



Studi Kelayakan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Penguat Komposit Untuk Aplikasi Lambung Kapal

Agus Mujianto¹, Hery Tri Waloyo²

^{1,2} Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Samarinda
email : Am713@umkt.ac.id

Received : 6 Juni 2023; Received in revised form : 8 Juni 2023; Accepted : 12 Juni 2023

Abstract

The Republic of Indonesia is an archipelagic country, making ships an important means of transportation for inter-island crossings. Currently, ship hull construction still relies on fiberglass, which is not environmentally friendly. On the other hand, Indonesia is one of the world's largest producers of palm oil, leading to a significant amount of empty palm fruit bunches (EPFB) waste. If not utilized, this waste can cause environmental pollution. However, OPEFB fibers are now being used as a substitute for fiberglass in composite materials. Given the high demand for ships in Indonesia and the abundant supply of OPEFB fibers, research is needed to explore the potential of using OPEFB fibers as reinforcements in composites for ship hull construction. This study aims to investigate whether palm fruit bunch fibers can replace fiberglass in the shipbuilding industry. To determine the feasibility, the composite materials reinforced with EFB fibers need to be characterized. The properties to be examined in this research are the tensile strength and bending strength of the OPEFB fiber-reinforced composites with variations in fiber volume fraction and fiber length. The studied volume fractions are 20%, 30%, and 40%, while the fiber lengths are 4 cm, 6 cm, and 8 cm. The results show that the optimum volume fraction is 30% with tensile strength and bending strength of 12.35 MPa and 47.7 MPa, respectively. As for the fiber length, the best result is achieved with 8 cm length, yielding tensile and bending strengths of 13.3 MPa and 40.89 MPa, respectively. However, both tensile and bending strengths are still significantly below the minimum values required by the Indonesian Classification Bureau (BKI). Therefore, OPEFB fiber-reinforced composites are not suitable for ship hull construction.

Keywords: OPEFB, composite, hull, natural fiber, volume fraction

Abstrak

Negara Kesatuan Republik Indonesia merupakan negara kepulauan, sehingga kapal merupakan alat transportasi yang penting untuk menyeberang antar pulau. Dewasa ini pembuatan lambung kapal masih menggunakan serat gelas padahal serat gelas tidak ramah lingkungan. Di sisi lain, Indonesia merupakan salah satu penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, hal ini mengakibatkan banyaknya limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang apabila tidak dimanfaatkan akan mencemari lingkungan. Namun sekarang TKKS mulai digunakan seratnya untuk membuat komposit sebagai pengganti serat gelas. Dikarenakan kebutuhan kapal yang sangat tinggi di Indonesia dan serat TKKS yang melimpah maka perlu dilakukan penelitian tentang potensi penggunaan serat TKKS sebagai penguat komposit untuk membuat lambung kapal. Penelitian ini bertujuan untuk melihat peluang apakah serat tandan kosong kelapa sawit bisa menggantikan serat gelas dalam industri kapal. Untuk mengetahui layak atau tidak maka perlu dilakukan karakterisasi komposit berpenguat serat TKKS. Karakter yang akan diteliti pada penelitian ini adalah kekuatan Tarik dan bending komposit berpenguat serat TKKS dengan variasi fraksi volume dan Panjang serat. Setelah diketahui kekuatan Tarik dan bending komposit berpenguat TKKS maka hasilnya dibandingkan dengan kekuatan Tarik dan bending minimum yang diijinkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Fraksi volume yang diteliti adalah fraksi volume serat 20%, 30%, dan 40%, sedangkan Panjang seratnya adalah 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Dari penelitian ini didapatkan bahwa fraksi volume terbaik adalah

farksi volume serat 30% dengan kekuatan Tarik dan bending masing-masing adalah 12,35 Mpa dan 47,7 Mpa . Sedangkan Panjang serat terbaik adalah 8 cm dengan kekuatan Tarik dan bending masing -masing adalah 13.3 Mpa dan 40,89 Mpa. Akan tetapi kekuatan Tarik dan bending yang dihasilkan tersebut masih jauh dibawah kekuatan Tarik dan bending minimum yang diijinkan oleh BKI. Oleh sebab itu komposit berpenguat serat TKKS tidak bisa diaplikasikan untuk lambung kapal.

Kata kunci: serat tandan kosong kelapa sawit, komposit, lambung kapal, serat alam, fraksi volume

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang setiap pulau terhubung dengan moda transportasi air [1][2]. Kapal penumpang yang berukuran lebih kecil telah banyak memanfaatkan material komposit sebagai material utama, namun masih menggunakan material serat gelas [3]. Meskipun serat gelas memiliki kekuatan yang baik, material ini kurang ramah terhadap lingkungan [4]. Solusi alternatif untuk pengganti serat gelas yang lebih ramah lingkungan adalah serat alam, dimana penggunaan serat alam untuk material komposit telah diterapkan pada moda transportasi darat [5], [6]. Salah satu alternatif sumber serat alam yang melimpah Serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Hal ini dikarenakan Indonesia juga merupakan salah satu negara penghasil sawit terbesar di dunia, sehingga banyak produk sampingan yang harus dimanfaatkan salah satunya tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Serat TKKS yang merupakan produk buangan dari industri minyak kelapa sawit masih sedikit dimanfaatkan [7]. Serat TKKS telah diaplikasikan untuk peredam suara [8] sebagai papan partikel [9].

Pemanfaatan material komposit dengan material serat alam tidak hanya diterapkan untuk aksesoris atau interior kapal, namun juga untuk pembuatan lambung kapal. Beberapa penelitian terdahulu telah berhasil menggunakan serat waru [10], enceng gondok [11], rami [12], dan pelepah kelapa [13] sebagai bahan lambung kapal. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil bahwa kekuatan material komposit yang dihasilkan dengan menggunakan bahan serat alam masih belum dapat menggantikan serat gelas.

Potensi bahan yang melimpah berupa TKKS disekitar daerah perkebunan yang mendatangkan masalah pengolahan sampah dapat diatasi melalui penerapan komposit serat alam. Sehingga dibutuhkan kajian unjuk kerja mekanik material komposit dengan bahan serat-TKKS. Berdasarkan pengetahuan penulis, belum ada peneliti yang membahas tentang serat-TKKS untuk proyeksi penggunaan lambung kapal. Penelitian akan dilakukan dengan melakukan uji propertis mekanis melalui uji bending dan tarik. Masing-masing pengujian dilakukan pada variasi volume dan panjang serat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan material serat TKKS yang diperoleh dari industri kelapa sawit. Komposit dikondisikan pada larutan basa untuk membersihkan dari kotoran. Serat yang digunakan menggunakan variasi volume yang berbeda. Komposit dihasilkan dengan menggunakan matriks berupa *polyester*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan UTM (*Universal Machine Testing*) untuk uji bending dan uji tarik. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D3039. Sedangkan uji bending dengan menggunakan ASTM D7264. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang baik, maka setiap pengujian pada masing-masing variasi penelitian dilakukan pengambilan data dengan pembuatan 3 sampel. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan Standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) untuk uji kelayakan.

a. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Serat tandan kosong kelapa sawit merupakan sampah dari industri kelapa sawit. Serat TKKS memiliki sifat seperti pada Tabel 1. Gambaran serat tandan sawit kosong ada pada Gambar 1.



Gambar 1. 1. Pohon Kelapa Sawit, 2. Buah Kelapa Sawit, 3. Tandan Kosong Kelapa Sawit, 4. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tabel 1. Propeties Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit [14]

Sifat	Nilai
Massa Jenis	0.47 g/cm ³
Tegangan Tarik	1008.55 Kg/cm ²

b. Resin Poliester

Matrik pada komposit yang akan digunakan yaitu resin polyester. *Resin polyester* banyak tersedia dipasaran. Saat pengaplikasian *resin polyester* dicampur dengan *Metyl Ethyl keton Peroxide* (Mekpo) sebanyak 1% dari volume total. *Resin polyester* merupakan salah satu resin yang murah dengan kekuatan pengikatan yang bagus sesuai dengan sifat mekaniknya. Sifat mekanik *resin polyester* bisa dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Properti Resin Poliester[15]

Sifat	Nilai
Viskositas pada 25°C	200-300 cps
tegangan tarik	18 ±1.5 MPa
Kekuatan bending	25 ±2.5 MPa
Massa Jenis	1,15 g/cm ³

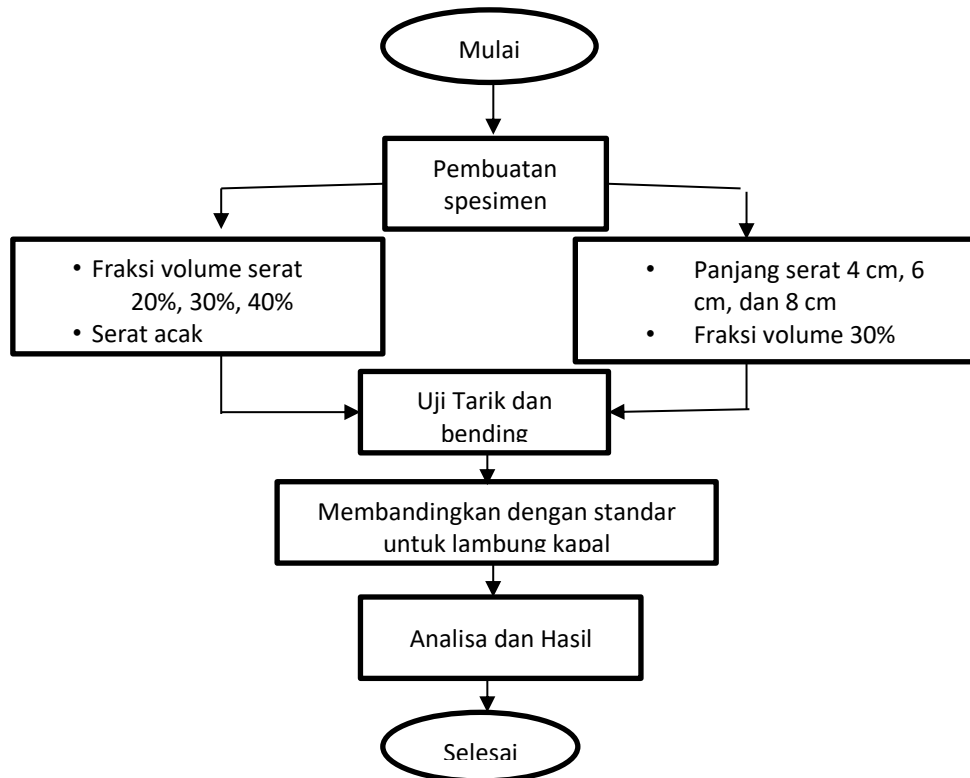
c. Persiapan serat dan pembuatan komposit

Serat TKKS sebelum diaplikasikan sebagai penguat pada komposit direndam terlebih dahulu pada larutan NaOH selama 2 jam. Selesai proses perendaman serat dikeringkan dibawah sinar matahari sampai kering. Setelah kering serat sudah siap diaplikasikan untuk penguat komposit.

Pembuatan komposit dibagi menjadi dua kelompok variasi yaitu:

1. Variasi fraksi volume
Komposit divariasikan fraksi volume seratnya yaitu: 20%, 30% dan 40%. dan panjang seratnya acak
2. Variasi Panjang serat
Variasi Panjang serat TKKS divariasikan antara 4 cm, 6 cm dan 8 cm. pada percobaan ini menggunakan fraksi volume serat dibanding resin 20%:80%.

Gambar 2 menunjukkan alur penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

d. Uji Tarik

Specimen diuji menggunakan universal testing machine (UTM) dengan dimensi spesimen sesuai dengan ASTM D3039 untuk mengetahui kekuatan tariknya. Pengujian dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, kemudian hasilnya dirata-rata. Data yang diambil dari pengujian ini adalah gaya maksimal yang digunakan untuk menarik benda sampai patah.

e. Uji bending

Uji bending adalah untuk mengetahui kekuatan bending suatu specimen. Alat yang digunakan adalah UTM dengan standar ASTM D7264. Data yang diambil dari pengujian ini adalah gaya maksimal untuk mematahkan specimen yang diuji bending. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dan hasilnya diambil rata-ratanya.

f. Standar Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

Biro Klasifikasi Indonesia adalah biro yang mengeluarkan standar untuk spesifikasi kapal. BKI menjadi biro klasifikasi ke empat setelah China, Jepang dan Korea. BKI membuat standar untuk kapal yang berbendera Indonesia atau kapal lasing yang kapal berbendera asing yang secara regular beroperasi di perairan Indonesia. BKI membuat standar untuk lambung kapal dengan memberi nilai minimal untuk tegangan Tarik dan kekuatan bending dari material yang akan digunakan menjadi lambung kapal. Adapun tegangan Tarik dan kekuatan bending yang sesuai dengan BKI adalah sebagai berikut [16]:

$$X_{min} = \alpha \left[X_{ref} \frac{\varphi}{0.4} \right]$$

Dengan:

α = factor laminasi

φ = fraksi volume serat

X_{ref} = nilai referensi untuk fraksi volume serat = 0.4

Tabel 3. Koefisien Untuk Menentukan Sifat Minimum

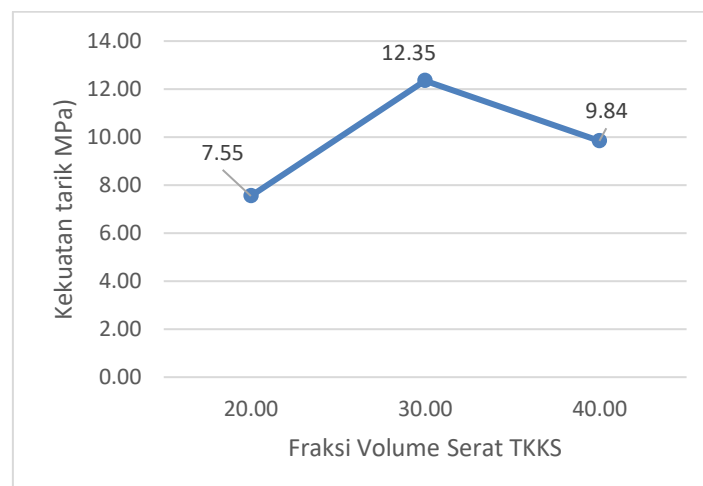
sifat	X_{ref} (MPa)	α			
		0°	0°/90°	0°/±45°	0°/90° /±45°
Kekuatan Tarik	500	1	0.55	0.5	0.45
Kekuatan Bending	650	1	0.55	0.45	0.4

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

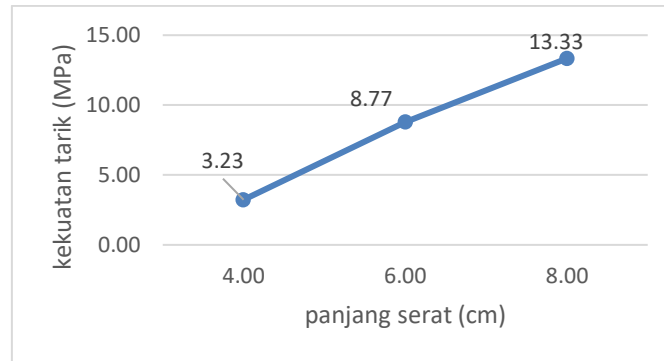
3.1. Kekuatan Tarik

Gambar 3 menunjukkan tegangan Tarik yang divariasikan dengan fraksi volume. Tegangan Tarik mengalami tren naik kemudian turun setelah mencapai nilai maksimalnya. Nilai maksimal didapat pada fraksi volume 30% serat TKKS yaitu 12,3 MPa. Sedangkan yang paling kecil adalah fraksi volume 20% yaitu 7,55 MPa. Peningkatan terjadi dari fraksi volume 20% ke fraksi volume 30% kemudian turun lagi di fraksi volume 40%. Peningkatan tegangan Tarik mencapai 63,6 persen dibandingkan dengan fraksi volume 20%. Sedangkan pada fraksi volume 40% mengalami penurunan 20,3% dibandingkan dengan fraksi volume 20%. Pengurangan beban kekuatan Tarik ini dipengaruhi oleh beban antara serat dan resin berkurang karena berkurangnya kandungan matrik dalam komposit [17].

Gambar 4 enunjukkan kekuatan Tarik yang divariasikan dengan Panjang serat. Kekuatan Tarik mengalami tren nilai yang naik pada penelitian ini, tertinggi terdapat pada komposit dengan Panjang serat 8 cm dengan kekuatan Tariknya 13.3 MPa, disusul oleh komposit dengan Panjang serat 6 cm dengan kekuatan Tarik 8.8 Mpa dan yang paling rendah adalah komposit dengan Panjang serat 4 cm dengan 3,22 Mpa. Peningkatan kekuatan ini sangat signifikan, pada komposit dengan Panjang 6 cm kekuatan tariknya meningkat 171,9% dibandingkan Panjang 4 cm, sedangkan komposit dengan Panjang serat 8 cm meingkat 313,2% dibandingkan dengan Panjang 4 cm. hal ini dikarenakan komposit mempunyai Panjang yang lebih sehingga ikatannya dan akumulasi ikatannya lebih baik dibanding yang lainnya[17]. Aspek rasio juga sangat berpengaruh, aspek rasio yaitu perbandingan antara Panjang serat dengan diameter serat[18]. Semakin besar aspek rasio maka tegangan tariknya juga semakin besar. Hal ini yang membuat Panjang serat 8 cm memiliki kekuatan Tarik tertinggi dibanding yang lainnya .



Gambar 3. Grafik Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat TKKS

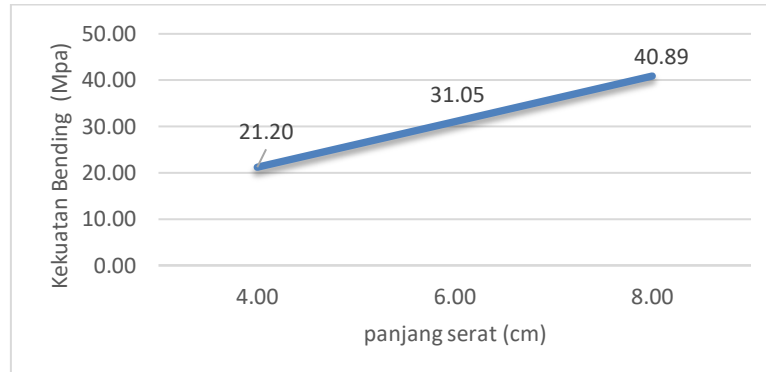


Gambar 4. Grafik pengaruh Panjang serat terhadap kekuatan Tarik komposit berpenguat serat TKKS

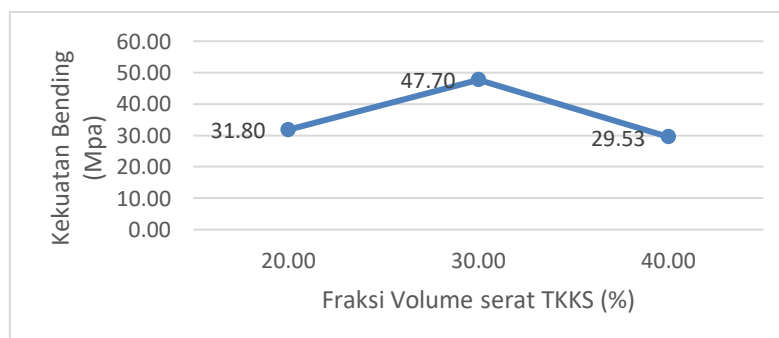
3.2. Bending

Gambar 5 menunjukkan sifat bending yang divariasikan dengan Panjang serat. kekuatan bending komposit naik dengan bertambahnya Panjang serat. Komposit dengan Panjang serat 8 cm memiliki kekuatan bending tertinggi yaitu 40,89 MPa, sedangkan paling rendah pada komposit dengan Panjang serat 4 cm yaitu 21,2 MPa. Kenaikan kekuatan bending juga terbilang signifikan yaitu 92, 86% dari 4 cm ke 8 cm atau rata 46,43% tiap naik 2 cm dari 4 cm ke 8 cm. hal ini sama dengan pada kekuatan Tarik komposit, dan penyebabnya pun sama yaitu transfer beban dan tegangan semakin merata dengan semakin panjangnya serat.

Gambar 6 menunjukkan kekuatan bending komposit yang divariasikan dengan fraksi volume serat. Sama halnya dengan kekuatan tariknya, fraksi volume 30% memiliki kekuatan bending yang tertinggi disbanding yang lainnya yaitu 47,7 MPa. namun yang terendah adalah dengan fraksi volume serat TKKS 30% dengan 29,57 MPa. Dari fraksi volume 20% ke 30% naik secara signifikan yaitu 305 dibandingkan dengan fraksi volume 20%. Akan tetapi turun lagi pada variasi fraksi volume 40% dengan penurunan 7,14% dibandingkan variasi fraksi volume 20%.



Gambar 5. Pengaruh Panjang serat terhadap kekuatan bending komposit berpenguat serat TKKS



Gambar 6. Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat TKKS

3.3. Perbandingan kekuatan Tarik dan Bending Komposit berpenguat TKKS dengan Standar BKI

Tabel 4 menunjukkan kekuatan Tarik dan bending yang divariasikan dengan fraksi volume kemudian dibandingkan dengan kekuatan Tarik minimum dan kekuatan bending minimum yang diijinkan oleh BKI. Terlihat bahwa pada variasi fraksi volume ini kekuatan bending dan kekuatan Tarik komposit berpenguat serat TKKS masih jauh dibandingkan dengan kekuatan Tarik dan bending minimum yang diijinkan.

Tabel 5 menunjukkan kekuatan Tarik dan bending komposit serat TKKS dengan variasi Panjang serat dan dibandingkan dengan kekuatan bending dan Tarik minimum yang diijinkan oleh BKI. Hal serupa juga terlihat bahwa komposit dengan penguat serat TKKS tidak bisa digunakan untuk bahan lambung kapal dikarenakan kekuatan Tarik dan bendingnya masih jauh dibandingkan dengan ketentuan.

Tabel 4. Kekuatan Tarik dan Bending Komposit dan Kekuatan Minimum Tarik dan Bending BKI Variasi Fraksi Volume

Fraksi Volume (%)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Kekuatan Tarik Minimal (Bki) (Mpa)	Kekuatan Bending Komposit (Mpa)	Kekuatan Bending Minimum (Mpa)
20%	7.55	125	31.80	162.5
30%	12.35	187.5	47.70	243.75
40%	9.84	250	29.53	325

Tabel 5. Kekuatan Tarik dan Bending Komposit dan Kekuatan Minimum Tarik dan Bending BKI Variasi Panjang Serat

Panjang Serat (Cm)	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Tarik Minimal (BKl) (MPa)	Kekuatan Bending Komposit (MPa)	Kekuatan Bending Minimum (MPa)
4	3.23	125	21.20	162.5
6	8.77	125	31.05	162.5
8	13.33	125	40.89	162.5

4. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa komposit serat tandan kosong kelapa sawit dengan variasi Panjang serat nilai kekuatan Tarik dan bendingnya naik dari Panjang serat 4 cm sampai 8 cm. Dan variasi fraksi volume yang memiliki kekuatan Tarik dan bending tertinggi adalah fraksi volume serat 30%.

Setelah dibandingkan antara kekuatan Tarik dan bending komposit berpenguat serat TKKS dengan kekuatan Tarik dan bending minimum yang ditetapkan oleh BKI maka komposit berpenguat TKKS tidak bisa diaplikasikan menjadi lambung kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Soemarmi, E. Indarti, A. Diamantina, J. Soedarto, and T. Semarang, "Konsep Negara Kepulauan Dalam Upaya Perlindungan Wilayah Pengelolaan Perikanan Indonesia," masalah-masalah hukum, Jilid 48, No. 3. 2019.
- [2]. J. Ilmu and K. Kepulauan, "Konsekuensi berlanjutnya illegal fishing bagi pelaku keamanan maritim dan masyarakat pesisir di Indonesia, dan pemberantasan IUU fishing Consequences of continuing illegal fishing for maritime security actors and coastal communities in Indonesia, and eradication of IUU fishing," vol. 4, no. 2, p. 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/kelautan>
- [3]. B. Ma'ruf Upt, B. Pengkajian, and P. Hidrodinamika, "Studi Standardisasi Konstruksi Laminasi Lambung Kapal Fiberglass A Study on Standardization of Fiberglass Ship's Hull Lamination Construction," Jurnal Standardisasi, Vol 13, No.1, 2011.
- [4]. T. Väisänen, O. Das, and L. Tomppo, "A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites," *Journal of Cleaner Production*, vol. 149. Elsevier Ltd, pp. 582–596, Apr. 15, 2017. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.132.
- [5]. Y. Wu, C. Xia, L. Cai, A. C. Garcia, and S. Q. Shi, "Development of natural fiber-reinforced composite with comparable mechanical properties and reduced energy consumption and

- environmental impacts for replacing automotive glass-fiber sheet molding compound,” *J Clean Prod*, vol. 184, pp. 92–100, May 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.257.
- [6]. A. Zulkarnain *et al.*, “Kekuatan Bending Pada Material Komposit Interior Kereta Api Dengan Metode Hand Lay-Up”.Proceeding seminar Nasional Teknologi, 2019
- [7]. F. Febriyanti *et al.*, “Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Bio-Char, Bio-Oil Dan Gas Dengan Metode Pirolisis Utilization of Empty Fruit Bunches Waste Into Bio-Char, Bio-Oil And Gases With Pyrolysis Method,” *Jurnal Chemurgy*, vol 03. No. 02 2019.
- [8]. M. Y. R. Siahaan and D. Darianto, “Karakteristik Koefisien Serap Suara Material Concrete Foam Dicampur Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Impedance Tube,” *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 85–93, Jun. 2020, doi: 10.31289/jmemme.v4i1.3823.
- [9]. O. : Sulaiman and A. Fauzan, “Pengaruh Temperatur Tekan Panas Papan Partikel Berbahan Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Kulit Kayu Pinus Terhadap Sifat Mekanik,” *Jurnal Momentum*, vol. 20, no. 2, 2018, doi: 10.21063/JM.2018.V20.2.128-132.
- [10]. A. Nurudin and W. Y. Atmodjo, “Karakterisasi Kekuatan Mekanik Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Kontinyu Laminat Dengan Perlakuan Alkali Bermatriks Polyester, Achmad As’ad Sonief 2),” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 3, pp. 209–217, 2011.
- [11]. F. Pakaya, J. Ch. Huwae, and Y. Nantan, “Karakterisasi Sifat Mekanik Komposit Termoset Poliester Tak Jenuh Berpenguat Serat Alam Sebagai Kandidat Material Lambung Kapal Perikanan,” *Jurnal Bluefin Fisheries*, vol. 2, no. 1, p. 37, 2020, doi: 10.15578/jbf.v2i1.62.
- [12]. B. A. Setyawan and A. Marasabessy, “Perancangan Awal Lambung Kapal Kepresidenan Dari Komposit Woven Kevlar-Rami-Polyester,” *Jurnal Teknologi*. vol. 14, no. 2, 2022.
- [13]. W. Iswidodo, A. Lungiding, and T. Prasetyo, “Pemanfaatan Serat Pelepah Kelapa dalam Pembuaan Komposit sebagai Bahan Lambung Kapal,” *Seminar Nasional TrenD* pp. 50–58, 2022.
- [14]. A. D. Aguilar *et al.*, “Characterization dataset of oil palm empty fruit bunch (OPEFB) fibers – Natural reinforcement/filler for materials development,” *Data Brief*, vol. 45, p. 108618, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.dib.2022.108618.
- [15]. M. Hofmann, A. T. Shahid, M. Machado, M. Garrido, J. C. Bordado, and J. R. Correia, “GFRP biocomposites produced with a novel high-performance bio-based unsaturated polyester resin,” *Compos Part A Appl Sci Manuf*, vol. 161, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.compositesa.2022.107098.
- [16]. BKI. Rules for the Classification and Construction: Part I: Seagoing Ships. Vol XIV: Rules for non metallic materials, 2014
- [17]. K. Sakthi Vadivel and P. Govindasamy, “Mechanical and water absorption properties of Acacia Arabica bark fiber/polyester composites: Effect of alkali treatment and fiber volume fraction,” in *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 46, pp. 2281–2287. doi: 10.1016/j.matpr.2021.04.057.
- [18]. E. Mahmuda, S. Savetlana, and D. Sugiyanto, “Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Dengan Matrik Epoxy,” *Jurnal FEMA*, Vol 1, No.3. Juli 2013.