

Pemanfaatan Serat Pelepah Kelapa Dalam Pembuatan Komposit Sebagai Bahan Lambung Kapal

Windra Iswidodo ^{*}), Anauta Lungiding A.R., dan Taufan Prasetyo

Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Negeri Madura, Sampang, 69213, Indonesia

^{*}) Corresponding author: iswidodo@poltera.ac.id

Abstract

Natural resources and environmental conservation is limited in used engineering construction, to develop fishing boats and ferry possible with fiber materials, so that the use of synthetic fiber which has an impact on environmental pollution can be avoided. There needs to be an alternative in the manufacture of fiber composites which is certainly environmentally friendly. This research will conduct a test where the natural fiber from coconut as a filler and resin as a matrix that will be used as an alternative material to replace synthetic fiber. The test method refers to ASTM D638-02 for tensile strength and ASTM D790-03 for the modulus of rupture of the material from the bending test. The results obtained in the highest tensile test with a sample thickness of 7 mm and 13 mm in the coconut fiber fraction of 30 percent which were affected by the drying rate and there were no cavities in the composite. Meanwhile, the MOR value shows that the more fiber fraction, which is 50 percent, increases the flexural strength of the composite which will also increase the value of the fracture modulus of the composite. The more coconut fibers mixed in the composite, the higher the flexibility of the composite. From the results of the mechanical analysis in this study, it is hoped that it can provide recommendations as a substitute for fiberglass and wood in the manufacture of fishing boats in the Madura.

Abstrak

Dalam dunia rancang bangun saat ini mengalami keterbatasan sumber daya alam dan pelestarian lingkungan hidup. Untuk kapal kecil dan kapal ferry dimungkinkan untuk mengembangkan fiber ini, agar pemakaian serat sintesis (serat kaca) yang berdampak pencemaran lingkungan dapat dihindari. Perlu adanya alternatif dalam pembuatan fiber komposit yang ramah lingkungan. Penelitian ini melakukan pengujian dimana serat alami pelepah kelapa sebagai filler dan resin sebagai matriks yang digunakan sebagai bahan alternatif pengganti serat sintesis. Metode pengujian mengacu pada ASTM D638-02 untuk kekuatan tarik dan ASTM D790-03 untuk modulus pecah (modulus of repture) material dari pengujian lengkung. Hasil yang didapat pada pengujian tarik tertinggi dengan ketebalan sampel 7 mm dan 13 mm pada fraksi serat pelepah kelapa 30 persen yang dipengaruhi oleh tingkat pengeringan dan tidak ada rongga pada komposit. Sedangkan nilai MOR menunjukkan fraksi serat yang semakin banyak yaitu 50 persen meningkatkan kekuatan lentur dari komposit yang juga akan meningkatkan nilai modulus pecah suau komposit. Semakin banyak serat pelepah kelapa yang dicampurkan dalam komposit, maka kelenturan komposit semakin tinggi. Dari hasil analisa mekanis pada penelitian ini diharapkan dapan memberikan rekomendasi sebagai material pengganti fiberglass dan kayu dalam pembuatan kapal ikan di wilayah Madura.

Kata kunci : Coconut fiber, Composites, Fishing boat, Mechanical properties

PENDAHULUAN

Material fiberglass masih menjadi pilihan utama untuk kapal-kapal nelayan, karena regulasi di Indonesia sudah tidak membenarkan penggunaan bahan baku kayu sebagai bahan dasar pembuatan kapal, sehingga material fiberglass menjadi pilihan utama selain aluminium dan baja. Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Republik Indonesia pada tahun 2016 membangun kapal perikanan sebanyak 3450 semuanya berbahan dasar fiberglass [1]. Fenomena ini berhadapan dengan ketersediaan material kayu sebagai bahan baku kapal nelayan yang semakin menipis menjadi masalah serius yang sedang dihadapi oleh pelaku pekerja galangan kapal tradisional di Madura. Material berbahan fiberglass adalah contoh material sintetis pengganti kayu untuk menggantikan kayu. Namun dengan adanya wacana rencana pelarangan penggunaan fiberglass saat ini menjadi salah satu pertimbangan untuk beralih pada penggunaan fiber yang ramah lingkungan. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam industri galangan kapal fiberglass telah mendorong peningkatan kualitas dalam proses produksi material komposit [6].

Material komposit dengan bahan penguat serat sintetis telah digunakan dalam berbagai aspek kehidupan, baik dari segi penggunaan maupun teknologinya. Permasalahan muncul akibat penggunaan serat sintetis, dimana penggunaan serat sintetis sebagai penguat komposit memiliki dampak negatif pada lingkungan karena limbahnya tidak dapat terurai secara alami dan dapat mengganggu hingga beberapa generasi [12]. Penggunaan serat alami sebagai penguat komposit merupakan langkah bijak, mengingat untuk serat alami dapat terurai secara alami dan banyak ragam serat alami yang tersedia misalnya serat goni, serat nanas-nanas, serat ijuk dan serat sabut kelapa. Pengembangan industri komposit di Indonesia dengan mencari bahan komposit alternatif yang lain harus digalakkan, guna menunjang permintaan komposit di Indonesia yang semakin besar. Selama ini perkembangan komposit di Indonesia masih diarahkan dengan bahan-bahan sumber daya alam non renewable.

Perlu adanya pengembangan bahan baku material penguat komposit yang ramah lingkungan. Bahan komposit dari serat alam banyak terdapat di Indonesia misalnya dengan pemanfaatan serat bambu, serat nanas, serat tebu, serat pisang, ijuk dsb. Bahan alternatif tersebut nantinya harus berorientasi pada harga yang murah, jumlah yang melimpah, kualitas yang tinggi serta ramah lingkungan. Serat pelepah kelapa adalah serat alami alternatif dalam pembuatan komposit, yang pemanfaatannya terus dikembangkan agar dihasilkan komposit yang lebih sempurna dikemudian hari. Serat kelapa ini mulai dilirik penggunaannya karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*) sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan yang mungkin timbul dari banyaknya serat kelapa yang tidak dimanfaatkan, serta tidak membahayakan kesehatan [2].

Pengembangan serat kelapa sebagai material komposit ini sangat menarik mengingat ketersediaan bahan baku di Indonesia cukup melimpah. Potensi produksi kelapa cukup melimpah di Indonesia. Sentral produksi kelapa Indonesia terdapat di daerah Sumatra, Jawa dan Sulawesi dengan luas 2,841 juta ha (76,5% dari areal total Indonesia [13]. Pohon kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan tanaman yang sangat produktif, dimana dari daun hingga akarnya dapat diolah menjadi produk teknologi maupun bahan bangunan atau keperluan sehari-hari sehingga pohon kelapa dijuluki sebagai “pohon kehidupan” (*The Tree of Life*) dan “pohon surge” (*A Heavenly Tree*). [2].

Fiberglass menggunakan serat kaca (*matte*) bisa menyebabkan gatal jika bersentuhan dengan kulit. Material ini terbuat dari bahan kimia dan serat kaca yang sukar terdegradasi secara alami. Pendaaur ulangan fiberglass secara mekanik akan menghasilkan gas CO dan debu yang berbahaya untuk kesehatan sehingga dibutuhkan bahan baku alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan. Salah satu jenis serat alam yang dapat digunakan adalah serat lontar.

Lontar (*Borassus Flabellifer*) adalah jenis palma yang bersifat serba guna yang populasinya banyak tersebar di Indonesia [1, 2].

Penelitian ini dititik beratkan untuk mengetahui kekuatan impact dan bending material sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Arah dan aplikasi dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan material baru yang merupakan campuran epoxy dengan serat pelepah kelapa sehingga diharapkan dapat bermanfaat sebagai alternatif untuk pembuatan lambung kapal ikan berbahan fiber di wilayah pesisir Madura. Kapal ikan yang digunakan di wilayah Madura sebagian besar masih menggunakan material kayu, sedangkan jumlah permintaan kapal penangkap ikan yang dikerjakan pada galangan kapal tradisional di Madura semakin meningkat. Sesuai dengan peraturan pemerintah dalam hal pembatasan pembangunan kapal ikan berbahan kayu pada tahun 2016, maka penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi terhadap anjuran pemerintah dengan memanfaatkan serat alami untuk proses pembangunan kapal ikan di wilayah Madura. Pembangunan kapal ikan bahan fiberglass telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. State of the art dari usulan penelitian ini adalah pemanfaatan serat pelepah kepala untuk pembangunan kapal ikan. Studi pustaka dilakukan terhadap beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan berhubungan dengan pembangunan kapal fiberglass, material komposit serat alam, dan laminasi multiaxial yang dijadikan acuan pada usulan pelaksanaan penelitian ini dengan uraian berikut ini untuk melengkapi kajian pustaka penelitian.

Menurut Pardi pada kajian yang dilakukan adalah proses pembangunan kapal berbahan fiberglass dengan material resin, serat glass (matt), woven roving (WR), katalis dan tepung aerosil (talc). Proses laminasi dilakukan menggunakan material cetakan diberi mirorglass untuk mempermudah pelepasan hasil cetakan. Pada Penelitian yang dilakukan membahas tentang cara fabrikasi kapal fiberglass yang efektif dengan ukuran utama sebagai berikut : $L_{pp} = 7,798m$, $B = 1,575m$, $H = 0,678m$, $T = 0,4m$ dan $C_b = 0,449$. Sementara gambar desain yang digunakan untuk fabrikasi adalah gambar rencana garis (lines plan) dan gambar rencana umum (general arrangement). Langkah awal proses fabrikasi adalah membuat cetakan positif menggunakan material kayu dan multiplek. Ketersediaan material kayu sebagai bahan baku kapal nelayan saat ini semakin menipis menjadi masalah serius yang sedang dihadapi oleh pelaku pekerja galangan kapal tradisional [3].

Pemodelan metode elemen hingga yang dilakukan pada pengaruh arah serat terhadap defleksi, dan kriteria kegagalan Tsai-Hill pada tiap lapisan kulit lambung saat menerima beban tekanan. Diperoleh hasil bahwa dari keseluruhan variasi yang diujikan pada orientasi serat 45 derajat memiliki defleksi terkecil pada semua posisi lambung. bagian topside dan dek, laminasi dengan arah orientasi serat 30 memiliki factor keamanan paling baik [4]. Untuk kapal yang terbuat dari fiber sendiri, BKI sudah mengatur dalam Volume V Rules For Fibreglass Reinforced Plastic Ships 2016 Edition 2. standart yang di tetapkan untuk kapal fiber, dan salah satunya adalah standart kekuatan tarik pada kapal tersebut [5].

METODE PENELITIAN

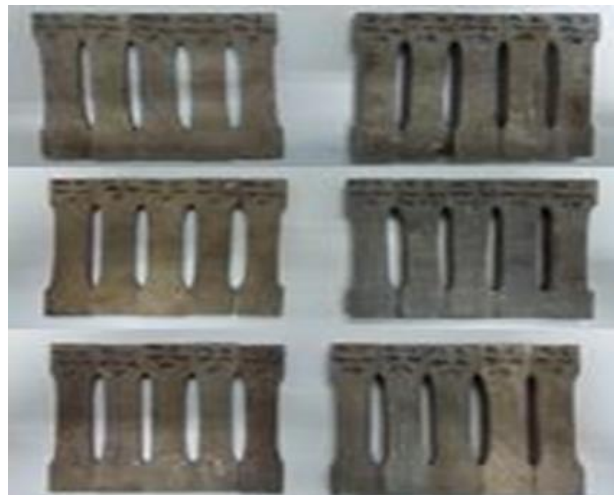
Umumnya perahu kecil atau perahu nelayan di wilayah Madura digunakan sebagai sarana transportasi laut dan sarana penangkapan ikan masih menggunakan kayu sebagai bahan utama pembuatannya. Fenomena ini berkaitan dengan ketersediaan bahan kayu sebagai bahan baku kapal penangkap ikan yang semakin menipis menjadi masalah serius. Penelitian dilakukan pada komposit resin dengan menggunakan material serat kelapa. Sebelumnya serat diberi perlakuan, yaitu direndam dalam larutan Alkali NaOH sebanyak 5% per 1 liter aquades dengan waktu perendaman 3 jam guna memperbaiki sifat adhesif material. Spesimen dicetak dengan metode hand lay up. Hasil cetakan berupa spesimen uji dilakukan pengujian mekanik berupa uji tarik dan uji bending (MOR) [6,7].

Pada penelitian ini perbandingan fraksi volume serat kelapa terhadap resin epoxy divariasikan dengan perbandingan serat 10%, 50% dan 70% serat. Desain spesimen uji komposit serat kelapa dibuat berdasarkan standar ASTM D790 untuk pengujian bending dan standar ASTM D256 untuk pengujian impact seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2 berikut [8,9]. Tahap awal penelitian ini adalah pembuatan komposit serat pelepah kelap yang dicampur oleh katalis, fraksi serat yang digunakan pada penelitian ini adalah perbandingan resin dengan serat menggunakan tiga variasi yaitu 90:10, 70:30, dan 50:50. Dimana penggunaan variasi fraksi serat didasari pada eksperimen percobaan yang mengacu pada volume resin untuk mengikat serat pelepah kelapa. Pembuatan komposit untuk specimen uji diawali dari pengambilan serat pelepah kelapa dan kemudia di cuci dan direndam pada larutan NaOH untuk mengurangi kadar air pada serat pelepah kelapa. Kemudian dilanjutkan dengan penuangan resin untuk membuat komposit yang didiamkan sekitar 1 jam agar komposit serat pelepah kelapa mengeras karena pengaruh katalis. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen. Pembuatan komposit dengan bahan serat pelepah kelapa sebagai matrik dan resin sebagai pengikatnya. Bahan polimer pada penelitian ini yang digunakan yaitu poliester BQTN 268 Yukalac.

Pengujian tarik (tensile test) adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada kedua ujungnya dimana gaya tarik yang diberikan sebesar P (Newton atau kg gaya). Penentuan nilai kekuatan Tarik pada penelitian ini dilakukan mengacu pada ASTM D638-02, tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji. Pertambahan panjang (Δl) yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi. Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam. Tegangan tarik σ , adalah gaya yang diaplikasikan, F, dibagi dengan luas penampang A yaitu:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Berikut ini merupakan spesimen uji tarik sesuai dengan ASTM D638-02 dengan dimensi panjang 30 mm, dan tebal yang digunakan sesuai dengan ketebalan lambung kapal kayu yaitu 7 mm dan 13 mm.



Gambar 1. Spesimen uji Tarik ASTM D638-02

Pengujian modulus pecah (modulus of rupture, MOR) digunakan pengujian lengkung sesuai dengan ASTM 790-03 Pada penelitian ini menggunakan Three Point Bending Test Modulus pecah (modulus of rupture, MOR) menjadi pengukuran yang umum dari kekuatan lengkung papan komposit. MOR adalah tegangan lengkung puncak dari suatu bahan dalam lendutan (flexure) atau lengkungan (bending), dan sering digunakan untuk membandingkan satu

bahan dengan yang lain. Dimana σ Kekuatan Bending (MPa), Beban (N), b Lebar (mm) dan d Tebal (mm)

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (2)$$

Berikut ini merupak contoh specimen uji lengkung untuk menegtahui modulus pecah (modulus of rupture, MOR)



Gambar 2. Spesimen uji MOR sesuai ASTM D790-03

HASIL DAN PEMBAHASAN

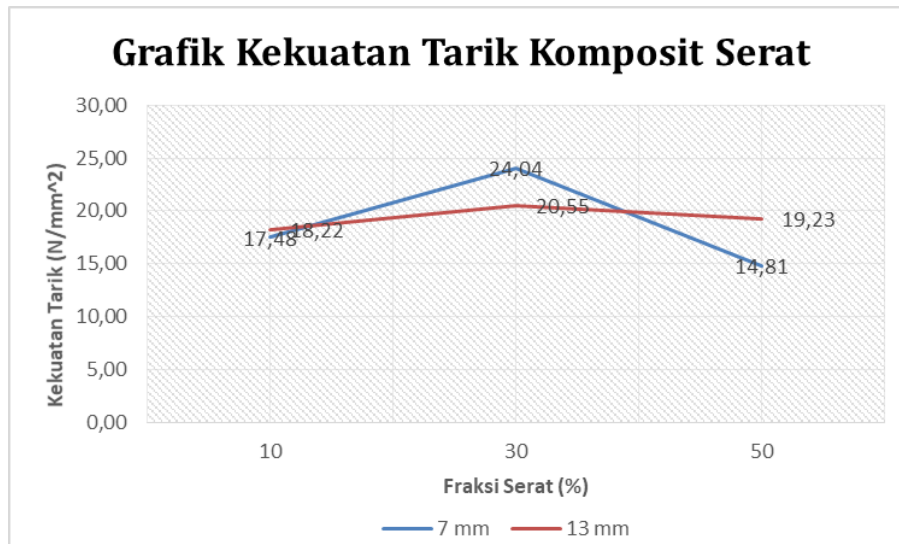
Kekuatan Tarik

Untuk mengetahui kekuatan tarik dari sampel dilakukan dengan menarik sampel dengan beban tertentu dalam satuan newton gaya sampai sampel putus. Tabel 1 menunjukkan hasil kekuatan tarik pada komposit serat pelapah kelapa dimana tebal dari specimen adalah 7 mm untuk bagian lambung kapal dan 13 mm untuk area alas kapal. Pada pengujian ini fraksi serat yang diuji adalah 10 persen, 30 persen dan 50 persen dari perbandingan resin dengan serat pelapah kelapa.

Tabel 1. Kekuatan Tarik Komposit Serat Pelapah Kelapa

Tebal Spesimen	Fraksi Serat (%)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
7	10	17,48
	30	24,04
	50	14,81
13	10	18,22
	30	20,55
	50	19,23

Dari Tabel 1 dapat dilihat nilai rata-rata dari lima specimen uji pada setiap tebal dan prosentase fraksi serat pelapah kelapa yang dilakukan pengujian tarik berdasarkan ASTM D638-02. Dalam penyajian hasil uji seperti pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Kekuatan tarik setiap komposisi serat

Hasil kekuatan tarik pada perbandingan grafik nilai kekuatan tarik dalam newton per millimeter persegi pada setiap fraksi serat dan tebal specimen yang diuji, pada Gambar 3 menunjukkan nilai kekuatan tarik pada tebal specimen 7 mm yang memiliki nilai terendah 14,81 N/mm² pada fraksi serat 50 persen. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi serat yang sama dengan prosentasi resin memiliki nilai kekuatan tarik yang kurang baik, nilai ini dipengaruhi oleh komposisi serat yang lebih banyak dapat menimbulkan rongga pada specimen yang menyebabkan nilai kekuatan tariknya paling rendah dibandingkan fraksi serat yang lain. Sedangkan pada fraksi serat 30 persen memiliki nilai kekuatan tarik yang paling besar pada 24,04 N/mm². Begitupula pada ketebalan specimen 13 mm memiliki karakteristik hasil uji yang mirip, dimana nilai kekuatan tarik paling besar pada fraksi serat 30 persen, tetapi nilai kekuatan tarik terendah pada fraksi serat 10 persen yaitu 18,22 N/mm² dimana nilai ini dapat dipengaruhi oleh susunan serat yang acak sehingga menimbulkan kepadatan serat yang kurang sempurna.

Hasil kekuatan tarik menunjukkan bahwa pada serat pelepah kelapa yang lebih banyak belum tentu memberikan kekuatan tarik yang lebih besar. Hal ini menunjukkan pada perbandingan resin dan serat dapat terdistribusi dengan baik dan merata pada waktu proses pembuatan komposit pada fraksi serat 30 persen, sehingga ikatan antara serat pelepah kelapa dengan matriksnya dapat berlangsung dengan sempurna. Hal inilah yang secara langsung dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit berpenguat serat pelepah kelapa tersebut.

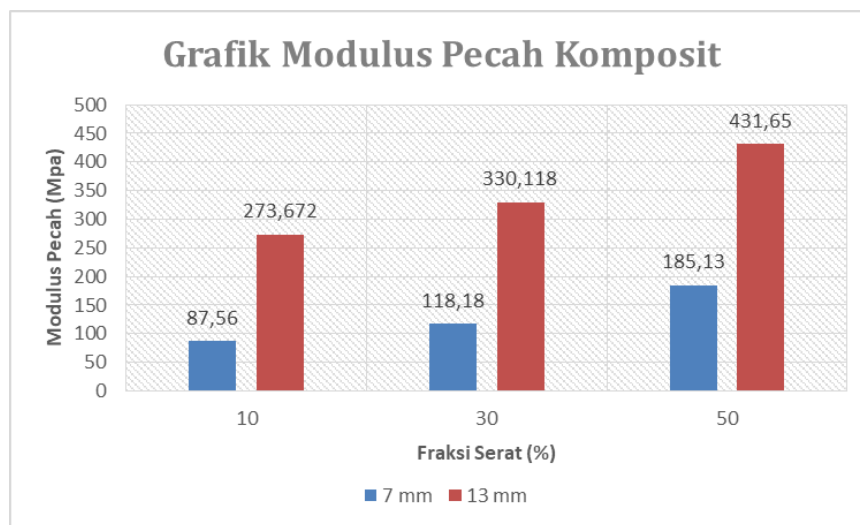
Modulus Retak (MOR)

Pengujian bending dilakukan pada tiga variasi komposisi perbandingan campuran resin dan serat pelepah kelapa yaitu 10 persen, 30 persen, dan 50 persen, selanjutnya terdapat dua variasi ketebalan sampel dan masing-masing variasi terdiri dari tiga specimen untuk mengetahui nilai modulus. Modulus pecah yang terjadi pada specimen uji (modulus of rupture, MOR) menjadi pengukuran yang umum dari kekuatan lengkung komposit. Modulus pecah komposit pada penelitian ini diperoleh nilai antara 87,56 MPa hingga 431,65 mPa pada seluruh variasi ketebalan dan fraksi serat sampel. Pengujian bending yang dilakukan untuk mengetahui *modulus of rupture* (MOR) mengacu pada ASTM D790-03. Tabel 2 berikut ini menunjukkan hasil MOR pada komposit serat pelepah kelapa.

Tabel 2. Modulus Pecah Komposit Serat Pelepah Kelapa

Tebal Spesime n	Fraksi Serat (%)	MOR (Mpa)
7	10	87,56
	30	118,18
	50	185,13
13	10	273,672
	30	330,118
	50	431,65

Dari Tabel 2 dapat dilihat nilai rata-rata dari tiga sampel uji pada setiap tebal dan prosentase fraksi serat pelapah kelapa yang dilakukan pengujian tarik berdasarkan ASTM D790-03. Gambar 4 terlihat bahwa grafik tegangan bending mengalami kenaikan tegangan dikarenakan adanya penambahan serat. Grafik tersebut menjelaskan semakin tinggi fraksi serat pelepah kelapa, maka tegangan bendingnya semakin tinggi. Hal ini ditunjukkan pada dua variasi tebal sampel pada fraksi volume 10 persen mempunyai modulus pecah 87,56 Mpa lebih kecil dibanding fraksi volume 50 persen yang sebesar 185,13 Mpa. Dari hasil diatas menunjukkan bila serat semakin banyak serat maka nilai modulus pecah semakin tinggi.



Gambar 4. MOR setiap komposisi serat

Dari hasil pengujian modulus pecah terhadap bahan komposit yang dilakukan berdasarkan ASTM D790-03 diketahui bahwa semakin banyak serat pelepah kelapa yang tercampur dalam komposit maka akan mempunyai nilai modulus pecah yang semakin tinggi. Nilai modulus pecah ini menunjukkan bahwa adanya serat pelepah kelapa atau matriks di dalam komposit membantu resin dalam menahan adanya beban lentur yang diterima. Dengan jumlah volume serat yang banyak dan kondisi serat yang kaku akibat perlakuan alkalin (NaOH) membuat serat sulit untuk diatur atau diluruskan saat diletakkan di print. Mekanisme penarikan terjadi ketika ikatan antara resin epoksi dan serat melemah ketika beban yang diterapkan meningkat. Ketika resin poliester gagal, serat masih dapat menanggung beban, sehingga proses patah tidak berlangsung secara bersamaan [10].

KESIMPULAN

Dari hasil-hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian tarik ASTM D638-02 terhadap bahan komposit berpenguat serat pelepah kelapa dengan fraksi serat lebih banyak belum tentu memberikan kekuatan tarik yang lebih besar. perbandingan resin dan serat dapat terdistribusi dengan baik dan merata pada waktu proses pembuatan komposit pada fraksi serat 30 persen karena memiliki nilai tertinggi pada dua varia tebal sampel, sehingga ikatan antara serat pelepah kelapa dengan matriksnya dapat berlangsung dengan sempurna. Hal inilah yang secara langsung dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit berpenguat serat pelepah kelapa tersebut. Kemudian, pengujian bending berdasarkan ASTM D790-03 diketahui bahwa penambahan komposit atau serat pelepah kelapa akan meningkatkan kekuatan lentur dari komposit yang juga akan meningkatkan nilai modulus pecah suau komposit. Semakin banyak serat pelepah kelapa yang dicampurkan dalam komposit, maka kelenturan komposit semakin tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi yang telah memberikan dukungan dana memalu skim Penelitian Dosen Pemula tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Marzuki, A. Zubayadi, and B. Ma'ruf, "Kajian Penerapan Aturan Klasifikasi Pada Laminasi Struktur Konstruksi Lambung Kapal Ikan Fiberglass 3 GT," *Jurnal Wave*, vol. 11, no. 1, pp. 15-22, 2017.
- [2] K. G. Satyanarayana, C. K. S. Pillai, K. Sukumaran, and S. G. K. Pillai, "Structure Property Studies of Fibers from Various Parts of the Coconut Tree," *Journal of Materials Science*, vol. 17, pp. 2453-2462, 2010.
- [3] A. Pardi, "Fabrikasi Kapal Fiberglass Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Kapal Kayu Untuk Meningkatkan Produktifitas Nelayan Di Perairan Bengkalis," *KAPAL*, vol. 14, no. 2, 2017.
- [4] A. Z. Syahrial and N. Huda, "Studi Pengaruh Orientasi Serat Komposit FRP Terhadap Kekuatan Lambung Kapal Menggunakan Metode Elemen Hingga," in *Seminar Nasional Cendekiawan*, 2018.
- [5] BKI, *Fibreglass Reinforced Plastics Ships, Rules and Regulation for the Classification and Construction of Ships*, Biro Klasifikasi Indonesia, 2006.
- [6] A. H. Siregar, B. A. Setyawan, and A. Marasabessy, "Komposit Fiber Reinforced Plastic Sebagai Material Bodi Kapal Berbasis Fiberglass Tahan Api," *Bina Teknika*, vol. 12, no. 2, pp. 261-266, 2016.
- [7] K. Diharjo, "Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 8-13, 2006.
- [8] M. Rahman, B. Riyanta, and K. Diharjo, "Pengaruh Fraksi Volume Sera dan Lama Perendaman Alkali terhadap Kekuatan Impak Komposit Serat Aren Polyester," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol. 14, no. 1, pp. 26-32, 2011.

- [9] ASTM D-638-02 Standard test method for tensile properties of plastics, Philadelphia: American Society for Testing and Material, 2002.
- [10] ASTM D790 - 03. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, Philadelphia: American Society for Testing and Material, 2002.
- [11] K. O. Reddy, C. U. Maheswari, A. V. Rajulu, and B. R. Guduri, "Thermal Degradation Parameters and Tensile Properties of Borassus flabellifer Fruit Fiber Reinforcement," *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 2011.
- [12] Siscawati, *Menuju Industri Fiberglass Plastik Berwawasan Lingkungan (Studi Kasus PT. Gunung Putri Graha Mas)*, 1999.
- [13] Direktorat Jendral Perkebunan, *Statistik Perkebunan Indonesia*, Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020.