



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Pengaruh Perlakuan Zat $H_2O_2$ , $KMnO_4$ , dan $NaOH$ , pada Bahan Komposit Berpenguat Bambu Petung dengan Matriks Resin Epoxy Terhadap Beban Tarik, Tekuk, dan Impak

Emut Andi Prasetyo<sup>1)</sup>, Hartono Yudo<sup>2)</sup>, Ari Wibawa Budi Santoso<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*e-mail : [emutprasetyo@gmail.com](mailto:emutprasetyo@gmail.com)

### Abstrak

Kemajuan teknologi dalam bidang industri perkapalan mendorong permintaan kebutuhan bahan konvensional seperti logam, kayu dan bahan sintesis untuk mendapatkan material konstruksi yang baik.. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik, tekuk, impak dari material komposit serat bambu petung dengan pengaruh penambahan bahan kimia  $H_2O_2$ ,  $KMnO_4$ , dan  $NaOH$ . Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian tarik, tekuk dan impak terhadap material komposit untuk dibandingkan dengan peryaratan yang ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Hasil yang diperoleh untuk kekuatan tarik laminasi bambu petung yang paling tinggi terdapat pada spesimen dengan penambahan zat kimia  $H_2O_2$ , dengan kuat tarik rata-rata sebesar 151.30Mpa. Pengujian kekuatan tekuk yang paling tinggi terdapat pada spesimen dengan penambahan zat kimia  $H_2O_2$  yaitu sebesar 269.54 Mpa. Nilai pengujian impak juga berbanding lurus dengan nilai pengujian tarik dimana spesimen dengan penambahan  $H_2O_2$  memiliki kuat impak tertinggi yaitu sebesar 142.25 kJ/m<sup>2</sup>. Komposit berpenguat serat bambu petung dengan dengan matriks epoxy dapat digunakan sebagai material kulit kapal karena telah memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan oleh BKI.

Kata Kunci : Komposit, serat bambu laminasi, uji tarik, uji tekuk, uji impak

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang industri perkapalan berpengaruh dalam meningkatnya permintaan bahan konvensional seperti logam, kayu, dan bahan sintesis untuk mendapatkan material konstruksi yang baik. Hal ini mengakibatkan biaya produksi lebih tinggi. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam industri telah mendorong peningkatan dalam permintaan material komposit.

Komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen. Sifat mekanik komposit dari masing-masing material pembentuknya berbeda-beda. Dari pencampuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki banyak

kelebihan, beberapa diantaranya yaitu berat jenisnya rendah kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya pemmbuatan lebih murah [1].

Pengganti material jenis kayu pada saat ini salah satunya adalah bambu laminasi, Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) adalah jenis bambu yang digunakan dalam penelitian ini.

Bambu merupakan salah satu tumbuhan jenis rumput-rumputan *family Bambusiodeae* yang memiliki waktu partumbuhan tercepat di dunia, dapat mencapai tinggi maksimum dalam waktu 3 bulan, karena bambu bisa tumbuh sepanjang 1 meter hanya dalam waktu semalam dan mencapai kematangan setelah 3-4 tahun[2].

Penelitian mengenai pembuatan laminasi komposit bambu dengan lem epoxy diperoleh hasil rata-rata kukuh tekanan mutlak bambu laminasi

dengan susunan horisontal 166,28 kg/cm<sup>2</sup>, lendutan rata-rata 6,662, kemudian untuk rata-rata kukuh tekanan mutlak bambu laminasi dengan susunan vertikal 180,56 kg/cm<sup>2</sup>, dengan lendutan rata-rata 4,7248. [3].

Kondisi optimum proses alkalisasi serat bambu petung adalah menggunakan larutan NaOH 5% v/v yang memiliki kekuatan tarik 384 MPa, diameter serat 175,098 ± 58,017mm, dan kekuatan karakteristik 390,5 MPa [4].

Penelitian sebelumnya membahas tentang analisis arah dan perlakuan serat tapis serta rasio epoxy hardener terhadap sifat fisis dan mekanis komposit tapis/epoxy hasil dari penelitian yang didapatkan bahwa perlakuan serat tapis dengan zat kimia KMnO<sub>4</sub> memberikan efek yang lebih baik dibandingkan dengan NaOH. Variasi prosentase 0,5%, 1%, and 2% berat NaOH dan KMnO<sub>4</sub> memberi pengaruh dimana semakin besar prosentasenya permukaan serat menjadi semakin bersih, kadar wax berkurang dan lebih kasar sehingga ikatan serat dengan matrik semakin kuat sehingga meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan bending serta modulus bending. Variasi orientasi serat tapis 0°, 45° dan 90° memberi pengaruh secara significant terhadap kekuatan tarik komposit baik dengan perlakuan NaOH maupun KMnO<sub>4</sub>. Kekuatan tarik maksimum terdapat pada komposit yang memiliki orientasi serat 45°. Ratio epoxy/hardener 7:3 memberi efek lebih besar dibandingkan ratio 6:4, kecuali modulus elastisitas. Kekuatan tarik, modulus elastisitas dan kekuatan bending tertinggi berturut-turut sebesar 70,23 MPa, 466,24 GPa dan 97,81 MPa dicapai pada komposit dengan ratio epoxy/hardener 7:3 dan 2% KMnO<sub>4</sub> dan orientasi serat 45°. Sedangkan modulus elastisitas tertinggi 385,48 GPa dicapai komposit dengan ratio epoxy/hardener 6:4, 2% KMnO<sub>4</sub> dan orientasi serat 90° [5].

Perlakuan alkali 5 % NaOH, dapat meminimalisir persentase penurunan kekuatan biokomposit, dengan persentase penurunan kekuatan tarik hanya sebesar 17 % dari semula sebesar 23 % [6].

Kekuatan tarik rata-rata komposit meningkat dengan bertambahnya fraksi volume serat antara 20%, 30% dan 40% tanpa perlakuan maupun diperlakukan 15 dan 30 menit, dimana kekuatan rata-rata maksimum berada pada komposit dengan perlakuan 2% KMnO<sub>4</sub> serat selama 15 menit secara

keseluruhan (Gambar 4), dan kembali turun setelah perlakuan 2% KMnO<sub>4</sub> serat selama 30 menit [7].

Penelitian sebelumnya mengenai pengaruh waktu perebusan serat bambu apus pada larutan NaOH diperoleh rata-rata kekuatan tarik serat bambu apus tanpa perlakuan larutan NaOH memiliki nilai lebih rendah dengan yaitu 897,65 N/mm<sup>2</sup>, untuk serat bambu yang diperlakukan larutan NaOH 5% dengan variasi penambahan waktu perendaman yaitu pada waktu 60 menit, 90 menit dan 120 menit diperoleh hasil rata-rata kekuatan tarik yang paling optimal pada waktu 90 menit dengan nilai 1,904,40 N/mm<sup>2</sup> [8].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan zat kimia meliputi NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, pada bahan komposit papan laminasi serat bambu, dan mengetahui juga selisih nilai kekuatan mekanis antara laminasi serat bambu perlakuan zat kimia dengan laminasi serat bambu tanpa perlakuan zat kimia (raw).

## 2. METODE DAN BAHAN

### 2.1 Bambu petung

Jenis bambu yang digunakan sebagai bahan struktur pengganti kayu pada kapal adalah bambu petung, hal ini dikarenakan bambu petung memiliki sifat mekanis sebagai berikut : Bambu Petung memiliki rumpun yang simpodial, rapat dan tegak, memiliki diameter 4-15 cm menyesuaikan kesuburan tanah dan dapat tumbuh sampai ketinggian 20 meter. Biasanya tumbuh subur di tepi sungai, lereng perbukitan dari dataran rendah hingga dataran tinggi (±1.500 m dpl).



Gambar 1. Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*)

### 2.2 NaOH

(NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat Ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu, kertas, tekstil, air minum, sabun, dan deterjen.



Gambar 2. Penambahan NaOH ke dalam serat bambu petung



Gambar 3. Penambahan KMnO<sub>4</sub> ke dalam serat bambu petung

### 2.3 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah cairan bening, agak lebih kental daripada air, yang merupakan oksidator kuat. Sebagai bahan kimia anorganik dalam bidang industri, teknologi yang digunakan untuk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah auto oksidasi Anthraquinone. Dengan ciri khasnya yang berbau khas keasaman dan mudah larut dalam air, dalam kondisi normal (ambient) kondisinya sangat stabil dengan laju dekomposisi kira-kira kurang dari 1% per tahun. Salah satu keunggulan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dibandingkan dengan oksidator yang lain adalah sifatnya yang ramah lingkungan karena tidak meninggalkan residu yang berbahaya. Kekuatan oksidatornya pun dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2. Penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ke dalam serat bambu petung

### 2.4 KMnO<sub>4</sub>

Kalium permanganate merupakan suatu senyawa kimia anorganik yang dapat digunakan sebagai obat-obatan. Kalium permanganat dijadikan bahan untuk obat yang digunakan untuk membersihkan luka dan dermatitis. Kalium Permanganat memiliki rumus kimia KMnO<sub>4</sub> dan merupakan garam yang mengandung ion K<sup>+</sup> dan MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Kalium permanganat merupakan agen pengoksidasi yang kuat. Kalium permanganat larut dalam air menghasilkan larutan berwarna merah muda. Penguapan larutan ini meninggalkan kristal prismatic berwarna keunguan hitam[9].

### 2.5 Resin Epoxy

Dalam pembuatan komposit dibutuhkan perekat atau matrix sebagai pengikat antar material. Perekat yang sering dipakai dalam pembuatan komposit adalah resin epoxy karena memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan perekat yang lainnya seperti massa jenis rendah dan kekuatan tarik yang relatif tinggi.

### 2.6 Prosedur Pembuatan

Bambu petung dipotong sesuai panjang yang dibutuhkan. Bambu yang sudah dipotong, kemudian diolah menjadi serat dengan menggunakan alat atau mesin serut. Serat bambu yang sudah jadi kemudian direbus dengan larutan bahan kimia yaitu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOH, dan KMnO<sub>4</sub> selama 2 jam, kemudian serat bambu dan bahan kimia yang sudah direbus dilakukan proses pengeringan untuk mendapatkan kadar air yang diinginkan. Serat yang sudah memenuhi syarat kadar air ditata sesuai dengan variasi spesimen yang telah ditentukan. Setelah proses penataan serat bambu selesai, langkah selanjutnya adalah merekatkan resin epoxy pada tiap lapisan bambu, untuk kemudian dikempa melalui penekanan vertikal dan horizontal agar lapisan antar serat dapat menyatu dengan kuat. Pembentukan papan spesimen dilakukan setelah proses *pressing* selesai, kemudian spesimen uji dipotong sesuai dengan ukuran standar pengujian yang telah ditentukan.



Gambar 4. Proses pembuatan spesimen

## 2.7 Lokasi Pengujian

Spesimen bambu laminasi dibuat di ibamboo, Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Konstruksi Departemen S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.

## 2.8 Parameter Pengujian

### 2.8.1 Parameter Tetap

#### a. Uji Tarik

Pengujian tarik tegak lurus yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar ASTM D-3039 [10] dengan ukuran spesimen 250 mm x 25 x 10 mm. Uji tarik dilakukan guna melengkapi informasi dan rancangan dasar kekuatan pada material. Jumlah spesimen dalam pengujian tarik sebanyak 5 spesimen pada tiap perlakuan zat kimia.



Gambar 5. Proses Pengujian Tarik

Berdasarkan pada pengujian tarik didapatkan sifat-sifat sebagai berikut :

#### 1. Tegangan tarik maksimum ( $\sigma$ )

Tegangan maksimum yang bisa ditanggung material sebelum terjadinya patahan (*fracture*).

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

dimana,  $\sigma$  merupakan Tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm<sup>2</sup>), P merupakan beban maksimum (N), dan  $A_0$  merupakan luas penampang mula-mula (mm<sup>2</sup>).

#### 2. Regangan maksimum ( $e$ )

Regangan maksimum dapat menunjukkan pertambahan panjang dari suatu material sesudah terjadi perpatahan terhadap panjang awalnya.

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana,  $e$  adalah regangan (%),  $L_i$  merupakan panjang sesudah patah (mm), dan  $L_0$  adalah panjang mula-mula (mm)

#### 3. Modulus Elastisitas (E)

Ukuran kekakuan suatu material dalam grafik tegangan-regangan. Modulus elastisitas tersebut dapat dihitung berdasarkan slope kemiringan garis elastik yang linier.

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (3)$$

#### b. Uji Tekuk

Standar pengujian yang digunakan dalam pengujian tekuk sejajar adalah ASTM D-7264[11] dengan ukuran spesimen 130mm x 13mm x 10 mm. Dalam pengujian tarik didapatkan sifat-sifat sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (4)$$

dimana,  $\sigma$  merupakan kuat tekuk (MPa atau N/mm<sup>2</sup>), F merupakan beban maksimum (N), L merupakan panjang tumpuan (mm), b merupakan lebar spesimen (mm) dan d merupakan tebal spesimen (mm).



Gambar 6. Proses Pengujian Tekuk

#### c. Uji Impak

Pengujian impak digunakan untuk mengetahui material tersebut bersifat rapuh. Standar pengujian yang digunakan dalam pengujian Impak adalah ASTM D-256[12] dengan ukuran spesimen 55 mm x 10 mm x 10mm.



Gambar 7. Proses Pengujian Impak

Pengujian impak akan diperoleh sifat sifat material sebagai berikut:

$$\text{Harga Impak(HI)} = \frac{W}{A_0}$$

dimana HI merupakan Harga Impak (J/mm<sup>2</sup>), dan  $A_0$  merupakan Luas penampang (mm<sup>2</sup>).

### 2.8.2 Parameter Perubahan

Penelitian ini menggunakan tiga variasi berdasarkan perlakuan larutan zat NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dan KMnO<sub>4</sub>, pada laminasi serat bambu.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Uji Tarik

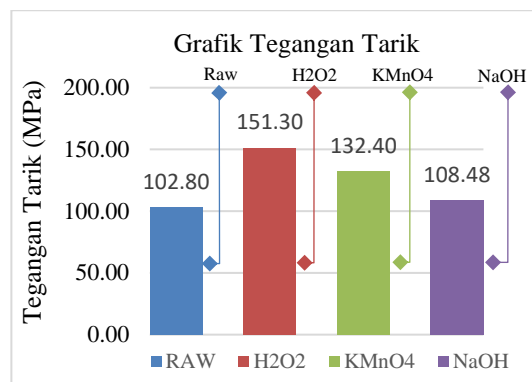
Uji tarik pada penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, dan NaOH, terhadap tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas.

#### 3.1.1 Tegangan Tarik

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan Tarik

Variasi	No	P Max (KN)	σ Max (Mpa)	Rata-rata
Raw	1	24.9	99.60	102.80
	2	25	100.00	
	3	26	104.00	
	4	26.9	107.60	
	5	27.5	110.00	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1	37.5	150.00	151.30
	2	37.8	151.20	
	3	38	152.00	
	4	38	152.00	
	5	38.2	152.80	
KMnO <sub>4</sub>	1	32.8	131.20	132.40
	2	33	132.00	
	3	33.2	132.80	
	4	33.4	133.60	
	5	34	136.00	
NaOH	1	26.85	107.40	108.48
	2	27	108.00	
	3	27.3	109.20	
	4	27.33	109.32	
	5	27.42	109.68	

Data Tabel 1 menunjukkan bahwa spesimen laminasi serat bambu tanpa penambahan zat kimia (RAW) memiliki rata - rata kuat tarik sebesar 102.80 MPa, spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> diperoleh rata rata kuat tarik sebesar 151.30 MPa, spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia KMnO<sub>4</sub> diperoleh rata rata kuat tarik sebesar 132.40 MPa, sedangkan spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia NaOH diperoleh rata rata kuat tarik sebesar 108.48 MPa.



Gambar 8. Grafik Tegangan Tarik

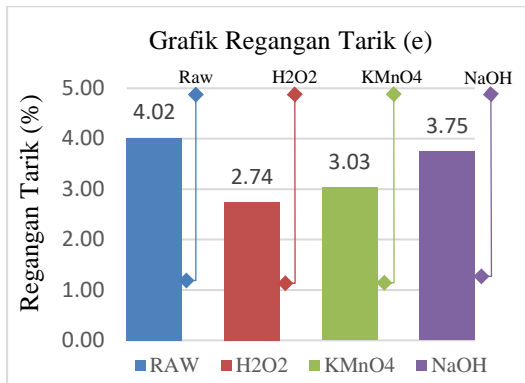
Berdasarkan data grafik pada gambar 8 nilai tarik tertinggi diperoleh pada spesimen dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yaitu sebesar 151.3 Mpa, sedangkan nilai tarik terendah diperoleh pada spesimen tanpa penambahan zat kimia (RAW) yaitu sebesar 102.80 MPa.

#### 3.1.2 Regangan Tarik

Tabel 2. Hasil Regangan Tarik

Variasi	No	ΔL (mm)	e (%)	Rata - rata (%)
Raw	1	10.0	4.0	4.02
	2	10.0	4.0	
	3	10.0	4.0	
	4	10.1	4.04	
	5	10.1	4.04	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1	6.5	2.6	2.74
	2	6.8	2.72	
	3	7.0	2.8	
	4	7.0	2.8	
	5	7.0	2.8	
KMnO <sub>4</sub>	1	7.4	2.96	3.03
	2	7.5	3.00	
	3	7.5	3.00	
	4	7.8	3.12	
	5	7.7	3.08	
NaOH	1	9.0	3.6	3.75
	2	9.2	3.68	
	3	9.5	3.8	
	4	9.55	3.82	
	5	9.6	3.84	

Data Tabel 2 menunjukkan bahwa spesimen serat bambu tanpa penambahan zat kimia (RAW) memiliki regangan tarik rata - rata sebesar 4.02%, spesimen serat bambu dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> diperoleh regangan tarik rata - rata sebesar 2.74 %, spesimen serat bambu dengan penambahan zat kimia KMnO<sub>4</sub> diperoleh regangan tarik rata rata sebesar 3.03 %, sedangkan spesimen serat bambu dengan penambahan zat kimia NaOH diperoleh regangan tarik rata rata sebesar 3.75%.



Gambar 9. Grafik Regangan Tarik

Berdasarkan data grafik pada gambar 9 nilai regangan tarik tertinggi diperoleh pada spesimen tanpa penambahan zat kimia (RAW) yaitu sebesar 4.02%, sedangkan regangan tarik terendah diperoleh pada spesimen dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yaitu sebesar 2.74 %.

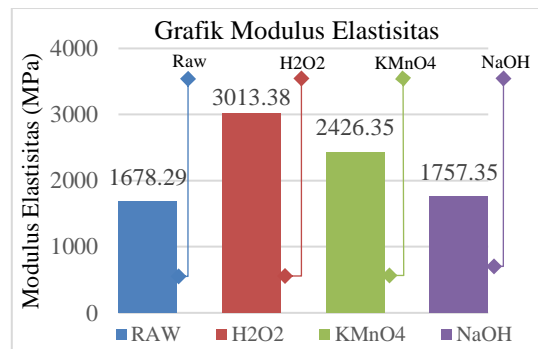
Sebagai perbandingan, dilakukan pengujian tambahan spesimen bilah bambu yang sudah diberi perlakuan larutan zat H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, NaOH, dan tanpa perlakuan zat kimia. Spesimen ini berukuran 250 mm x 5 mm x 5mm. Spesimen dengan penambahan zat KMnO<sub>4</sub> menghasilkan nilai tarik sebesar 616.00 MPa, spesimen dengan penambahan zat H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> menghasilkan nilai tarik sebesar 536.00 MPa, spesimen dengan penambahan zat NaOH menghasilkan nilai tarik sebesar 620.00 MPa, dan spesimen tanpa perlakuan (RAW) menghasilkan nilai tarik sebesar 588.00 MPa. Berdasarkan data hasil uji tarik tersebut nilai tarik tertinggi diperoleh pada spesimen dengan penambahan zat kimia NaOH yaitu sebesar 620 MPa, sedangkan nilai tarik terendah diperoleh pada spesimen dengan penambahan zat H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yaitu sebesar 536.00 MPa.

### 3.1.3 Modulus Elastisitas

Tabel 3. Data Hasil Modulus Elastisitas

Variasi	No	$\sigma$ Luluh (Mpa)	Regangan e (%)	E (Mpa)	Rata-rata (MPa)
Raw	1	66.4	4	1660.00	1678.29
	2	67.2	4	1680.00	
	3	67.6	4	1690.00	
	4	68	4.04	1683.17	
	5	69.2	4.04	1712.87	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1	77.2	2.6	2969.23	3013.38
	2	81.6	2.72	3000.00	
	3	84.92	2.8	3032.86	
	4	85.44	2.8	3051.43	
	5	85.8	2.8	3064.29	
KMnO <sub>4</sub>	1	72	2.96	2432.43	2426.35
	2	72	3	2400.00	
	3	72.15	3	2405.00	
	4	77	3.12	2467.95	
	5	78	3.08	2532.47	
NaOH	1	62	3.6	1722.22	1757.35
	2	63	3.68	1711.96	
	3	68	3.8	1789.47	
	4	68.98	3.82	1805.76	
	5	70	3.84	1822.92	

Data Tabel 3 menunjukkan bahwa spesimen laminasi serat bambu tanpa penambahan zat kimia (RAW) memiliki rata - rata modulus elastisitas sebesar 1678.29 MPa, spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> diperoleh rata - rata modulus elastisitas sebesar 3013.38 MPa, spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia KMnO<sub>4</sub> diperoleh rata rata modulus elastisitas sebesar 2426.35 MPa, sedangkan spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia NaOH diperoleh rata rata modulus elastisitas sebesar 1757.35 MPa.



Gambar 10. Grafik Modulus Elastisitas

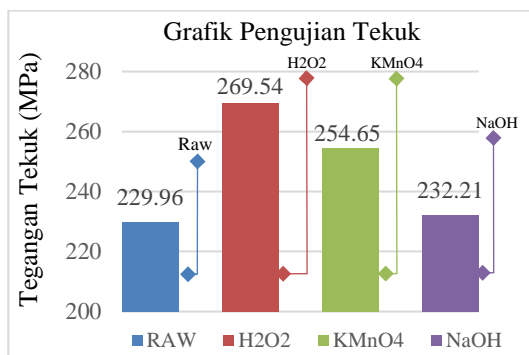
Berdasarkan data grafik pada gambar 10 nilai rata - rata modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada spesimen dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yaitu sebesar 3013.38 Mpa, sedangkan nilai rata -rata modulus elastisitas terendah diperoleh pada spesimen tanpa penambahan zat kimia (RAW) yaitu sebesar 1678.29 MPa.

### 3.2 Uji Tekuk

Tabel 4. Hasil Pengujian Tegangan Tekuk

Variasi	No	P Max (N)	Tegangan Bending (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
Raw	1	9880	228.00	229.96
	2	9980	230.31	
	3	9990	230.54	
	4	10010	231.00	
	5	10120	233.54	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1	11300	260.77	269.54
	2	11560	266.77	
	3	11900	274.62	
	4	11960	276.00	
	5	12020	277.38	
KMnO <sub>4</sub>	1	10980	253.38	254.65
	2	11000	253.85	
	3	11060	255.23	
	4	11100	256.15	
	5	11230	259.15	
NaOH	1	10000	230.77	232.21
	2	10020	231.23	
	3	10030	231.46	
	4	10200	235.38	
	5	10230	236.08	

Data Tabel 4 menunjukkan bahwa spesimen laminasi serat bambu tanpa penambahan zat kimia (RAW) memiliki rata - rata tegangan tekuk sebesar 229.96 MPa, spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> diperoleh rata - rata tegangan tekuk sebesar 269.54 MPa, spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia KMnO<sub>4</sub> diperoleh rata rata tegangan tekuk sebesar 254.65 MPa, sedangkan spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia NaOH diperoleh rata rata tegangan tekuk sebesar 232.21 Mpa.



Gambar 11. Grafik Tegangan Tekuk

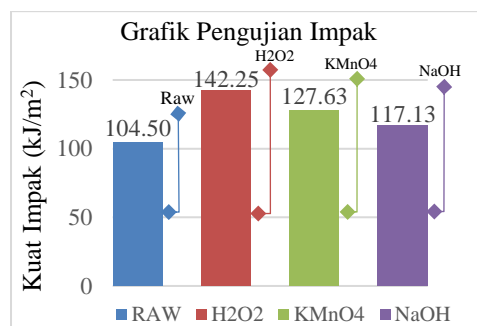
Berdasarkan data grafik pada gambar 11 nilai rata - rata tegangan tekuk tertinggi diperoleh pada spesimen dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yaitu sebesar 269.54 Mpa, sedangkan nilai rata - rata tegangan tekuk terendah diperoleh pada spesimen tanpa penambahan zat kimia (RAW) yaitu sebesar 229.96 MPa.

### 3.3 Uji Impak

Tabel 5. Hasil Pengujian Impak

Variasi	No	Energi (J)	Harga Impak (J/mm <sup>2</sup> )	Kuat Impak (kJ/m <sup>2</sup> )	Rata-rata Kuat Impak (kJ/m <sup>2</sup> )
Raw	1	10	0.100	100.00	104.50
	2	10.5	0.105	105.00	
	3	10.5	0.105	105.00	
	4	10.8	0.108	108.00	
	5	11	0.110	110.00	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1	14	0.140	140.00	142.25
	2	14.2	0.142	142.00	
	3	14.2	0.142	142.00	
	4	14.5	0.145	145.00	
	5	14.8	0.148	148.00	
KMnO <sub>4</sub>	1	12.5	0.125	125.00	127.63
	2	12.55	0.126	125.50	
	3	13	0.130	130.00	
	4	13	0.130	130.00	
	5	13.2	0.132	132.00	
NaOH	1	11.5	0.115	115.00	117.13
	2	11.6	0.116	116.00	
	3	11.85	0.119	118.50	
	4	11.9	0.119	119.00	
	5	11.9	0.119	119.00	

Data Tabel 5 menunjukkan bahwa spesimen laminasi serat bambu tanpa penambahan zat kimia (RAW) memiliki rata - rata kuat impak sebesar 104.50 kJ/m<sup>2</sup>, spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> diperoleh rata - rata kuat impak sebesar 142.25 kJ/m<sup>2</sup>, spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia KMnO<sub>4</sub> diperoleh rata rata kuat impak sebesar 127.63 kJ/m<sup>2</sup>, sedangkan spesimen laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia NaOH diperoleh rata rata kuat impak sebesar 117.13 kJ/m<sup>2</sup>



Gambar 12. Grafik Tegangan Impak

Berdasarkan data grafik pada gambar 12 nilai rata - rata kuat impak tertinggi diperoleh pada spesimen dengan penambahan zat kimia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yaitu sebesar 142.25 kJ/m<sup>2</sup>, sedangkan nilai rata - rata kuat impak terendah diperoleh pada spesimen tanpa penambahan zat kimia (RAW) yaitu sebesar 104 kJ/m<sup>2</sup>.

Antara larutan zat  $H_2O_2$ ,  $KMnO_4$ , dan  $NaOH$ , dengan pengujian tarik, tekuk, dan impak, berhubungan. Perlakuan larutan zat kimia ditujukan untuk membersihkan lignin dari serat bambu. Saat ion permanganate terhubung dengan serat, ion tersebut akan mengikat lignin (hidrofilik) dan memisahkan lignin dari dinding serat, sehingga akan mengurangi lignin pada serat dan memiliki sifat hidrofobik[14]. Menghilangnya lignin pada permukaan serat bambu dapat meningkatkan adhesi antara serat dengan matriks[15]. Pengujian tarik, tekuk, dan impak, dilakukan untuk mengetahui penurunan dan peningkatan kekuatan mekanis serat bambu.

### 3.4 Perbandingan Hasil dengan Standar BKI

Menurut peraturan BKI Vol 5 *rules for fiberglass reinforced plastic ship section* 1.C.4.1.1 diketahui bahwa kapal yang diisi oleh serat penguat harus memiliki standar kekuatan tarik minimal  $98N/mm^2$  dan kekuatan bending  $150N/mm^2$  [13]

Penambahan zat kimia terhadap komposit serat bambu memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik, tegangan tekuk dan kekuatan impak.

Berdasarkan pada. pengujian tarik yang dilakukan jika mengacu pada standar BKI *rules for fiberglass reinforced plastic ship* maka semua spesimen memenuhi standar BKI dengan rata – rata kuat tarik tertinggi sebesar 151.30 Mpa yaitu pada spesimen serat bambu dengan penambahan zat kimia  $H_2O_2$ .

## 4. KESIMPULAN

Pengujian yang telah dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan zat kimia terhadap laminasi serat bambu diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Kekuatan tarik laminasi serat bambu yang paling tinggi ada pada laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia  $H_2O_2$  dengan hasil kuat tarik sebesar 151.30 Mpa, mempunyai selisih nilai 48.50 Mpa lebih tinggi, dari bambu laminasi serat bambu tanpa perlakuan (raw) yang menghasilkan kuat tarik 102.80 Mpa, pada regangan tarik laminasi serat bambu tanpa penambahan zat kimia memiliki nilai regangan tertinggi sebesar 4.02 %.

Spesimen serat bambu dengan penambahan zat kimia  $H_2O_2$  memiliki modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 3013.38 Mpa, mempunyai selisih nilai 1335.09 MPa lebih tinggi, dari spesimen serat bambu tanpa penambahan zat kimia (raw) yang hanya memiliki modulus elastisitas 1678.29 Mpa.

Nilai pengujian tegangan tekuk tertinggi ada pada laminasi serat bambu dengan penambahan zat

kimia  $H_2O_2$  yaitu sebesar 269.54 Mpa, mempunyai selisih nilai 39.58 Mpa lebih tinggi dari nilai kuat tekuk laminasi serat bambu tanpa penambahan zat kimia (raw) yaitu sebesar 229.96 Mpa.

Nilai Pengujian impak laminasi serat bambu dengan penambahan zat kimia  $H_2O_2$  memiliki kekuatan impak tertinggi yaitu sebesar 142.25  $kJ/m^2$ , mempunyai selisih nilai 37.75  $kJ/m^2$  lebih tinggi dari nilai kuat impak laminasi serat bambu tanpa penambahan zat kimia (raw) yaitu sebesar 104.50  $kJ/m^2$ .

Komposit Serat bambu petung dengan perlakuan zat kimia memiliki kekuatan lebih tinggi dibanding dengan serat bambu tanpa perlakuan (raw) dan dapat digunakan sebagai material kulit kapal karena telah memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan oleh BKI.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. L. Matthews and R. D. Rawling, *Composite Material: Engineering and Science*. London: Woodhead Publishing, 1999.
- [2] T. Afrin, T. Tsuzuki, and X. Wang, "Bamboo fibres and their unique properties," 2009.
- [3] K. Khotimah, P. Manik, and S. Jokosisworo, "ANALISA TEKNIS BAMBU LAMINASI SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI PADA LUNAS KAPAL PERIKANAN," *Tek. Perkapalan*, vol. 2.1, 2014.
- [4] G. Refiadi, N. Bayu, H. Judawisastro, and M. Mardiyati, "Serat Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) Teralkalisasi sebagai Penguat Komposit Polimer," *J. Selulosa*, vol. 8, no. 01, p. 1, 2018.
- [5] P. Lokantara and P. Gede, "Analisis Arah Dan Perlakuan Serat Tapis Serta Rasio Epoxy Hardener Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 2, no. 2, 2012.
- [6] G. Refiadi, Y. S. Syamsiar, and H. Judawisastro, "Sifat Komposit Epoksi Berpenguat Serat Bambu Pada Akibat Penyerapan Air," *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 19, no. 3, p. 98, 2018.
- [7] A. As and D. Sutikno, "Pengaruh Waktu Perlakuan Kalium Permanganate (  $KMnO_4$  ) Terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Purun Tikus ( *Eleocharis Dulcis* )," vol. 2, no. 3, pp. 193–198, 2011.
- [8] D. L. Zariatun, M. A. Ravizqi, and A. S. Siregar, "Analisis pengaruh waktu perebusan serat bambu apus (



- Gigantochloa Apus ) pada larutan NaOH terhadap beban tarik,” *Semin. Reset Teknol.*, pp. 51–57, 2020.
- [9] P. Sykes, *Penuntun Mekanisme Reaksi Kimia Organik*. Jakarta: PT. Gramedia, 1989.
- [10] ASTM International, “ASTM D 3039 - Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials,” in *ASTM Book of Standards*, 2010, pp. 99–109.
- [11] ASTM D7264/D7264M-07, “Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials,” in *Annual Book of ASTM Standards*, vol. i, 2007, pp. 1–11.
- [12] American Society for Testing & Mater, “Standard test methods for felt,” 1987, pp. 1–20.
- [13] B. K. Indonesia, “Rules for The Clasification and Construction Part. 3 Special Ships,” *Rules Small Vessel Up to 24 Meters*, 2013.
- [14] M. M. Kabir, H. Wang, K. T. Lau, and F. Cardona, “Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview,” *Compos. Part B Eng.*, vol. 43, no. 7, pp. 2883–2892, 2012.
- [15] P. Sahu and M. K. Gupta, “A review on the properties of natural fibres and its bio-composites: Effect of alkali treatment,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part L J. Mater. Des. Appl.*, vol. 234, no. 1, pp. 198–217, 2020.