

Bending Strength of Apus Bamboo Fiber Reinforced Asphalt Composite Materials as Small Ship

(Kuat Bending Material Komposit Aspal Berpenguat Serat Bambu Apus Sebagai Bahan Pembuatan Kapal Kecil)

Eko Susanto, Frisko Yulian Maheswara, Akhmad Basuki Widodo^{*)}
*Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah
Jl. Arief Rahman Hakim No. 150 Sukolilo Surabaya 60111, Indonesia*

ABSTRACT

Bamboo is generally widely used as a material or construction material in homes. However, the use of bamboo as a raw material for shipbuilding is not yet available. To make bamboo as a material in shipbuilding, the bamboo is assembled or made into a composite to meet class standards as a material for shipbuilding. In this study, the composites used were apus bamboo fiber and asphalt. The method of making the composite uses the hand lay-up method with variations of 1 layer of reinforcement, 3 layers of reinforcement, and 5 layers of reinforcement. The dimensions of the test specimen size refer to ASTM D 790-3 which is then carried out by bending tests to determine the strength of the material due to loading and the elasticity of the material. Furthermore, the results of the bending test will be analyzed using the Anova method and compared with the standard material class in ship construction. Results Asphalt composite material with apus bamboo fiber has the highest bending test value of 27,068 Mpa and the lowest bending test value of 25,998 Mpa. Based on these results, it is stated that the Bamboo reinforced asphalt (BRA) material has not been able to match and even exceed the Bamboo reinforced plastic (BRP) material in the woven, non-woven and random fiber variants. It is influenced by the diameter, and the strength of the shape between the fiber and the matrix.

Bambu umumnya banyak dimanfaatkan sebagai material atau bahan konstruksi pada rumah. Namun penggunaan bambu sebagai bahan baku pembuatan kapal belum tersedia. Untuk menjadikan bambu sebagai material dalam pembuatan kapal, bambu tersebut dirakit atau dijadikan sebuah komposit supaya memenuhi standar klasifikasi sebagai material untuk pembangunan kapal. Dalam penelitian ini komposit yang digunakan ialah serat bambu apus dan aspal. Metode pembuatan kompositnya menggunakan metode hand lay-up dengan variasi 1 lapis penguat, 3 lapis penguat, dan 5 lapis penguat. Dimensi ukuran spesimen uji mengacu pada ASTM D790-3 yang kemudian dilakukan Bending test untuk mengetahui kekuatan material akibat pembebanan serta kekenyalan/elastisitas dari material tersebut. Selanjutnya hasil uji bending akan dianalisa menggunakan metode Anova serta dibandingkan dengan standar class material dalam pembangunan kapal. Hasil Material komposit aspal dengan serat bambu apus memiliki nilai uji bending tertinggi sebesar 27.068 Mpa dan memiliki nilai uji bending terendah sebesar 25.998 Mpa. Berdasarkan hasil tersebut menyatakan bahwa material Bamboo reinforced asphalt (BRA) belum mampu melampaui bahkan melebihi material Bamboo reinforced plastik (BRP) pada varian anyaman, tidak dianyam dan serat acak. Hal itu dipengaruhi oleh bentuk, diameter, dan kekuatan ikatan antara serat dan matriks.

Keywords: Bamboo, Aspalht, Bending Test.

^{*)} Corresponding author:
Akhmad Basuki Widodo
E-mail: akhmad.basuki@hangtuah.ac.id

PENDAHULUAN

Bambu umumnya banyak dimanfaatkan sebagai material atau bahan konstruksi pada rumah. Bambu tersebut digunakan sebagai lantai, dinding, atap maupun pondasi rumah. Hal tersebut karena bambu merupakan bahan yang ramah lingkungan, mempunyai kekuatan tinggi dan berat volume rendah,

serta tidak memerlukan biaya produksi yang besar Maslucha, dkk [11]. Menurut Widodo [17] penggunaan bambu sebagai bahan baku pembuatan kapal masih jarang digunakan, karena dalam proses pembangunan kapal dibutuhkan material bambu yang besar, sedangkan bambu belum memenuhi hal itu. Untuk menjadikan bambu sebagai material dalam pembuatan kapal, bambu tersebut dirakit atau

dijadikan sebuah komposit supaya memenuhi standar *class* sebagai material untuk pembangunan kapal.

Komposit merupakan sebuah material yang terbentuk dari serat (*reinforced*) sebagai bahan kerangka penyusun atau penguat komposit dan matriks untuk mengikat serat-serat sehingga tidak bergeser posisinya. Dalam Penelitian ini serat yang digunakan ialah serat bambu apus (*Gigantochloa apus*). Menurut Parwita [13] bambu apus merupakan jenis bambu yang dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi sehingga sangat mudah ditemui. Menurut Erwin [5] Keunggulan dari bambu apus yaitu merupakan jenis bambu yang kuat, liat, lurus sehingga baik untuk bahan pembangunan. Oleh karena itu seratnya yang panjang dan kuat akan menghasilkan anyaman yang stabil. Sedangkan matriks atau bahan perekat yang digunakan ialah Aspal. Menurut Edirman, dkk [3] Aspal merupakan bahan perekat, berwarna hitam atau coklat tua dengan bitumen sebagai komponen utamanya. Keunggulan dari aspal yaitu memiliki daya rekat yang baik, memiliki sifat kedap air, aspal memiliki kemampuan untuk mengisi celah-celah pada agregat, dan apabila ditinjau dari segi ekonomi harga aspal jauh lebih murah dibandingkan resin epoksi Frisko [7].

Dalam penelitian sebelumnya material komposit aspal berpenguat serat bambu apus memiliki 3 varian perbedaan yaitu jumlah lapisan penguat yaitu 1 lapis penguat, 3 lapis penguat, dan 5 lapis penguat yang kemudian dilakukan pengujian dengan metode impact tipe charpy dan selanjutnya didapatkan hasil bahwa nilai *impact* rata-rata terbaik yaitu dengan menggunakan 5 lapis penguat serat bambu apus yang memiliki nilai rata-rata impact yaitu sebesar $4,42 \text{ J/cm}^2$. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan pengembangan pemilihan aspal yang lebih baik dan sebagai upaya

untuk meningkatkan nilai daya guna serat bambu berupa cacahan bambu yang bernilai jual rendah Emilia [4] Kemudian dilakukan uji bending untuk mengetahui kekuatan dari material komposit tersebut.

Dari hasil penelitian ini diharapkan memberi manfaat berupa mengetahui sifat mekanik dari komposit aspal berpenguat serat bambu apus terutama nilai dari kekuatan *bending test* sebagai dasar mengetahui kekuatan material akibat pembebanan sehingga diketahui kekenyalan/ elastisitas dari material tersebut, serta rujukan untuk pengembangan metode pembuatan material komposit berpenguat serat bambu apus yang optimal dan efisien.

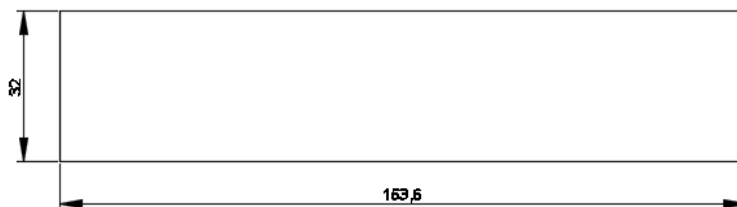
METODE PENELITIAN

Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Proses studi literatur merupakan pengumpulan data berupa literatur baik dari penelitian terdahulu, buku penunjang, maupun dari internet untuk dijadikan sebagai sumber tinjauan pustaka. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengungkapkan berbagai teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang sedang dihadapi/diteliti sebagai bahan rujukan dalam hasil penelitian.

Persiapan Alat & Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini adalah Serat bambu apus (*Gigantochloa apus*) dan aspal. Untuk peralatan dalam penelitian ini yaitu Permanent marker, penggaris logam, gunting kain besar, neraca digital, kompor quantum, *thermometer* suhu, kuas cat, *cutter* logam, cetakan spesimen kayu, dan mesin uji bending (*WDW 1000 D - Universal Test Machine*).



Gambar 1. Dimensi ukuran spesimen uji

Pembuatan Spesimen

Dalam penelitian ini akan dibuat spesimen dengan variasi 1 lapis penguat, 3 lapis penguat dan 5 lapis

penguat. Setiap variasi berjumlah 5 spesimen sehingga keseluruhan terdapat 15 spesimen yang akan dilakukan uji bending. Spesimen uji bending mengacu standar

ASTM D790-3 dengan dimensi ukuran panjang 153,6 mm, lebar 32 mm yang dapat dilihat pada lampiran Gambar 1. Langkah pembuatan spesimen ini diawali dengan pemotongan serat anyaman bambu apus yang dibentuk sesuai ukuran cetakan 30x30 cm. Kemudian dilakukan pembakaran aspal dengan suhu mencapai 200°C agar aspal tersebut cair dan dapat dituangkan dalam cetakan. Kemudian dilakukan proses pemerataan aspal menggunakan alat bantu kuas dan proses ini diulang hingga mendapatkan jumlah lapisan dan ketebalan yang dibutuhkan pada setiap varian komposit yang kemudian dilakukan proses pengepresan untuk memastikan bahwa lembar anyaman bambu apus telah menempel secara merata pada aspal. Selanjutnya cetakan yang sudah siap akan dilakukan pembuatan spesimen uji menurut ASTM D790-3 [1].

Pengujian Bending

Pengujian Bending dilakukan terhadap 15 spesimen uji dengan 1 lapis penguat, 3 lapis penguat dan 5 lapis penguat. Menurut Aprilia [2] Pada saat pengujian spesimen uji pada bagian atas akan diberikan beban tumpuan sehingga spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Tujuan dilakukan *Bending Test* adalah untuk mengetahui kekuatan material akibat pembebanan tersebut serta kekenyalan/ elastisitas dari material tersebut.

Analisis Data

Hasil dari pengujian bending akan di analisis menggunakan metode ANOVA (*Analysis of Varian*). Proses analisis data dimulai dengan uji normalitas

untuk mengetahui data berdistribusi normal atau tidak. Hal tersebut dinyatakan dalam Nilai signifikansi (Sig.) apabila lebih dari 0,05 (Sig.>0,05) yang berarti data berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji homogen untuk mengetahui data tersebut homogen atau tidak. Hal tersebut dinyatakan dalam Nilai signifikansi (Sig) dengan menginterpretasikan data tersebut homogen bahwa nilai tersebut lebih dari 0,05 (Sig.>0,05). Setelah itu dilakukan uji anova untuk mengetahui pengaruh atau tidaknya dari variabel penelitian yaitu variasi lapis penguat terhadap kekuatan bending. Hal tersebut dinyatakan dalam Nilai signifikansi (Sig.) dengan menginterpretasikan data tersebut signifikan bahwa nilai tersebut kurang dari 0,05 (Sig.>0,05).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada Gambar 2 menunjukkan hasil cetakan material komposit aspal berpenguat serat bambu apus yang memiliki ciri-ciri yaitu berwarna hitam pekat, memiliki tekstur semi-padat atau sedikit lembut saat disentuh matriks, memiliki sifat lengket apabila disentuh dan akan menghilang saat kondisi aspal sudah kering, serta memiliki aroma khas yang dihasilkan oleh aspal. Selanjutnya cetakan tersebut akan dipotong sesuai dimensi ukuran spesimen uji menurut standart ASTM D790-3 yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dan setelah itu dilakukan pengujian bending menggunakan metode three point bending yang ditunjukkan pada Gambar 4.



a. Varian Pertama (V1)

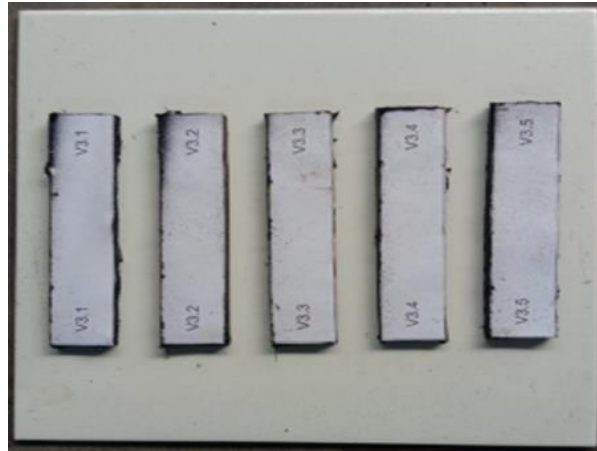


b. Varian Pertama (V2)

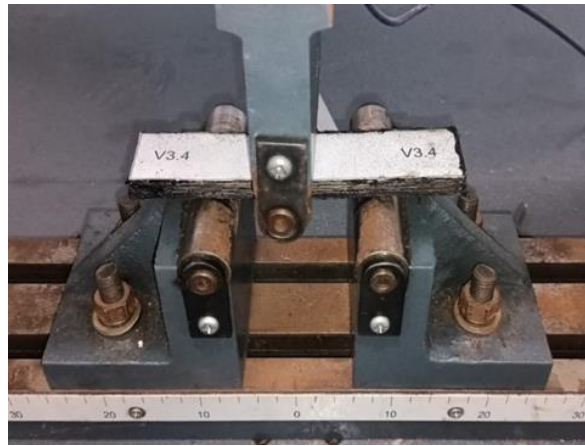


c. Varian Pertama (V3)

Gambar 2. Hasil Cetakan Material Komposit



Gambar 3. Spesimen Uji Bending



Gambar 4. Uji Bending



a. Varian Pertama (V1)



b. Varian Pertama (V2)



c. Varian Pertama (V3)

Gambar 5. Hasil Uji Bending

Hasil pengujian bending pada Gambar 5 menunjukkan kondisi material komposit setelah diberikan beban saat pengujian bending untuk mengetahui kekuatan dari material tersebut. Setelah itu didapatkan hasil pengujian material komposit varian

pertama (V1) pada Tabel 1 menunjukkan nilai flexural stress tertinggi sebesar 27,068 MPa dan terendah sebesar 27.000 MPa. Flexural strain dengan nilai tertinggi 0,0845 Mm dan terendah 0,057 Mm, sedangkan nilai Modulus Elastisitas tertinggi

11059,200 MPa dan terendah 9953,280 MPa. Hasil pengujian bending varian kedua (V2) pada Tabel 2 menunjukkan nilai Flexural stress tertinggi sebesar 27,00 Mpa dan terendah sebesar 24,75 MPa. Flexural strain dengan nilai tertinggi 0,0657 Mm dan terendah 0,0650 Mm. Sedangkan nilai modulus elastisitasnya adalah 9953.280 MPa. Hasil pengujian bending varian ketiga (V3) pada Tabel 3 menunjukkan nilai flexural stress tertinggi sebesar 25.998 MPa dan terendah sebesar 24.750. flexural strain dengan nilai tertinggi 0,0733 Mm dan terendah 0,0658 Mm. Sedangkan nilai modulus elastisitas tertinggi sebesar 8847,360 Mm dan terendah sebesar 7962,624 Mm.

Tabel 1. Hasil Uji Bending Varian Satu (V1)

No	Code Material	Flexural Stress (Mpa)	Flexural Strain (mm)	Modulus Of Elasticity (Mpa)
1.	Spesimen 1	27,000	0,0845	11059,200
2.	Spesimen 2	27,068	0,0609	11059,200
3.	Spesimen 3	27,000	0,0599	11059,200
4	Spesimen 4	27,023	0,0682	9953,280
5	Spesimen 5	27,000	0,0571	11059,200
	Rata-rata	27,018	0,0661	10838,016

Tabel 2. Hasil Uji Bending Varian Dua (V2)

No	Code Material	Flexural Stress (Mpa)	Flexural Strain (mm)	Modulus Of Elasticity (Mpa)
1.	Spesimen 1	24,750	0,0648	9953,280
2.	Spesimen 2	27,000	0,0650	9953,280
3.	Spesimen 3	27,000	0,0645	9953,280
4	Spesimen 4	25,825	0,0650	9953,280
5	Spesimen 5	24,750	0,0657	9953,280
	Rata-rata	27,018	25,875	0,0650

Tabel 3. Hasil Uji Bending Varian Tiga (V3)

No	Code Material	Flexural Stress (Mpa)	Flexural Strain (mm)	Modulus Of Elasticity (Mpa)
1.	Spesimen 1	25,998	0,0658	8847,360
2.	Spesimen 2	24,750	0,0677	7741,440
3.	Spesimen 3	25,763	0,0733	7741,440
4	Spesimen 4	25,200	0,0662	7741,440
5	Spesimen 5	24,750	0,0659	7741,440
	Rata-rata	25,290	0,0678	7962,624

Hasil Analisa

Hasil analisa data uji bending menggunakan metode Anova pada Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil Uji Normalitas menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov pada varian satu (V1) dengan nilai sig yaitu 0,077. Sedangkan nilai sig varian kedua (V2) yaitu 0,200 dan nilai sig varian ketiga (V3) yaitu 0,200.

Berdasarkan hasil tersebut ketiga varian memiliki nilai signifikansi lebih dari 0,05 yang berarti data tersebut telah berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji homogenitas menggunakan metode *Levene test* dan hasilnya terdapat pada Tabel 5 dengan nilai signifikansi yaitu 0,003 yang berarti nilai tersebut lebih kecil dari nilai 0,05 dengan asumsi bahwa ketiga varian kelompok dalam penelitian ini tidak sama. Menurut Shingala [14] peneliti dapat melanjutkan uji hipotesis dengan menggunakan Uji *One Way Annona*, namun untuk uji beda selanjutnya menggunakan uji alternatif yang menggunakan Uji *Games-Howell*. Setelah itu dilakukan uji Anova menggunakan metode *One Way Annona* dan hasilnya terdapat pada Tabel 6 dengan nilai sig 0,009 yang berarti kurang dari 0,05. Sehingga berdasarkan hasil tersebut menyatakan bahwa terdapat pengaruh dari variabel penelitian yaitu pengaruh jumlah lapisan pada material komposit aspal yang diperkuat dengan serat bambu apus terhadap nilai kuat bending.

Tabel 4 Hasil Uji Normalitas

No	Lapis Penguat	Statistic	df	sig
1.	Satu Lapis	,331	5	,077
2.	Tiga Lapis	,241	5	,200
3.	Lima Lapis	,228	5	,200

Tabel 5 Hasil Uji Homogenitas

Levene statistic	df1	df2	sig
9,486	2	12	,003

Tabel 6. Hasil Uji Anova

	df	Mean Square	F	sig
Between Grups	2	3,862	7,278	,009
Within grups	12	,531		
Total	14			

Pada kesempatan ini peneliti membandingkan dengan hasil uji bending *Bambo reinforced plastik* (BRP) dan *Bambo reinforced aphalt* (BRA) yang diteliti oleh Nugroho, dkk.[12] Dalam hal ini penguat yang digunakan adalah sama yaitu menggunakan serat bambu apus sebagai penguat. Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan nilai uji bending *Bamboo reinforced plastik* (BRP) tertinggi yaitu 160,80 Mpa. dimana terdapat pada variasi anyaman serat bambu apus dengan arah

pemotongan serat tangensial. Sedangkan arah pemotongan serat radial yaitu 158,40 Mpa. Sebagai perbandingan pada variasi tidak dianyam memiliki nilai uji bending yaitu 86,40 Mpa dan menggunakan serat acak yaitu 79,20 Mpa. Sedangkan hasil nilai uji bending *bamboo reinforced asphalt* (BRA) aspal berpenguat bambu dengan satu lapis penguat yaitu 27,068 Mpa. Tiga lapis penguat yaitu 27,000 MPa dan Lima lapis penguat yaitu 25,988 MPa. Sehingga berdasarkan data hasil uji bending material *Bamboo reinforced asphalt* (BRA) belum mampu melampaui bahkan melebihi material *Bamboo reinforced plastik* (BRP) yang tidak dianyam dan varian serat acak.

Tabel 7. Perbandingan FRP & BRP

BRP	Kuat Bending (MPa)	BRA	Kuat Bending (Mpa)
Anyaman Radial (BRP)	160,80	Satu Lapis Penguat (BRA)	27,068
Anyaman Tangensial (BRP)	158,40	Tiga Lapis Penguat (BRA)	27,000
Tidak dianyam (BRP)	86,40	Lima Lapis Penguat (BRA)	25,988
Serat acak (BRP)	79,20		

Faktor yang mempengaruhi kekuatan material komposit menurut Dharma [6] yaitu dalam sebuah anyaman terdapat kelemahannya pada susunan serat memanjangnya dan diameter bentuk serat sangat mempengaruhi hasil kekuatan komposit, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi. Sedangkan dalam penelitian ini masih menggunakan diameter serat yang besar Wahdan [15]. Selain itu dipengaruhi juga oleh kekuatan ikatan pada komposit. Menurut Warier [16] dalam Gesang [8] kekuatan ikatan sangatlah menentukan kuat atau tidaknya suatu material. Dalam hal ini kekuatan yang tinggi akan dengan mudah menyalurkan tegangan secara efektif dari matriks kepada serat, Sedangkan apabila kurangnya ikatan (*mechanical bonding*) antara ikatan serat matriks dapat menurunkan nilai *interface* yang sangat rendah sehingga kekuatan ikatan tersebut rendah maka dapat menimbulkan signifikansi terhadap kegagalan struktur komposit tersebut Kadir dkk [10]. Sehingga cara untuk meningkatkan kekuatan ikatan

tersebut dengan memberikan perlakuan khusus berupa kimia maupun secara mekanis yang dapat meningkatkan kekuatan ikatan tersebut. Menurut Jamalul [9] perendaman serat bambu dalam larutan *natrium hidroksida* (NaOH) dapat menghasilkan ikatan yang sangat baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa Material *Bamboo Reinforced Asphalt* (BRA) memiliki nilai uji bending tertinggi sebesar 27.068 Mpa dan memiliki nilai uji bending terendah sebesar 25.998 Mpa dan dengan hasil tersebut bahwa material *Bamboo Reinforced Asphalt* (BRA) belum mampu melampaui bahkan melebihi material *Bamboo Reinforced Plastic* (BRP) pada varian anyaman, tidak dianyam dan serat acak. Hal itu dipengaruhi oleh bentuk, diameter, dan kekuatan ikatan antara serat dan matriks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM D 790-3, Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforce and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, An American National Standard, 2002.
- [2] W. Aprilia, Y. Darvina, and Ratnawulan, "Sifat mekanis komposit berpenguat bilah bambu dengan matriks polyester akibat variasi susunan," *Pillar of Physics*, vol. 2, pp. 51-58, Oktober 2013.
- [3] E. G. Suka, I. S. Putri, R. Puspitasari, R. Arsela, S. Sembiring, and I. Firdaus, "Karakteristik struktur mikro dan gugus fungsi komposit silika sekam padi dan aspal", *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 8, no. 1, pp 93-100, 2020.
- [4] W. E. Primaningtyas, B. D. Alfanda, K. D. Wulandari, M. A. Prandika, and Suheni, "Mekanisme sintesis komposit berpenguat serat bambu dengan variasi komposisi sebagai aplikasi material lambung kapal", *Jurnal Teknologi Maritim*, pp. 1-4, 2021
- [5] M. H. D. Erwin and T. H. Ningsih, "Pengaruh fraksi volume komposit bambu terhadap kekuatan tekan dengan metode hand lay-up dan vacuum bag". *JTM*, vol. 9, no. 3, pp. 69-74, 2021.
- [6] Dharma, "Analisa Sifat Mekanik Serat Kelapa Pada Material Komposit", Skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak, 2017.
- [7] F. Y. Frisko and B. Widodo "Nilai Impact Test Material Komposit Aspal Berpenguat Serat Bambu Apus

- (*Gigantochloa Apus*) Sebagai Bahan Pembuatan Kapal Kecil”. Surabaya: Fakultas Teknik Perkapalan Universitas Hang Tuah, 2021.
- [8] G. Nugroho and C. Budiyanoro, "Optimization of fiber factors on flexural properties for carbon fiber reinforced polypropylene," *Journal of Composite Science MDPI*, vol. 6, no.6, 2022.
- [9] F. A. Jamalul, "Pengaruh Perlakuan Serat Bambu Terhadap Kekuatan Bending Komposit Serat Bambu Searah Bermatrik Resin Polyster Tak Jenuh". Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram. 2021.
- [10] A. Kadir, Aminur, and M. Aminur, "Pengaruh pola anyaman terhadap kekuatan tarik dan bending komposit berpenguat serat bambu," *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 9- 18, 2014.
- [11] L. Maslucha, Y. E. Putrie, A. N. Handryant, and S. Rahmah, "Pendidikan arsitektur dan edukasi tentang bambu sebagai material ramah lingkungan," *The Indonesian Green Technology Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 14-24, 2020.
- [12] N. Y. Nugroho, A. B. Widodo, and T. A. Kristiyono, "Karakterisasi mekanik material komposit serat organik sebagai bahan alternatif prototipe kapal cepat," *Neptunus Jurnal Kelautan*, vol. 19, no. 2, pp. 71-84, Januari 2015.
- [13] Parwita, I. W. P. A. "Landasan Konseptual Perencanaan dan Perancangan Bamboo Community Centre sebagai Sarana Budidaya Bambu di Kab. Sleman Yogyakarta," (Doctoral dissertation, UAJY). TISTIK : Penerbit Putri Yolanda, 2017.
- [14] M. C. Shingala and A. Rajyaguru, "Comparison of post hoc tests for unequal variance," *International Journal of New Technologies in Science and Engineering*, vol. 2, no. 5, pp. 22-33, 2015.
- [15] W. Kurniawan, "Karakterisasi Material Komposit Jerami-Epoksi yang dibuat dengan proses Vacuum Bag. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung, vol. 2, no. 5, pp.22-33, 2011
- [16] A. Warriar, A. Godara, O. Rochez, L. Mezzo, F. Luizi, L. Gorbatikh, S. V. Lomov, A. W. Vanvuure, and I. Verpoest, "The effect of adding carbon nanotubes to glass/epoxy composites in the fibre sizing and/or the matrix," *Composite*, vol. 41, no. 4, pp. 532–538, April 2010.
- [17] A. B. Widodo, "Karakterisasi Bambu Laminasi Sebagai Bahan Pembangunan Kapal Perikanan," in Seminar Nasional "Archipelago Engineering" (ALE) 2018 Ambon, 26 April 2018.