*Tersedia online di:**https://jurnal.kkp.go.id/jbf/en/issue***

Jurnal Bluefin Fisheries, 5 (1), 2023, App. 62 - 73

Sifat Mekanik Komposit Epoksi dan Poliester Tak Jenuh Sebagai Kandidat Material Pelapis Lambung Kapal Ikan

Joshua Ch. Huwae, Marinus S. Tappy, Raman Simanjuntak, Fahriadi Pakaya*, Yurika Nantan, Wasum

Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung, Jl. Tandurusa, Aertembaga Dua, Aertembaga, Kota Bitung, Sulawesi Utara
**Corresponding Author. E-mail : fahriadi.pakaya@kkp.go.id*

Abstrak

Bitung merupakan salah satu kota penghasil ikan yang memiliki ribuan kapal penangkap ikan. Sebagian besar pemilik kapal berbahan dasar kayu di Kota Bitung melapisi lambung kapal kayu menggunakan material komposit *Fiberglass Reinforced Polyester* (FRP) dan lainnya menggunakan *Sand Particle Reinforced Epoxy* (PRE) dengan tujuan untuk melindungi lambung kapal tersebut. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kualitas mekanik dari material komposit FRP dan PRE berdasarkan uji tarik dan kekerasan sebelum digunakan untuk melapisi kayu. Metode penelitian bersifat eksperimental dimana untuk material FRP, matriks poliester tak jenuh akan dilapisi dengan 0, 1, 2, 3, dan 4 lapis *fiberglass*. Pada material PRE, matriks epoksi dicampurkan dengan pasir dengan jumlah kadar 0, 5, 10, 15, dan 20%wt. Hasil pengujian menunjukkan nilai tegangan tarik dan elongasi putus tertinggi untuk material FRP dengan jumlah lapisan 3 lapis (194,2 MPa dan 5,46%) sedangkan pada material komposit PRE dengan penambahan partikel pasir sebanyak 20%wt (16 MPa) dan 10%wt (1,50%). Untuk uji kekerasan tertinggi pada material FRP pada 4 lapis (81,9 HD) dan material komposit PRE pada 20%wt (85,3 HD). Berdasarkan data disimpulkan bahwa material komposit FRP dengan jumlah lapisan minimal 2 lapis direkomendasikan untuk dijadikan material komposit pembuatan kapal karena telah memenuhi standar BKI (> 85 MPa).

Kata Kunci: epoksi; *fiberglass*; komposit; pasir; poliester

Abstract

Bitung is one of the fish-producing cities that has thousands of fishing vessel. Most of the wooden vessel owners in Bitung City coat the hull using Fiberglass Reinforced Polyester (FRP) as a composite material and others use Sand Particle Reinforced Epoxy (PRE). The research aims to determine the mechanical quality of FRP and PRE as a composite materials based on tensile and hardness tests before used to coating wooden vessel hulls. The research method is experimental in which for FRP material, the unsaturated polyester matrix will be coated with 0, 1, 2, 3, and 4 layers of fiberglass. The PRE material, epoxy matrix was mixed with sand at 0, 5,

10, 15, and 20%wt sand content. The result is highest tensile stress and elongation break values obtained by FRP material at 3 layers (194.2 MPa and 5.46%) while for PRE material with the addition of sand particles as much as 20%wt (16 MPa) and 10%wt (1.50%). The highest hardness test results in FRP material at 4 layers (81.9 HD) and PRE material at 20%wt (85.3 HD). Conclusion is the FRP composite materials with a minimum number of layers of two are recommended to be used as a shipbuilding composite material because comply with BKI standards (>85 MPa).

Keywords*: epoxy; fiberglass; composite; sand; polyester*

1. Pendahuluan

Bitung merupakan salah satu kotamadya yang berada di wilayah Provinsi Sulawesi Utara, dimana Kota Bitung merupakan sentra industrinya. Lokasi ini memiliki infrastruktur yang mendukung pekerjaan bongkar muat dari Kota Bitung ke Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Bitung (Kusumaningrum et al., 2021). Sebagai salah satu kota penghasil ikan, kota Bitung juga memiliki jumlah kapal perikanan yang sangat banyak. Berdasarkan data Statistik PPS Bitung, jumlah total kapal penangkap ikan tahun 2019 sebanyak 1.074 buah kapal.

Kapal penangkap ikan di Kota Bitung sebagian besar berstruktur bangunan kayu yang dilapisi oleh material komposit Fiberglass Reinforced Polyester (FRP) dan meyakini bahwa pelapisan lambung kapal menggunakan FRP dianggap mampu meningkatkan ketahanan lambung kapal terhadap benturan maupun kerusakan akibat air laut. Beberapa pemilik kapal lainnya memilih menggunakan Sand Particle Reinforced Epoxy (PRE) sebagai material pelapis pada lambung kapal kayu dan beranggapan bahwa PRE memiliki sifat yang lebih baik dibandingkan FRP dalam melindungi lambung kapal kayu. Epoksi merupakan salah satu material thermoset yang bersifat non-water soluble (Starokadomsky et al., 2020). Penggunaan pasir sebagai penguat komposit epoksi karena komposit polimer berpenguat pasir biayanya rendah dan proses pembuatannya lebih mudah

dibandingkan dengan komposit berserat dan laminasi (Daramola, 2016).

Banyak penelitian terdahulu yang telah dilakukan tentang Poliester berpenguat fiberglass maupun matriks epoksi berpenguat partikel pasir. Oerbandono dkk dalam penelitian mereka tentang kekuatan tarik reinforced fiber panel komposit menjelaskan bahwa variasi kekencangan mula 20 N pada serat mampu meningkatkan kekuatan tarik komposit. Kekuatan tarik komposit tertinggi yang diperoleh sebesar 367,02 MPa (Oerbandono et al., 2014). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Gumilar, menjelaskan bahwa pemberian one direction pre-tension dengan perlakuan 200 N pada material komposit mampu meningkatkan kekuatan tarik menjadi sebesar 106,05 MPa (Gumilar et al., 2017). Wazery dkk dalam penelitian mereka mengenai sifat mekanik Fiberglass Reinforced Polyester Composite menjelaskan bahwa kekuatan tarik meningkat dengan semakin banyak lapisan fiberglass yang dicampurkan. Nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 78,83 MPa (60%wt Fiberglass) (EL-Wazery et al., 2017). Alamsyah dkk telah melakukan penelitian tentang FRP sebagai bahan gading kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelangkaan bahan dasar konstruksi gading kapal kayu dapat diatasi dengan menggunakan bahan FRP pengganti kayu (Alam et al., 2021). Correia dkk dalam penelitian mereka tentang durability GFRP untuk aplikasi teknik sipil diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada 370 – 420 MPa (Correia & Cabral-Fonseca, 2005).

Penelitian tentang PRE juga telah banyak dilakukan, Gang Sui dkk dalam penelitian mereka yang menggunakan material komposit Natural Sand Particle Reinforced Epoxy diperoleh data bahwa penambahan partikel pasir dapat meningkatkan kekuatan bending material. Kekuatan bending epoksi sebesar 150 MPa dan mengalami peningkatan pada komposit epoksi/pasir menjadi sebesar 160,8

MPa (Sui et al., 2007). Berdasarkan kajian pustaka tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk menguji perbedaan material FRP dan PRE dari sisi kekuatan tarik dan kekerasan material dengan berbagai perbandingan komposisi reinforced.

2. Bahan Dan Metode

Material yang digunakan pada penelitian ini berupa resin poliester tak jenuh tipe Yukalac 157 BQTN-EX, katalis menggunakan *Methyl Ethyl Ketode Peroxide* (MEKP), *fiberglass* menggunakan 2 jenis yakni *mat E-Glass* 300 dan *roving*, sedangkan untuk lem epoksi *non*-SAG yang digunakan merupakan lem epoksi tipe DGEBA (*Diglycidyl Ether Bisphenol* A) dan *hardener* jenis *poliaminoamida*. Jenis pasir yang digunakan merupakan pasir *silica* hitam yang diperoleh dari Kota Bitung.

2.1. *Preparasi Komposit Fiberglass Reinforced Polyester* (FRP)

Komposit FRP terbuat dari campuran resin poliester tak jenuh ditambahkan 1%wt katalis MEKP kemudian ditambahkan *fiberglass* tipe *mat* dan *roving* dengan perbandingan 0, 1, 2, 3, dan 4 lapis serat. Untuk 1 lapis terdiri dari serat *mat*, 2 lapis terdiri dari serat *mat* dan serat *roving*, 3 lapis terdiri dari 2 serat *mat* dan 1 serat *roving*, serta 4 lapis yang terdiri dari 2 lapis serat *mat* dan 2 lapis serat *roving*. Ukuran untuk lembaran komposit adalah 1 x 1 m^2, kemudian setelah melalui proses *curing* di potong dengan ukuran spesimen tarik sesuai standar ASTM D3039.

2.2. *Preparasi Komposit Sand Particle Reinforced Epoxy* (PRE)

Komposit PRE terbuat dari campuran resin epoksi A dan B dengan perbandingan 1:1 kemudian ditambahkan pasir silika hitam (40 – 60 *mesh*) dengan perbandingan kadar pasir sebesar 0, 5, 10, 15, dan 20 wt%. Spesimen dibuat dengan ukuran 50 x 50 cm^2 kemudian setelah *curing* dilanjutkan dengan pemotongan spesimen sesuai dengan standar spesimen tarik berdasarkan ASTM D 3039

2.3. Karakterisasi Mikroskop Digital

Spesimen yang telah *curing* dan melalui proses *finishing*, diamati dan didokumentasikan menggunakan

Mikroskop Digital 1600x USB PC Windows.

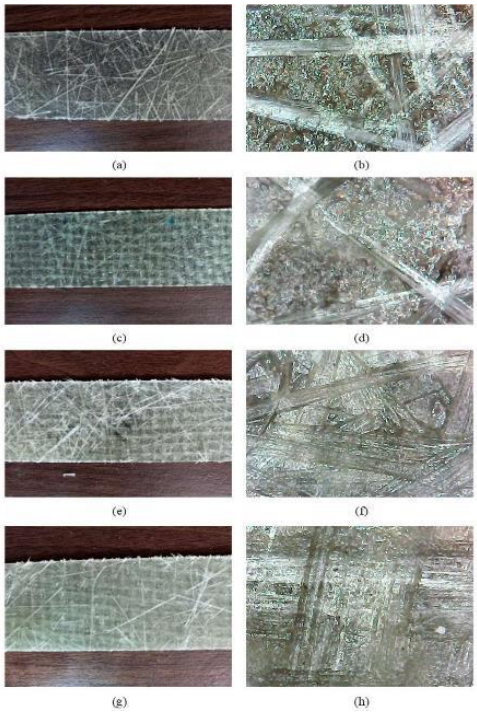
2.4. Pengujian Mekanik

Pengujian mekanik yang dilakukan berupa pengujian tarik dan kekerasan. Pengujian tarik untuk spesimen FRP dan PRE menggunakan standar pengujian ASTM D 3039 M dengan mesin uji tarik berupa *Universal Testing Machine* (UTM) tipe Zwick/Roell Z100 dengan beban maksimum 100 KN. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 2240 tentang "*Standard Test Method for Rubber Property – Durometer Hardness*" dengan menggunakan alat uji *Durometer Shore-D Hardness test*.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Morfologi

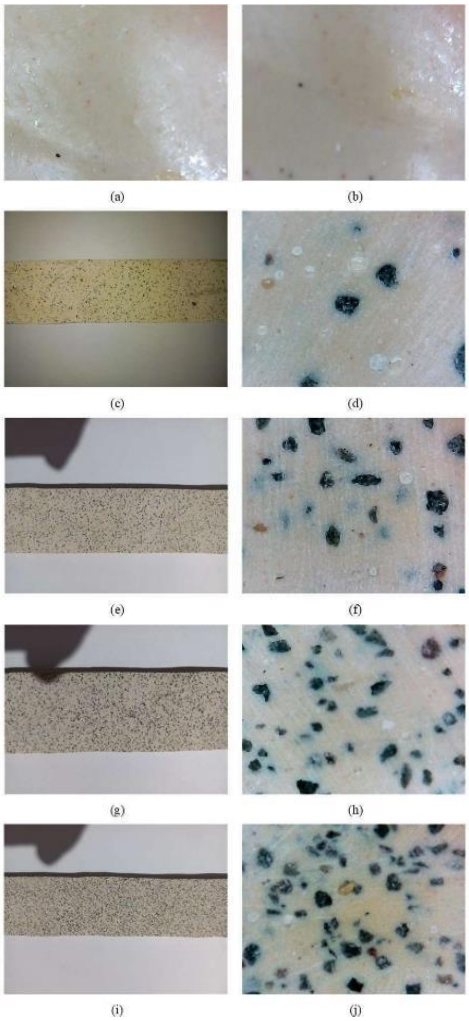
Morfologi dari material komposit FRP dan PRE secara berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. *Morfologi* komposit *fiberglass reinforced polyester* (FRP) pada: (a) dan (b) 1 (satu) lapis serat *mat*, (c) dan (d) 2 (dua) lapis; 1 lapis serat *mat* dan 1 lapis serat *roving*, (e) dan (f) 3 (tiga) lapis; 2 lapis serat *mat* dan 1 lapis serat *roving*, dan (g) dan (h) 4 (empat) lapis; 2 lapis serat *mat* dan 2 lapis serat *roving*

2 serat yakni *mat* dan *roving* saling tindih sehingga kita dapat melihat anyaman serat di sela-sela serat acak/random. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, spesimen pada Gambar 1 (e) dan (f) memiliki nilai kekuatan tarik dan elongasi saat putus paling tinggi karena memiliki rasio matriks-*reinforced* paling optimal.

Karakterisasi *morfologi* juga dilakukan pada komposit *Sand Particle Reinforced Epoxy* (PRE). Morfologi dan bentuk ikatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Morfologi* komposit *sand particle reinforced epoxy* (PRE) dengan persentase kandungan pasir sebagai berikut (a) dan (b) 0% wt pasir, (c) dan (d) 5% wt pasir, (e) dan (f) 10% wt pasir, (g) dan (h) 15% wt pasir, (i) dan (j) 20% wt pasir.

Berdasarkan Gambar 2 dapat diamati bahwa secara morfologi, penambahan jumlah kadar pasir ditandai dengan semakin banyaknya pasir pada permukaan komposit. Dari Gambar 2 juga dapat dilihat bahwa pencampuran pasir dan epoksi telah bersifat uniform dan merata ke seluruh bagian komposit. Pemerataan komposisi pasir dan epoksi menjadi faktor utama validitas dan reliabilitas data hasil pengujian.

3.2. Uji Tarik

Kekuatan tarik merupakan tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah material ketika diregangkan atau ditarik, sebelum patah. Pada penelitian dilakukan pengujian tarik pada material komposit *Fiberglass Reinforced Polyester* (FRP) dan komposit *Sand Particle Reinforced Epoxy* (PRE). Data uji tarik komposit FRP diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Tarik FRP

Jumlah Lapisan	Tegangan (MPa)	Regangan (%)
0	15,77*	-
1	61,72	3,06
2	170	4,82
3	194,2	5,46
4	151,6	4,3

***** diperoleh dari referensi hasil penelitian sebelumnya (Pakaya et al., 2020)

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat nilai maksimum kekuatan tarik pada komposit FRP dengan jumlah lapisan sebanyak 3, yang terdiri dari 2 lapisan *fiberglass* jenis *mat* dan 1 lapisan *fiberglass* jenis *roving*. Peningkatan kekuatan tarik komposit pada 3 lapis disebabkan beberapa faktor utama yakni rasio antara matriks dan *reinforced* berada pada titik optimal sehingga dengan ketebalan yang minimal, mampu meningkatkan kekuatan tarik. Selain itu, penggabungan antara serat *fiberglass* tipe *mat* yang bersifat acak/random dan *roving* yang bersifat anyaman seperti pada Gambar 1 (e) dan (f) meningkatkan kekuatan tarik komposit. Penurunan kekuatan tarik pada komposit FRP pada jumlah serat yang lebih banyak disebabkan karena perubahan rasio antara matriks poliester tak jenuh dan *reinforced fiberglass* tidak berada pada komposisi yang optimal, sehingga walaupun dari sisi gaya (N) yang digunakan untuk menarik lebih besar, namun perubahan luasan (mm^2) juga ikut berpengaruh sesuai dengan ketentuan kekuatan tarik (N/mm^2 = MPa). Poliester tak jenuh memiliki nilai kekuatan tarik terendah disebabkan karena tidak ada pengikat antarmuka mekanik antar matriks poliester tak jenuh sehingga kekuatan yang diandalkan hanyalah kekuatan kimia yang terjadi dalam proses *crosslink* diantara monomer-monomer pembentuk polimer termoset.

Pada hasil elongasi saat putus (*Elongation at break*), nilai Ɛ tertinggi pada komposit FRP dengan jumlah lapisan 3 sebesar 5,46%. Peningkatan regangan pada dasarnya sama dengan alasan peningkatan tegangan tarik, yakni disebabkan oleh rasio yang sesuai antara serat *fiberglass* sebagai *reinforced* dan poliester tak jenuh sebagai matriks. Selain FRP, uji tarik juga dilakukan pada komposit PRE dengan pasir sebagai penguat/*reinforced*. Data hasil uji tarik komposit PRE dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Tarik PRE

% Pasir	Tegangan (MPa)	Regangan (%)
0	2,88	1,27
5	12,80	1,30
10	15,60	1,50
15	14	1,1
20	16	1,2

Berdasarkan hasil pengujian tarik, diperoleh data kekuatan tarik tertinggi pada komposit dengan kadar pasir sebanyak 20%. Peningkatan kekuatan tarik terjadi karena pasir (SiO_2) memiliki sifat sebagai *reinforced* yang mampu mengikat matriks epoksi melalui ikatan antarmuka/mekanik. Penurunan tegangan tarik pada komposit dengan 15% pasir dapat diabaikan karena tidak signifikan, sehingga semakin banyak jumlah pasir yang ditambahkan maka akan semakin meningkatkan kekuatan tarik komposit PRE sampai titik optimal dimana rasio matriks epoksi dan pasir berada pada nilai tertinggi.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai regangan tertinggi yakni sebesar 1,5%. Regangan merupakan perbandingan antara pertambahan panjang dari panjang awal. Nilai regangan pada kadar pasir 10%wt menunjukkan bahwa kadar pasir tersebut memiliki sifat *ductility* (keuletan) yang paling optimal. Jika kita melihat kembali, nilai kekuatan tarik komposit PRE dengan kadar pasir 10% berada pada urutan terbesar kedua yakni sebesar 15,60 MPa. Penelitian ini bertujuan mengkaji efektivitas material sebagai kandidat material pelapis pada kapal perikanan, artinya dalam pembuatan dan pemilihan material harus mengikuti standar dari BKI (Biro Klasifikasi Indonesia).

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa standar BKI material *non*-metal berkisar antara 85 MPa (Leiwakabessy et al., 2013) dan 98 MPa (Pujiati, 2017). Berdasarkan standar BKI, material FRP telah memenuhi standar uji tarik minimal yang ditetapkan dan memang selama ini perahu fiber menggunakan FRP sebagai material lambung kapal. Pada material komposit PRE, nilai kekuatan tarik material tidak memenuhi standar yang ditetapkan BKI. Nilai tertinggi berdasarkan penelitian hanya berada pada rentang 15,60 – 16,00 MPa (< 85 MPa). Secara sepintas terlihat bahwa material PRE khususnya matriks epoksi tidak dapat digunakan sebagai material pembuat lambung kapal sesuai dengan data penelitian yang diperoleh dari hasil uji tarik. Akan tetapi epoksi secara umum belum tentu tidak dapat digunakan sebagai material kandidat pembuat lambung kapal.

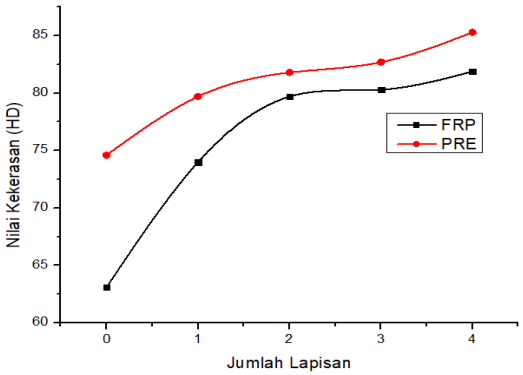
Dalam beberapa penelitian disebutkan bahwa aplikasi resin epoksi digunakan sebagai material utama (matriks) pembuatan kapal pesiar bersama dengan serat *fiberglass*, bahkan dalam penelitian sebelumnya, disebutkan bahwa kekuatan tarik polimer epoksi tanpa *reinforced* mencapai 54,39 MPa lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan tarik polimer poliester tak jenuh (15,77 MPa) (Pakaya et al., 2017). Pada kajian secara mendalam, jenis epoksi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis epoksi yang digunakan oleh masyarakat pesisir kota Bitung sebagai pelapis pada kapal kayu. Epoksi yang digunakan merupakan jenis epoksi *non*-SAG dengan fungsi utama sebagai perekat (memiliki nilai *adhesive* yang tinggi) serta memiliki mampu aus yang baik. Oleh karena itu, pada penelitian lanjutan akan difokuskan pada pengujian *adhesive* (daya rekat) dan pengujian impak untuk melihat ketangguhan dari material komposit.

3.3. Uji Kekerasan

Kekerasan (*hardness*) merupakan salah satu sifat mekanik (*mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan merupakan ketahanan material terhadap suatu deformasi yang terjadi di daerah lokal. Kekerasan yang baik umumnya berarti bahwa bahan tersebut tahan terhadap goresan dan keausan. Nilai kekerasan komposit FRP dan PRE ditampilkan pada Tabel 3 sedangkan visualisasi perbandingan kedua material tesebut ditunjukkan pada Gambar 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan pada Material FRP dan PRE

Jumlah Lapisan	Nilai Kekerasan (HD)	
	Fiberglass Reinforced Polyester (FRP)	*Sand Particle Reinforced Epoxy* (PRE)
0	63,1	74,6
1	74	79,7
2	79,7	81,8
3	80,3	82,7
4	81,9	85,3



Gambar 3. Perbandingan nilai kekerasan material *Fiberglass Reinforced Polyester* (FRP) dan *sand particle reinforced epoxy* (PRE)

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji *durometer shore-D*. Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 3, uji kekerasan FRP dan PRE menunjukkan semakin banyak jumlah lapisan yang ditambahkan maka nilai kekerasan semakin tinggi. Peningkatan nilai kekerasan pada FRP disebabkan oleh penambahan *reinforced* berupa *fiberglass*. Hal ini karena *fiberglass* baik jenis *mat* maupun *roving* merupakan serat sintesis yang diproduksi dari bahan silika oksida (SiO_2) dalam hal ini bersumber dari pasir silika (Ginger, 2009). Dengan semakin banyaknya jumlah lapisan, maka nilai kekerasan semakin tinggi.

Pengujian kekerasan juga dilakukan terhadap epoksi dengan berbagai perbandingan partikel pasir yang dicampurkan ke material epoksi. Perubahan nilai kekerasan material PRE dimana semakin banyak jumlah pasir yang ditambahkan maka nilai kekerasan semakin tinggi. Pasir (SiO_2) sebagai salah satu jenis material keramik memiliki sifat kekerasan yang tinggi dibandingkan polimer, sehingga dengan ukuran butir yang sangat kecil dan pencampuran yang baik mampu meningkatkan nilai kekerasan material.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan, tegangan tarik dan elongasi saat putus tertinggi pada material FRP dengan jumlah lapisan sebanyak 3 lapis dan material PRE dengan kadar pasir 20% dan 10%. Untuk nilai kekerasan tertinggi pada material komposit FRP 4 lapis dan material komposit PRE dengan kadar pasir sebesar 20%. Berdasarkan standar BKI maka direkomendasikan untuk menggunakan material komposit FRP dengan jumlah lapisan minimal 2 lapis sebagai material pembuatan lambung kapal *fiber* karena memiliki tegangan tarik > 85 MPa.

5. Daftar Pustaka

Alam, A., Ikhwani, R. J., Hidayat, T., & Suardi. (2021). Kekuatan *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) Sebagai Bahan Gading Kapal Kayu. Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim, 15(1), 1–10.

https://doi.org/10.29122/jurnalwave.v15i1.4719

Correia, J., & Cabral-Fonseca, S. (2005). *Durability of glass fibre reinforced polyester (GFRP) pultruded profiles used in civil engineering applications. Third International Conference on Composites in Construction*, i, 1–9. http://www.civil.ist.utl.pt/~jcorreia/Papers/ICPaper6.pdf

Daramola, O. (2016). *Influence of Silica Sand Particles on the Tensile Properties and Water Absorption Behaviour of. International Journal of Engineering*, 195–201.

EL-Wazery, M. S., EL-Elamy, M. I., & Zoalfakar, S. H. (2017). *Mechanical properties of glass fiber reinforced polyester composites. International Journal of Applied Science and Engineering*, 14(3), 121–131. https://doi.org/10.6703/IJASE.2017.14(3).121

Gumilar, G., Oerbandono, T., & Wardhana, B. (2017). Pengaruh *One Direction Pre-Tension pada Reinforcement Fibre* terhadap Kekuatan Tarik dan *Impact Fibre-Powder Reinforcement Hybrid Composite.* Jurnal Rekayasa Mesin, 8(3), 129–133. https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2017.008.03.2

Kusumaningrum, A., Lumingas, L. L. J., Sumilat, D. A., Budiman, J., Luasunaung, A., & Warouw, V. (2021). *Analysis of leading commodities from capture fisheries resources at Bitung Oceanic Fishing Port, North Sulawesi. Aquatic Science & Management*, 9(2), 1–10. https://doi.org/10.35800/jasm.v9i2.35130

Leiwakabessy, A., Purnowidodo, A., Sugiarto, S., & Soenoko, R. (2013). Perubahan Sifat Mekanis Komposit Hibrid *Polyester* Yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa Dan Serat Ampas Empulur Sagu. Rekayasa Mesin, 4(3), 235–240.

Oerbandono, T., Wardhana, B. S., Meivy, P. K., & Sonief, A. A. (2014). Variasi Kekencangan Mula (*Pre-Tension*) Satu Arah pada *Reinforcement Fibre* Panel

Komposit terhadap Kekuatan Tarik. Rekayasa Mesin, 5(2), 171–176.

Pakaya, F., Ardhyananta, H., & Wicaksono, S. T. (2017). *Mechanical Properties and Thermal Stability of Epoxy/RTV Silicone Rubber. IPTEK The Journal for Technology and Science*, 28(1), 7. https://doi.org/10.12962/j20882033.v28i1.2216

Pakaya, F., Huwae, J. C., & Nantan, Y. (2020). Karakterisasi Sifat Mekanik Komposit Termoset Poliester Tak Jenuh Berpenguat Serat Alam Sebagai Kandidat Material Lambung Kapal Perikanan. Jurnal *Bluefin Fisheries*, 2(1), 37. https://doi.org/10.15578/jbf.v2i1.62

Pujiati, R. (2017). Analisa Teknis Bahan Komposit dari Serat Alami Ampas Tebu untuk Bahan Alternatif Pembuatan Kulit Kapal. Tugas Akhir ITS, 1–53.

Starokadomsky, D., Rassokhin, D., Ishchenko, A., Sigareva, N., & Reshetnyk, M. (2020). *Strength and Chemical Resistance of Composites Based on Epoxy Resins, Filled With Gypsum in the Original and Water-Hardened Forms. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(107), 73–80. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214399

Sui, G., Jana, S., Salehi-khojin, A., Neema, S., Zhong, W. H., Chen, H., & Huo, Q. (2007). *Preparation and properties of natural sand particles reinforced epoxy composites. Macromolecular Materials and Engineering*, 292(4), 467–473. https://doi.org/10.1002/mame.200600479.