

Karakterisasi Sifat Mekanik Komposit Termoset Poliester Tak Jenuh Berpenguat Serat Alam Sebagai Kandidat Material Lambung Kapal Perikanan

Fahriadi Pakaya¹, Joshua Ch. Huwae¹, Yurika Nantan¹, Elsari Tanjung Putri², Agusta Putri Balqis Linda Soeharso³

¹Program Studi Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung, 95526, Indonesia

²Program Studi Teknik Penangkapan Ikan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung, 95526, Indonesia

³Program Studi Teknik Pengolahan Produk Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Bitung, 95526, Indonesia

Koresponden: +6285330789378

E-mail : fahriadi.pakaya@yahoo.co.id,

<https://orcid.org/0000-0002-0284-3939>

Abstract

It is necessary to increase the tensile strength as well as reduce pollution in the marine environment. Researchers used natural fibers in the form of water hyacinth instead of glass fibers. The purpose of this study was to determine how much the mechanical strength of the composite fiber reinforced water hyacinth with unsaturated Polyester matrix with alkaline treatment at a predetermined orientation with a ratio of fiber composition, in order to obtain the best composition. The method used is immersion in 2% NaOH solvent. The soaked fibers were then characterized for microstructure, after which the water absorption and chemical resistance tests were carried out. Then perform a composite tensile test with a fiber composition of 0, 2, 4, 6, 8, and 10% by weight of the total mass of the composite. The results showed that there was a decrease in water absorption when compared with untreated water hyacinth fibers. In chemical resistance, there were an increase in chemical resistance to both alkaline and acidic solutions. In natural fiber composites, the highest stress was at the composition of 4% by weight of 25.17 N / mm² and the greatest strain was at the composition of 6% at 10.45%.

Keywords: Composite, Water hyacinth, Mechanical Strength, Characterization, NaOH

Abstrak

Peningkatan kekuatan regangan sekaligus pengurangan polusi di lingkungan laut perlu dilakukan. Peneliti menggunakan serat alam berupa serat eceng gondok sebagai pengganti serat kaca. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kekuatan mekanik komposit berpenguat serat eceng gondok bermatriks *Polyester unsaturated* dengan perlakuan alkali pada orientasi yang telah ditetapkan dengan perbandingan komposisi serat, sehingga diperoleh komposisi terbaik. Adapun metode yang digunakan yakni melalui perendaman dalam pelarut

NaOH 2%. Serat yang telah direndam kemudian di karakterisasi mikrostruktur, setelah itu dilakukan uji penyerapan air dan ketahanan terhadap kimia. Kemudian melakukan uji Tarik komposit dengan komposisi serat sebesar 0, 2, 4, 6, 8, dan 10% berat dari total massa komposit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan penyerapan air jika dibandingkan dengan serat eceng gondok tanpa perlakuan. Pada ketahanan kimia, terjadi peningkatan ketahanan kimia baik terhadap larutan basa maupun larutan asam. Pada komposit serat alam, tegangan paling tinggi pada komposisi 4% berat sebesar 25,17 N/mm² dan regangan paling besar pada komposisi 6% sebesar 10,45%.

1. Pendahuluan

Kebutuhan yang semakin kompleks menjadi alasan utama perkembangan teknologi di masa sekarang. Baik saintis maupun engineer berupaya semaksimal mungkin meningkatkan dan mengembangkan penelitian untuk semakin memudahkan dalam pengaplikasian. Negara Indonesia mempunyai potensi serat alam yang melimpah. Potensi serat alam dapat dikelompokkan menurut asal usulnya yakni tumbuhan, hewan dan tambang, khusus untuk tumbuhan, serat alam dapat ditemukan pada tanaman pertanian, perkebunan dan hutan alami (Mulyatno, dkk, 2008). Dalam bidang perkapalan, penggunaan kayu sangat penting dalam pembuatan kapal. Sejak tahun 1980an kebutuhan kayu untuk material kapal semakin sulit diperoleh dan harganya cukup tinggi. Di Indonesia, umumnya kapal-kapal kecil ataupun perahu nelayan sebagai sarana transportasi laut maupun sarana penangkap ikan masih menggunakan bahan baku kayu sebagai bahan utama

pembuatannya (Saduk dan Niron, 2015). Sebagai upaya untuk mengatasi kelangkaan kayu dan mahalnya kayu ialah dengan menggunakan material alternative yang sifatnya setara atau bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan kayu (Aguswandi, dkk, 2016). Salah satu terobosan di bidang perkapalan adalah pembuatan kapal yang dulu menggunakan kayu atau baja, pada saat sekarang ini sudah mulai menggunakan polimer. Kapal-kapal baik di bidang niaga maupun perikanan telah banyak menggunakan komposit *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) sebagai pengganti kayu dan baja. Serat yang sering digunakan sebagai penguat adalah serat kaca dengan polimer berupa poliester.

Selama ini perkembangan di Indonesia masih diarahkan dengan bahan sumberdaya alam *non-renewable* (tidak dapat diperbarui kembali) misalnya gelas, karbon, dan aramid (Pujiati, 2017). FRP dengan menggunakan

serat kaca memiliki banyak kelebihan. Diantaranya adalah memiliki kekuatan Tarik yang baik, tahan terhadap kimia, memiliki massa jenis yang rendah sehingga sangat menguntungkan dari segi penggunaan bahan bakar. Namun, dengan kekuatan Tarik yang tinggi menyebabkan FRP memiliki sifat yang getas/ brittle. Sifat ini sangat merugikan bagi perkapalan terutama ketika memperoleh impak yang besar dari ombak atau karang. Selain itu material FRP merupakan polutan sehingga banyak peneliti yang beralih menggunakan serat alam (Umardani, 2009). Oleh sebab itu perlu adanya modifikasi FRP sehingga memiliki regangan yang baik dengan tetap mempertahankan tegangan pada batas minimal yang diizinkan dan sesuai dengan standar BKI.

Disisi lain pemanfaatan serat alam telah mulai dilirik oleh pada peneliti. Hal ini karena *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) merupakan polutan sehingga peneliti yang beralih menggunakan serat alam (Sigit, 2007). Serat alam yang mulai diteliti pada akhir-akhir ini adalah serat eceng gondok. Penggunaan serat eceng gondok sangat potensial sebagai serat material komposit. Hal ini karena selain jumlah serat yang sangat melimpah, juga

eceng gondok mudah tumbuh terutama di daerah tropis dan subtropis. Umardani (2009) dalam dalam penelitiannya menyebutkan bahwa peningkatan kadar NaOH akan meningkatkan regangan Tarik komposit namun tidak mampu meningkatkan tegangan Tarik. Soemardi (2009) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa serat rami dalam digunakan sebagai serat pengganti untuk aplikasi soket prosthesis. Keuntungan mendasar yang dimiliki oleh serat alam adalah jumlahnya berlimpah, memiliki *specific cost* yang rendah, dapat diperbarui dan didaur ulang, serta tidak mencemari lingkungan (Nurudin, 2011)

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, peneliti memiliki gagasan untuk menggunakan serat eceng gondok sebagai kandidat penguat pada komposit FRP. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai kekuatan Tarik baik tegangan maupun regangan dari komposit serat eceng gondok dan juga menganalisa tingkat penyerapan air dan ketahanan kimia baik sebelum maupun setelah perendaman.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

Serat eceng gondok berasal dari Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia.

Padatan Natrium Hidroksida, NaOH diperoleh dari PT. Sumber Utama Kimiamurni, Surabaya. Aquadest diperoleh dari Universitas Negeri Gorontalo.

2.2 Preparasi Serat Eceng Gondok

Sebanyak 4 gram serat eceng gondok dimasukkan ke dalam 200 mL larutan NaOH 2% dan kemudian dimasukkan dalam oven dan dipanaskan selama 1 jam pada temperatur 70°C. Setelah 1 jam perendaman, kemudian serat eceng gondok dikeluarkan dan dicuci dengan air destilat yang ditambahkan larutan asam asetat glasial hingga pH 7 dan dikeringkan selama 24 jam pada temperatur 40°C.

2.3 Pembuatan Komposit Poliester Tak Jenuh Berpenguat Serat Eceng Gondok (UP-EG)

Serat eceng gondok yang telah mengering kemudian dijadikan sebagai penguat pada resin poliester tak jenuh dengan komposisi 0, 2, 4, 6, dan 8, dan 10% berat dari komposit UP-EG.

2.4 Karakterisasi

2.4.1 Mikrostruktur

Pengujian mikrostruktur menggunakan Mikroskop optik yang digunakan untuk mengamati struktur mikro serat eceng gondok. Mikroskop Optik juga digunakan untuk mengukur diameter dari serat alam. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop optik jenis Olympus BX51 M.

2.4.2 Penyerapan Air

Pengukuran serapan air dimaksudkan untuk mengukur kemampuan serat dalam menyerap air sehingga kita dapat mengukur secara kualitatif perubahan sifat serat dari hidrofobik menjadi bersifat hidrofilik. Prosedur pengukuran *water soption* sebagai berikut.

- 1) Spesimen dibersihkan dan dibuat hingga memiliki berat yang konstan
- 2) Serat ditimbang hingga diperoleh massa awal (m_1)
- 3) Kemudian serat direndam dalam air selama 24 jam, kemudian dikeringkan menggunakan pengering pakaian (gunakan tissue)
- 4) Segera ditimbang menggunakan timbangan digital (nst 0,001) dan hasil timbangan tetapkan sebagai m_t
- 5) Hitung water immersion at time t:

$$M_t(\%) = \frac{m_t - m_1}{m_1} \times 100$$

Dimana:

Mt = massa air yang diserap (%)

m₁ = massa awal serat (gr)

m_t = massa serat setelah direndam
(gr)

2.4.3 Ketahanan Terhadap Kimia

Pengujian *chemical resistance* didasarkan pada langkah kerja dan perhitungan pada peneliti terdahulu yaitu Thakur dkk (2010). Pengujian dilakukan pada suasana basa (NaOH 1 M) dan suasana asam (HCl 1 M). Prosedur pengerjaan sebagai berikut.

- 1) Specimen yang kering ditimbang (T_i)
- 2) Kemudian direndam dalam pelarut NaOH 1 M dan HCl 1 M selama 24 – 144 jam
- 3) Setelah itu sampel dikeluarkan, dikeringkan dan ditimbang (W_{aci})
- 4) Kemudian dihitung persen *chemical resistance*:

$$Persen \text{ chemical resistance } (P_{cr}) = \left(\frac{T_i - W_{aci}}{T_i} \right) \times 100$$

Dimana T_i = initial weight

W_{aci} = weight after certain interval

2.4.4 Uji Tarik Komposit UP-EG

Uji Tarik komposit menggunakan standar pengujian JIS Z2201 dengan jenis mesin uji Tarik yakni Tearing Machine 2 kN. Uji Tarik dilakukan pada berbagai komposisi dimana untuk setiap komposisi dilakukan 2 kali pengulangan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Mekanisme Modifikasi Serat Eceng

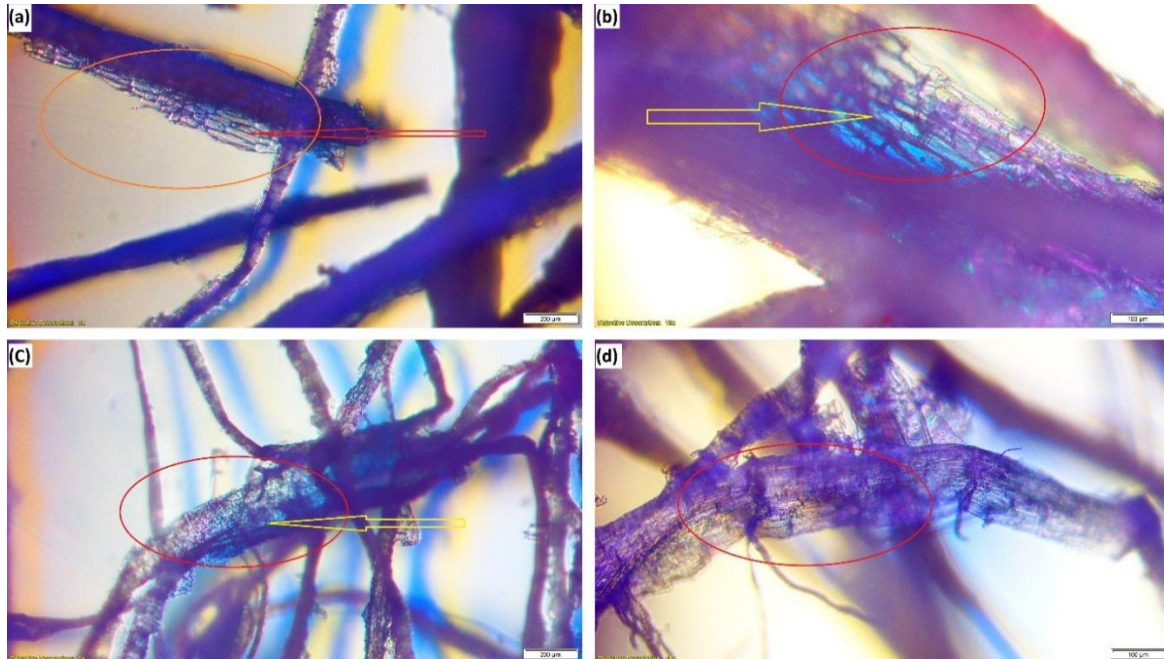
Gondok

Modifikasi serat eceng gondok menggunakan pelarut NaOH 2%. Proses modifikasi dengan cara direndam sesuai dengan yang telah dijelaskan pada bagian metode penelitian. Ketika serat eceng gondok direndam dalam pelarut NaOH melalui proses alkalisasi terjadi perubahan warna pada eceng gondok. Hal ini mengidentifikasi terjadinya reaksi antara pelarut NaOH dengan senyawa organik pada serat Eceng Gondok. Pelarut mampu memecah ikatan ester C=O pada senyawa non-selulosa (Eduart, 2018).

3.2 Analisis Mikrostruktur Serat Eceng Gondok

Serat eceng gondok yang belum maupun telah di rendam dalam pelarut, kemudian dilihat struktur morfologinya

menggunakan alat uji struktur mikro. Hasil uji mikro serat eceng gondok dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur mikro dari serat eceng gondok tanpa perlakuan (a) perbesaran 5% dan (b) perbesaran 10% serat serat eceng gondok-treat NaOH 2% pada (c) perbesaran 5% dan (d) perbesaran 10%.

Dari Gambar 1 dapat kita lihat bahwa telah terjadi perubahan struktur pada serat eceng gondok. Eceng gondok sebelum perlakuan (a) dan (b) masih memiliki jaringan sel yang membentuk heksagon. Setelah direndam menggunakan pelarut NaOH 2%, terjadi kerusakan struktur heksagon yang berdasarkan penelitian terdahulu dianggap sebagai lignin dan

hemiselulosa. Yang tersisa berupa jaringan lurus berupa selulosa.

3.3 Analisis Penyerapan Air Pada Serat Eceng Gondok

Analisa serapan air dilakukan baik pada serat eceng gondok tanpa perlakuan maupun dengan perlakuan. Adapun hasil serapan air dapat dilihat pada

Tabel 1 tentang penyerapan air dan ketahanan kimia eceng gondok.

Tabel 1. Serapan Air dan Ketahanan Kimia dari Serat Eceng Gondok

No	Jenis Serat Eceng Gondok	Penyerapan Air Mt (%)	Ketahanan Kimia (Pcr)	
			NaOH (%)	HCl (%)
1	Untreated	320.33	47.17	30.21
3	NaOH-treated	194.15	18.75	14.29

Dari Tabel 1 dapat kita lihat bahwa penyerapan air pada eceng gondok untreated terjadi karena pada dasarnya serat eceng gondok bersifat hidrofilik dan hidup dalam air tawar, sehingga eceng gondok memiliki kandungan kadar air yang tinggi jika dibandingkan dengan serat lainnya.

4.4 Analisis Ketahanan Kimia Serat Eceng Gondok

Chemical resistance atau ketahanan terhadap kimia merupakan pengujian untuk melihat dan menganalisa ketahanan suatu material terhadap bahan kimia. Pada penelitian ini juga dilakukan uji ketahanan kimia pada serat eceng gondok. Pengujian chemical resistance menggunakan larutan basa dan larutan asam. Besarnya nilai weight loss pada setiap serat menandakan kemampuan serat tersebut dalam

mempertahankan kondisi ikatan senyawanya. Hasil uji ketahanan kimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa weight loss paling besar terjadi pada untreated-eceng gondok. Hal ini mengindikasikan bahwa serat untreated-eceng gondok tidak tahan terhadap kimia. Penurunan massa serat disebabkan karena serat awalnya memang memiliki kandungan lignin, pectin dan hemiselulosa. Rendahnya weight loss pada serat treated NaOH disebabkan karena serat eceng gondok telah lebih dulu direndam untuk menyiapkan spesiman, sehingga kandungan lignin, pectin dan hemiselulosa telah berkurang bahkan hilang pada Serat-treat NaOH. Hal ini diperkuat adanya gambar struktur mikro yang menunjukkan telah rusak jaringan

keksagon pada serat eceng gondok akibat pelarut NaOH.

3.4 Analisis Uji Tarik Komposit Eceng Gondok.

Setelah dilarutkan dalam pelarut NaOH 2% kemudian dilanjutkan dengan uji Tarik komposit. Pengujian Tarik komposit diawali dengan pembuatan specimen sesuai dengan standar JIS Z2201. Tipe peletakan serat adalah sejajar dengan arah Tarik yakni besar

sudut adalah 0° atau 360° dengan diameter rata-rata serat sebesar $\pm 600 \mu\text{m}$. Jumlah lapisan/laminating sebanyak satu lapisan untuk setiap specimen. Cara membuat komposit sesuai dengan metode yang digunakan oleh Nurudin (2011). Pada setiap komposisi dibuat pengulangan sebanyak 2 specimen. Adapun hasil uji Tarik komposit UP-EG dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Tarik Komposit

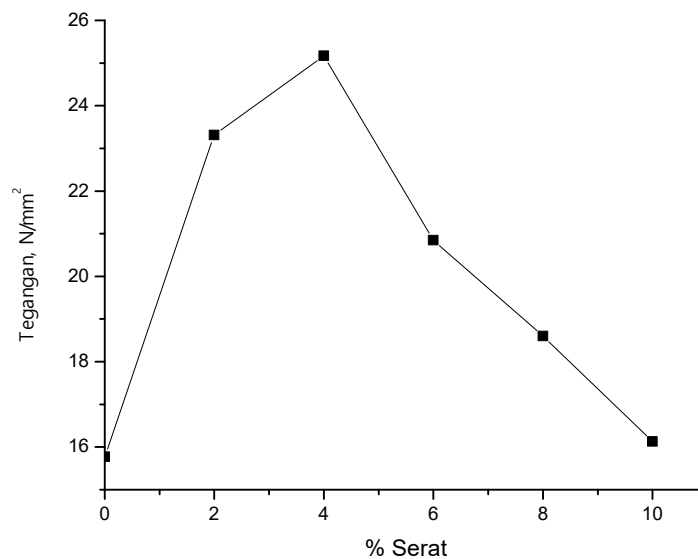
No	% Serat	Fm (N)	σ uts (N/mm ²)	ϵ (%)
1	0	1251	15.77	7.82
2	2	1462	23.31	7.37
3	4	1579	25.17	9.60
4	6	1440	20.85	10.45
5	8	1238	18.60	8.31
6	10	1182	16.13	8.87

Dari Tabel 2 dapat kita lihat bahwa komposit dengan penguat serat eceng gondok memiliki sifat getas, dimana nilai maksimum elongasi saat mengalami perpatahan sebesar 10.56%. Hal ini tentulah rendah jika dibandingkan dengan material logam seperti baja dan aluminium. Namun, untuk jumlah lapisan yang hanya satu

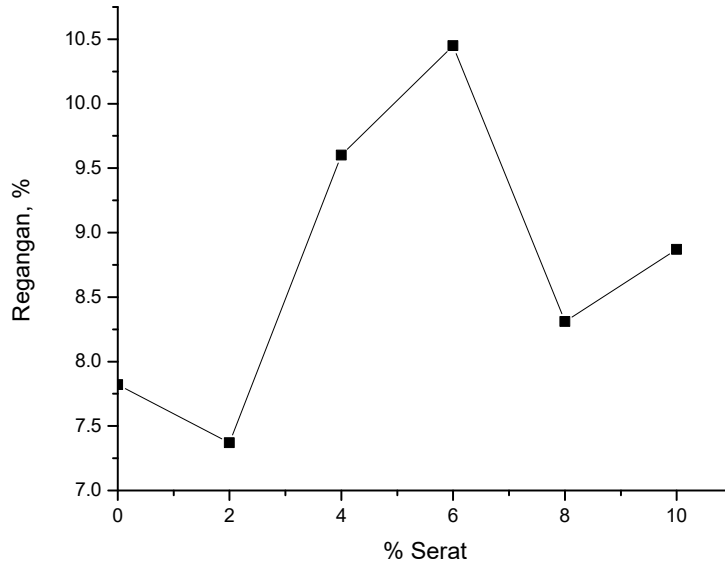
lapis dengan nilai tegangan maksimum sebesar 25.17 N/mm², perlu diperhitungan dan dipertimbangkan. Oleh karena itu perlu adanya penelitian lanjutan yang fokus pada jumlah lapisan, sehingga diharapkan mampu menghasilkan kekuatan terbaik dengan nilai di atas standar BKI yakni $> 83 \text{ N/mm}^2$.

Dari Tabel 2 dan Gambar 2 juga dapat kita lihat bahwa tegangan Tarik paling tinggi pada komposisi 4%berat serat eceng gondok yaitu sekitar 25.17 N/mm². Ketika dilakukan penambahan jumlah serat, terjadi penurunan kekuatan Tarik. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi peningkatan dan penurunan kualitas material hasil uji Tarik. Secara umum, serat berfungsi sebagai penguat pada suatu polimer yang dalam hal ini adalah poliester. Adapun ikatan yang terbentuk adalah ikatan mekanik antara serat sebagai

penguat dengan polimer sebagai matriks. Namun, semakin banyak jumlah serat, maka jumlah matriks yang digunakan semakin sedikit dengan asumsi bahwa dimensi spesimen sama untuk semua sampel. Oleh karena semakin sedikitnya jumlah matriks sebagai pengerat, tentunya semakin menurunkan tegangan Tarik. Untuk regangan Tarik pada komposisi serat 4%berat memiliki nilai regangan di bawah 6% seperti yang Nampak pada Gambar 3. Elongasi spesimen pada 4%berat sebesar 9.60%. adapun elongasi serat 6%berat sebesar 10.45%.



Gambar 2. Tegangan Tarik komposit UP-EG pada komposisi 0, 2, 4, 6, 8, dan 10% berat serat eceng gondok



Gambar 3. Regangan Tarik komposit UP-EG pada komposisi 0, 2, 4, 6, 8, dan 10% berat serat eceng gondok

Tabel 3. Perbandingan kekuatan Tarik pada penelitian terdahulu

No	Nama Peneliti	Jenis polimer-Serat	Jumlah lapisan	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (%)
1	Ermawan, 2018	Poliester-Serat Kaca	1	60,4	6,7
2	Umardani, 2009	Poliester-Serat Eceng Gondok	1	21,211	1,95
3	Nugroho, 2016	Epoxy-Serat Kaca	2	31,79	1,02
4	Peneliti, 2019	Poliester-Serat Eceng Gondok	1	25,17	9,60

Jika kita membandingkan hasil kekuatan Tarik berupa tegangan dan regangan yang telah diperoleh terhadap tegangan dan regangan komposit FRP 1 lapis berdasarkan penelitian terdahulu, kekuatan Tarik lebih rendah namun regangan tariknya tinggi.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian karakterisasi dan identifikasi sifat mekanik komposit serat eceng gondok sebagai kandidat material untuk pembuatan lambung kapal perikanan maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Perendaman serat eceng gondok dalam pelarut NaOH 2% mampu meningkatkan ketahanan kimia serat eceng gondok. Hal ini Nampak dari semakin rendahnya massa loss pada serat setelah perendaman baik dalam kondisi asam maupun basa.
- b. Uji serapan air dilakukan pada serat eceng gondok tanpa perlakuan dan dengan perlakuan. Dari hasil uji, persapan air menurun pada serat dengan perlakuan. Hal ini karena pada dasarnya serat eceng gondok merupakan serat yang sangat hidrofilik.
- c. Komposit dengan 4% serat eceng gondok memiliki tegangan paling besar

yakni 25,17 N/mm² dan regangan paling besar yakni pada komposit dengan 6% serat eceng gondok yakni sebesar 10,45%.

Daftar Pustaka

- Aguswandi, Badri, M, Yohanes, (2016), Analisis Sifat Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa Sebagai Material Alternatif Pengganti Kayu untuk Pembuatan Kapal Tardisional, *Jom FTEKNIK* Vol. 3, No. 2, Hal: 1-7
- Callister, D.W, (1996), *Materials Science and Engineering*, John Willey & Sons, Univ of Utah
- Wolok, E., Lahay, I.H., Machmoed, B.R., & Pakaya, F, (2018), Pengaruh Reaksi Alkalisasi-Oksidasi Terhadap Porositas dan Kandungan Selulosa Serat Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), SENTRA
- Ermawan, A.A, (2018), Penambahan Persentase Serat dan Jumlah Lapisan (1-3) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Fiberglass-Polyester* (Yukalac C-108 B Justus), Skripsi. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma
- Mulyatno, I.P, Jokosisworo, S, (2008), Analisa Teknis Penggunaan Serat Kulit

- Rotan Sebagai Penguat pada Komposit Polimer dengan Matriks *Polyester Yukalac 157* Ditinjau dari Kekuatan Tarik dan Kekuatan Tekuk, Jurnal KAPAL, Vol. 5, No. 3, Hal: 173-180
- Nugroho, Y.D, (2016), Karakteristik Komposit Serat Glass dengan Variasi Jumlah Lapisan Serat, Skripsi. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma
- Nurudin, A, (2011), Potensi Pengembangan Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Kontinyu Laminat Sebagai Material Pengganti *Fiberglass* pada Pembuatan Lambung Kapal, Jurnal Info Teknik, Vol. 12, No. 2, Hal: 1-9
- Pujiati, R, (2017), Analisa Teknis Bahan Komposit dari Serat Alami Ampas Tebu untuk Bahan Alternatif Pembuatan Kulit Kapal. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Saduk, M. R. F, Niron, F.P, (2015), Pemanfaatan Serat Lontar Sebagai Alternatif Bahan Pengganti *Fiberglass* untuk Pembuatan Body Kapal Penangkap Ikan. Kupang: Politeknik Negeri Kupang
- Soemardi, T.P, Kusumaningsih, W, Irawan, A.P, (2009), Karakteristik Mekanik Komposit Lamina Serat Rami Epoksi Sebagai Bahan Alternatif Soket Protesis, Jurnal MAKARA Teknologi, Vol. 13, No. 2, Hal: 96-101
- Umardani, Y. & Pramono, C, (2009), Pengaruh Larutan Alkali dan Etanol Terhadap Kekuatan Tarik Serat Eceng Gondok dan Kompatibilitas Serat Eceng Gondok pada Matriks *Unsaturated Polyester Yukalac* Tipe 157 BQTN-EX, Jurnal ROTASI, Vol. 11, No. 2, Hal: 24-29