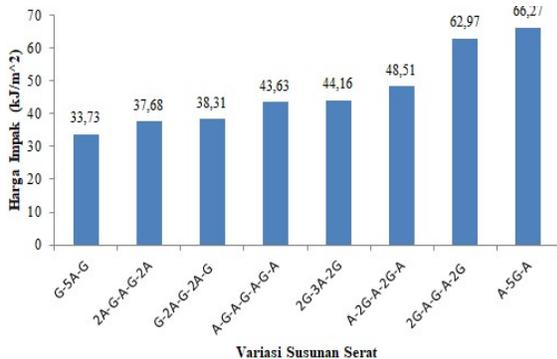
Menurut penelitian Feriyanto dkk, menjelaskan bahwa benar jika susunan *fiberglass* sangat berpengaruh terhadap kekuatan *bending* komposit *hybrid*, dimana nilai kekuatan *bending* yang terbaik bernilai 63,61 MPa [9].



Gambar 8. Hasil Pengujian Bending

Pengujian Impak

Hasil pengujian impact dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil pengujian impact menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya jumlah *fiberglass* yang digunakan maka ketangguhan impact juga mengalami peningkatan. Begitu juga dengan susunan serat Agel di permukaan cenderung meningkatkan ketangguhan impact komposit *hybrid* dibandingkan dengan penempatan *fiberglass* di permukaan. Hasil pengujian impact pada penelitian ini didapatkan nilai ketangguhan impact terendah terdapat pada variasi susunan Gelas-Agel-Agel-Agel-Agel-Gelas (G-5A-G), kemudian mengalami peningkatan pada variasi susunan Agel-Gelas-Gelas-Gelas-Gelas-Agel (A-5G-A). Menurut penelitian Rizal dkk menjelaskan bahwa benar jika susunan *fiberglass* sangat berpengaruh terhadap kekuatan impact komposit *hybrid*, dimana nilai ketangguhan impact yang terbaik bernilai 28,9 kJ/m² [10].

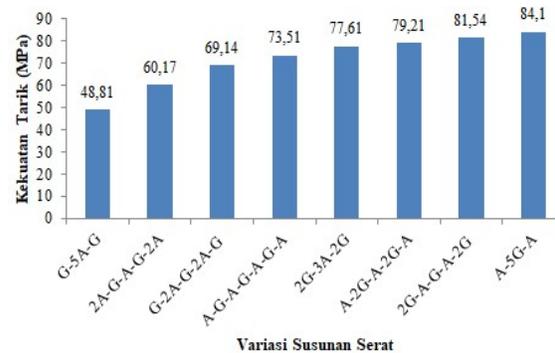


Gambar 9. Hasil Pengujian Impak

Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 10. Hasil pengujian tarik pada penelitian ini didapatkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada variasi susunan Gelas-Agel-Agel-Agel-Agel-Agel-Gelas (G-5A-G), kemudian mengalami peningkatan pada variasi susunan serat Agel-Gelas-Gelas-Gelas-Gelas-Agel (A-5G-A). Pada penelitian yang dilakukan didapatkan

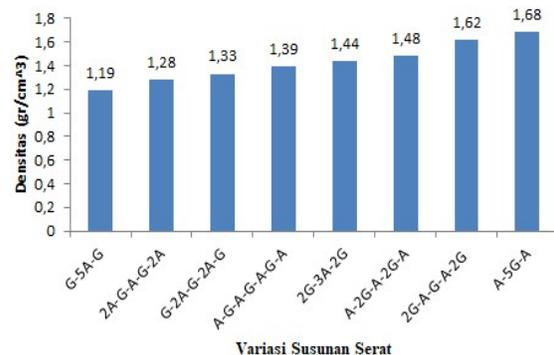
hasil yang lebih tinggi ketika variasi susunan serat di-*hybrid* dengan menggunakan jumlah *fiberglass* yang lebih banyak dan posisi *fiberglass* nya. Menurut penelitian Rizal dkk menjelaskan bahwa benar jika susunan *fiberglass* sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit *hybrid*, dimana nilai kekuatan tarik yang terbaik bernilai 28,9 MPa [10].



Gambar 10. Hasil Pengujian Tarik

Pengujian Densitas

Hasil pengujian densitas dapat dilihat pada Gambar 11. Hasil pengujian densitas pada penelitian ini didapatkan nilai densitas terbaik terdapat pada variasi susunan Gelas-Agel-Agel-Agel-Agel-Agel-Gelas (G-5A-G), kemudian pada susunan Agel-Gelas-Gelas-Gelas-Gelas-Agel (A-5G-A) merupakan densitas tinggi.



Gambar 11. Hasil Pengujian Densitas

Pada penelitian yang dilakukan didapatkan hasil yang terbaik dengan menggunakan jumlah serat agel yang

lebih banyak dan posisi serat agel nya. Menurut penelitian Hestiawan dkk menjelaskan bahwa susunan *fiberglass* di permukaan komposit *hybrid* efektif menurunkan nilai densitas karena *fiberglass* mampu menahan masuknya cairan ke dalam komposit *hybrid* [11].

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik dan fisik komposit *hybrid* yang diperkuat dengan serat agel/*fiberglass* dipengaruhi oleh susunan serat penguat. Penambahan jumlah *fiberglass* yang disusun pada bagian dalam komposit *hybrid* mampu meningkatkan sifat mekanik dan fisik. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa susunan Agel-Gelas-Gelas-Gelas-Gelas-Agel (A-5G-A) memiliki kekuatan *bending*, ketangguhan impak dan kekuatan tarik yang terbaik, masing-masing sebesar 236,69 MPa, 62,97 kJ/m², dan 84,1 MPa, sementara untuk pengujian densitas terbaik diperoleh pada susunan Gelas-Agel-Agel-Agel-Agel-Agel-Gelas (G-5A-G) sebesar 1,19 gr/cm³.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. H. Nuri, T. Suwanda, and K. Diharjo, "Kajian Komprehensif Pengaruh Alkali Terhadap Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanas (*Bromeliaceae*)," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol. 9, no. 2, pp. 199–207, 2006.

[2] T. Suwanda and Rahman, "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matrik Polyester," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol. 13, no. 2, pp. 165–170, 2010.

[3] C. M. Wu, Y. C. Cheng, W. Y. Lai, P. H. Chen, and T. D. Way, "Friction and Wear Performance of Staple Carbon Fabric-Reinforced Composites: Effects of Surface Topography," *Polymers*, vol. 12, no. 142, pp. 1–15, 2020.

[4] R. V. Silva, E. M. F. Aquino, L. P. S. Rodrigues, and A. R. F. Barros, "Curaua/glass hybrid composite:

The effect of water aging on the mechanical properties," *Journal of Reinforced Plastics Composite*, vol. 28, no. 15, pp. 1857–1868, 2009.

- [5] S. Febrianto, "Penggunaan Metode Vacuum Assisted Resin Infusion Pada Bahan Uji Komposit Sandwich Untuk Aplikasi Kapal Bersayap Wise-8," *Skripsi*, pp. 13–18, 2011.
- [6] K. A. Ilman, J. Jamasri, K. Kusmono, and H. Hestiawan, "Effect of stacking sequences and silane treatments on the mechanical properties of agel leaf/jute/glass fiber-reinforced hybrid composite," *Composites : Mechanics, Computations, Applications: An International Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 311–329, 2018.
- [7] T. D. Ngo, "Introduction of Composite Materials," *IntechOpen*, 2020.
- [8] G. Valadez, "Effect of fiber surface treatment on the fiber–matrix bond strength of natural fiber reinforced composites," *Composites Part B*, vol. 30, pp. 309–320, 1999.
- [9] R. Feriyanto, A. Mujiyanto, H. T. Waluyo, and A. Nugroho, "Pengaruh Susunan Serat pada Komposit Serat Hibrid Laminat Berpenguat Serat Kaca dan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Kekuatan Bending," *Jurnal Uhamka*, vol. 7, no. 2502, pp. 1–8, 2022.
- [10] A. Rizal, A. Mujiyanto, H. T. Waloyo, "Pengaruh Susunan Serat pada Komposit Hibrid Laminat Berpenguat Serat Kaca dan Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Kekuatan Tarik," *Jurnal Turbine*, vol. 2, no. 1, pp. 67–72, 2023.
- [11] H. Hestiawan, J. Jamasri, Kusmono, A. Puspawan, "Pengaruh Perlakuan Alkali-silan terhadap Sifat Mekanis Komposit Hibrid yang Diperkuat Serat Agel dan Serat Gelas," *Jurnal Metalurgi dan Material Indonesia*, vol. 3, no. 1, pp. 1–4, 2019.