



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Teknis Penggunaan Serat Pelepah Siwalan (*Borassus Flabellifer*) sebagai Alternatif Material Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak

Muhammad Wahyu Prihantoro¹⁾, Hartono Yudo¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾

¹⁾Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: muhammad.wahyu.p.12@gmail.com

Abstrak

Serat pelepah Siwalan (*Borassus Flabellifer*) merupakan penguat komposit alami yang memiliki struktur serat yang kontinyu kuat, tidak membahayakan kesehatan, murah, tersedia melimpah karena belum dimanfaatkan dengan baik serta dapat mengurangi polusi lingkungan. Dari pertimbangan diatas maka penelitian ini dilakukan pembuatan material komposit berpenguat serat alami yaitu serat pelepah siwalan untuk mengetahui kekuatan tekuk dan impak dan mengetahui pengaruh variasi arah serat terhadap kekuatan tekuk dan impak dari material komposit berpenguat serat pelepah siwalan. Pembuatan komposit serat pelepah siwalan pada penelitian ini menggunakan metode *hand layup* dengan arah orientasi serat lurus, fraksi volume 60% *matriks polyester* dan 40% serat pelepah siwalan. Hasil pengujian komposit berpenguat serat pelepah siwalan didapatkan nilai uji *bending* tertinggi dimiliki oleh komposit dengan variasi arah sudut 0° dengan nilai rata – rata 47,239 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 57,43 N/mm² dan rata-rata nilai modulus elastisitas 2422,96 N/mm², nilai uji *impact* tertinggi pada sudut 0° mempunyai energi impak rata-rata sebesar komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0 ° mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0077 J/mm² dengan nilai tertinggi sebesar 0,0090 J/mm² dan berdasarkan hasil pengujian *bending* dan *impact* yang didapat, semakin kecil sudut arah serat maka semakin besar kekuatan yang mempengaruhi hasil pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik, modulus elastisitas dan kekuatan uji *bending* tertinggi dari komposit berpenguat serat pelepah siwalan belum dapat memenuhi ketentuan peraturan kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari BKI yang mempunyai nilai modulus elastisitas 6860 N/mm² dan kekuatan *bending* 150 N/mm².

Kata kunci: serat pelepah siwalan, metode *hand lay up*, *polyester resin*, *bending*, *impact*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pohon siwalan (*Borassus flabellifer*) juga dikenal dengan nama pohon lontar/ tal merupakan tanaman palma/ palem yang banyak terdapat di Asia Selatan dan Asia Tenggara. Di banyak daerah, pohon ini juga dikenal dengan nama-nama yang mirip seperti *lonta* (Min.), *ental* (Sd., Jw., Bal.), *taal* (Md.), *dun tal*(Sas.), *jun tal* (Sumbawa), *tala* (Sulsel), *lontara* (Toraja), *lontoir* (Ambon). Juga *manggita*, *manggitu* (Sumba) dan *tua* (Timor). Pohon palma yang kokoh kuat, berbatang tunggal dengan tinggi 15-30 m dan diameter batang sekitar 60 cm. Sendiri atau kebanyakan berkelompok, berdekatan-dekatan.

Daunnya digunakan sebagai bahan kerajinan dan media penulisan naskah lontar. Barang-barang kerajinan yang dibuat dari daun lontar antara lain adalah kipas, tikar, topi, aneka keranjang, tenunan untuk pakaian dan sasando, alat musik tradisional di Timor. Sejenis serat yang baik juga dapat dihasilkan dengan mengolah tangkai dan pelepah daun. Serat ini pada masa silam cukup banyak digunakan di Sulawesi Selatan untuk menganyam tali atau membuat *songkok*, semacam tutup kepala setempat.[10]

Hasil penelitian ini sangat diharapkan adanya inovasi dan pengembangan lebih lanjut dalam teknologi dan ilmu pengetahuan tentang material komposit berpenguat serat alami atau

organik di Indonesia, khususnya pada Industri perkapalan dan perikanan. Umumnya selama ini industri yang menggunakan serat sintetis masih sangat bergantung pada serat gelas (*fiberglass*) untuk bahan baku industrinya yang difungsikan sebagai penguat komposit FRP (*Fiberglass Reinforcement Plastic*). Penelitian ini didapatkan kekuatan tekuk dan dampak yang maksimal. Pemilihan bahan material serat pelepah siwalan sebagai penguat pada komposit karena memiliki struktur serat yang kontinyu kuat dan banyak tetapi tidak termanfaatkan. Oleh karena itu dibutuhkan pemanfaatan yang lebih baik lagi sebagai alternatif untuk bahan dasar komposit, dan secara tidak langsung nilai tambah (*added value*) dari tanaman ini bisa ditingkatkan menjadi tanaman industri.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka penelitian ini diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Sejauh manakah material komposit berpenguat serat pelepah siwalan mampu menahan beban tekuk dan dampak sehingga dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut dalam pembuatan komponen kapal?
2. Bagaimana pengaruh variasi arah serat terhadap kekuatan tekuk dan dampak?

I.3. Pembatasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan adalah :

1. Pengujian yang digunakan hanya sebatas pengujian mekanik.
2. Penelitian ini hanya mengkaji aspek kekuatan tekuk dan dampak.
3. Bahan komposit yang digunakan adalah serat pelepah siwalan.
4. Peneliti hanya mengkaji arah serat dengan variasi sudut bersilangan (0°), (45°) dan (90°).
5. Masing – masing variasi sudut dibuat 5 spesimen uji.
6. Pengujian tekuk dan Pengujian dampak di laboratorium menggunakan standar *ASTM D790 -03* dan *ASTM D256 -03*.
7. Perbandingan hasil pengujian berpaku pada standarisasi BKI. Menggunakan metode *hand lay-up* untuk proses pembuatan material komposit.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kekuatan dari material komposit berpenguat serat pelepah siwalan jika menerima beban tekuk untuk pembuatan komponen kapal sesuai standar kekuatan mekanis yang disyaratkan/ diizinkan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia).
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi arah serat terhadap kekuatan tekuk dan dampak dari material komposit berpenguat serat pelepah siwalan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penjelasan

Komposit didefinisikan sebagai suatu material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda yang dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik.[4]

Pada umumnya komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda yaitu :

- a. Penguat (*Reinforcement*), umumnya mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid serta lebih kuat.
- b. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

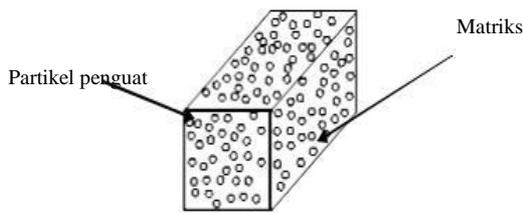
2.2. Klasifikasi Komposit

Kebanyakan material komposit dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat mekaniknya. Mekanisme penguatan komposit tergantung sekali pada geometri penguatnya, sehingga dalam mengklasifikasikan material komposit juga berbasis pada geometri penguatnya. Komposit diklasifikasikan menjadi 3 macam yaitu :

1. Komposit Partikel (*Particulate composite*).

Komposit yang tersusun atas matrik kontinyu dan penguat (*reinforced*) yang diskontinyu berbentuk partikel atau serat pendek disebut komposit partikel, secara umum penguat partikel kurang efektif dalam mempertahankan ketahanan patah, berbeda dengan komposit berpenguat serat yang bagus dalam mempertahankan ketahanan patah namun matrik berpenguat partikel ini memiliki sifat ulet yang bagus untuk mengurangi beban patah mendadak, fungsi dari partikel-partikel ini adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan

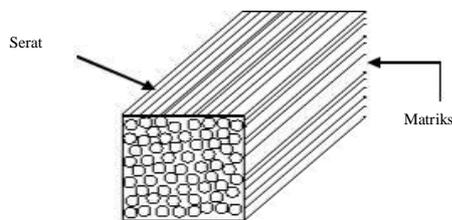
menghambat deformasi plastis, partikel-partikel tersebut bisa berupa logam maupun bukan logam.[4]



Gambar 1. Komposit partikel (*Particulate composite*).

2. Komposit Serat (*Fibrous composite*).

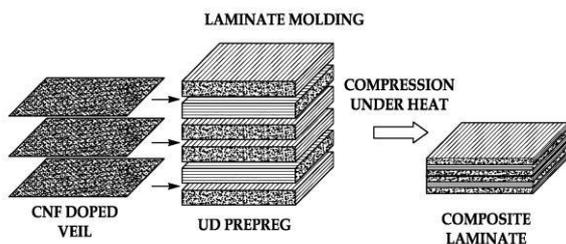
Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Komposit ini tersusun atas matrik kontinu polimer atau logam, serat-serat ini terikat oleh matrik, biasanya berbentuk multifilamen panjang yang digulung. Diameter serat biasanya antara 3 sampai 30 mikrometer. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.[5]



Gambar 2. Komposit serat (*Fibrous composite*)

3. Komposit Lapis (*Laminate composite*)

Komposit lapis atau komposit laminat ini terdiri dari beberapa lapisan komposit lapis berpenguat serat, berpenguat komposit partikel atau kombinasi lapisan komposit tipis dengan material berbeda dimana lapisan tersebut saling terikat didalam satu matriks.[4]



Gambar 3. Komposit lapis/ *Laminated Composite* (penggabungan beberapa lapisan /lamina komposit)

2.3. Serat Pelepah Siwalan (*Borassus flabellifer* sebagai Serat Penguat

Pemanfaatan serat pelepah siwalan (*Borassus flabellifer*) sebagai serat penguat komposit akan mempunyai arti penting dalam mengoptimalkan pemanfaatan serat alam sebagai material penguat komposit. Saat ini tidak banyak yang memanfaatkan serat daun siwalan sebagai bahan komposit, tumbuhan siwalan yang ada hanya diambil serat yang baik juga dapat dihasilkan dengan mengolah tangkai dan pelepah daun. Serat ini pada masa silam cukup banyak digunakan di Sulawesi Selatan untuk menganyam tali atau membuat *songkok*, semacam tutup kepala setempat.[10] Serat pelepah siwalan terdiri atas selulosa dan non selulosa yang diperoleh melalui penghilangan lapisan luar daun secara mekanik. Dan dilakukan penyisiran untuk mempermudah dalam pengambilan serat siwalan.

2.3. Uji Tekuk (*Bending Test*)

Pada material yang homogen pengujian batang sederhana dengan dua titik dukungan dan pembebanan pada tengah-tengah batang uji (*three point bending*), maka tegangan maksimum dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (1)$$

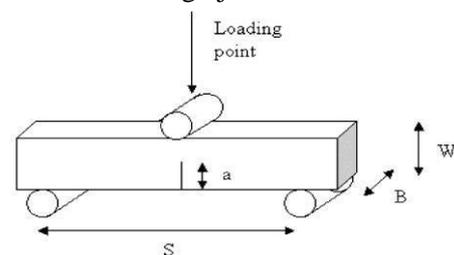
σ = Kekuatan *bending*, MPa

P = Beban, N

L = Panjang span, mm

b = lebar batang uji, mm

d = tebal batang uji, mm



Gambar 4. Uji bending dengan tiga titik (*Three Point Bending*)

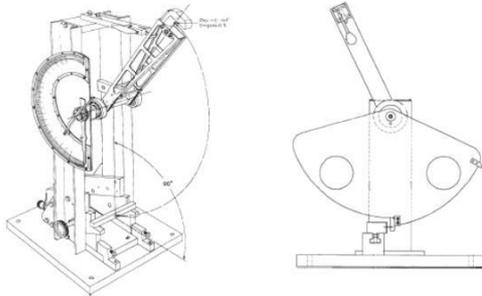
2.4. Uji Impak (*Impact Test*)

Ketangguhan komposit dapat diketahui dengan menggunakan uji impak (*impact test*). Uji ini bertujuan untuk mengukur ketangguhan atau kemampuan suatu bahan dalam menyerap energi sebelum patah (*toughness*).

Kekuatan *impact* benda uji dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$\frac{W}{b_i \times h_i} \quad (1)$$

W = energi terserap benda uji (J)
 bi = lebar benda uji impact (mm)
 hi = tebal benda uji impact (mm)



Gambar 5. Pengujian impact metode *charpy*

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan suatu penelitian yang bersifat percobaan (*eksperimental*) atau melakukan pengujian. Percobaan yang dilakukan adalah pembuatan komposit dengan menggunakan serat daun gebang sebagai serat penguat, kemudian dilakukan pengujian kekuatan bending dan impact yang kemudian hasil pengujian akan dibandingkan dengan kekuatan dari serat gelas (*Fiberglass Reinforced Plastic*) berdasarkan peraturan BKI[2].

3.1 Bahan Penelitian

1. Serat Pelepeh Siwalan
2. Resin Polyester
 - Yukalac 157 BQNT-EX
 - Kekuatan tarik: 12.07 Mpa
 - Modulu elastisitas : 1.18 Gpa
 - Massa jenis : 1.19 gram/cm³
3. Katalis
4. Wax/Mold release

3.2 Peralatan Penelitian

1. Alat cetak yang dibuat menggunakan kaca atau porselain
2. Penggaris dan jangka sorong
3. Penjepit
4. Sekrap
5. Gergaji
6. Gerinda tangan
7. Kuas cat
8. Gelas takaran

3.3 Proses pembuatan serat pelepeh siwalan (*Borassus flabellifer*)

Serat siwalan diambil dari pelepeh pada tumbuhan siwalan, bahan pelepeh yang dipilih adalah pelepeh pelepeh dari hasil panen perkebunan siwalan yang sudah tua. Adapun langkah – langkah pembuatan serat pelepeh siwalan adalah sebagai berikut :

a. Proses mengupas kulit pelepeh siwalan untuk memisahkan serat dalamnya. Kemudian dilanjutkan dengan dipukul pelan dengan menggunakan palu agar zat perekat yang ada di pelepeh terpisah. Tahapan selanjutnya proses *Water retting* adalah proses yang dilakukan oleh micro-organism (*bacterial action*) dengan menggunakan campuran air dan EM- 4 untuk memisahkan atau membuat busuk zat – zat perekat (*gummy substances*) yang berada di sekitar serat pelepeh siwalan, sehingga serat akan mudah terpisah dan terurai satu dengan lainnya. Proses *retting* dilakukan dengan cara memasukan pelepeh – pelepeh ke dalam air dalam waktu tertentu.

b. Kemudian pelepeh dilakukan proses pengikisan atau pengerokan (*scraping*) dengan menggunakan pisau yang tidak terlalu tajam untuk menghilangkan zat – zat yang masih menempel atau tersisa pada serat.

c. Pelepeh pelepeh yang sudah menjadi serat dibersihkan kemudian di sisir dan dikeringkan di panas sinar matahari.

3.4 Perhitungan Ketebalan Lamina

Hal penting yang harus dipertimbangkan dalam penyusunan lamina adalah perencanaan ketebalan lamina pada lamina kulit komposit. Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matrik harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya *void*. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat.[7] Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$W_f = \frac{W_f}{W_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_c V_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} v_f$$

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} w_f = 1 - V_m$$

Volume cetakan = 370 x 340 x 7 = 880600 mm²

V_f = Volume serat 40 % = 40/ 100 x 880600 mm = 352240 mm²

V_m = Volume resin 60 % = 60/ 100 x 880600 mm = 528360 mm²

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa *fiber* dan matrik, serta density *fiber* dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa *fiber* dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford,1992) :

$$V_f = \frac{\frac{w_f}{\rho_f}}{\frac{w_f}{\rho_f} + \frac{w_m}{\rho_m}}$$

dimana :

W_f : fraksi berat serat

w_f : berat serat

w_c : berat komposit

ρ_c : density serat

ρ_f : density komposit

v_f : fraksi volume serat

v_m : fraksi volume matrik

V_f : volume serat

V_m : volume matrik

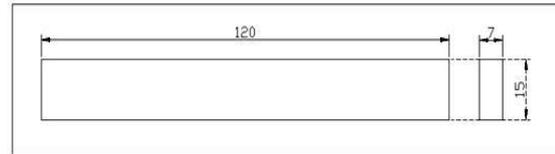
3.5 Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan untuk mencari nilai kekuatan dari perbedaan arah serat setelah proses uji bending dan impact.

1. Parameter tetap :

- Uji Bending
- Spesimen Komposit Serat Pelepah Siwalan

- Standar Pengujian :ASTM D790-03



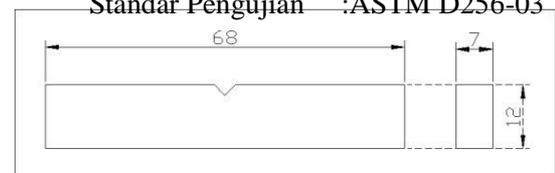
Gambar 6. Bentuk Spesimen Uji Bending

Ukuran Spesimen :

Panjang : 120 mm
Lebar : 15 mm
Ketebalan : 7 mm

- Uji Impact
- Spesimen Komposit Serat Pelepah Siwalan

Standar Pengujian :ASTM D256-03



Gambar 7. Bentuk Spesimen Uji Impact

Ukuran spesimen

Panjang : 68 mm
Lebar : 12 mm

4. HASIL DAN ANALISA DATA

4.1 Analisa Teknis

Dalam pembahasan analisa teknis, data diperoleh dari hasil pengujian material di laboratorium. Pengujian kuat tekuk (bending) dan uji impact komposit serat daun gebang ini dilakukan pada Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Dengan mengacu pada standar ASTM D 790-03 untuk uji bending pada komposit sandwich dan ASTM D 256-03 untuk uji impact metode charpy.

Dari pengujian bending yang dilakukan dengan menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* ControlLAB tipe TN 20 MD dan pengujian impact dengan menggunakan alat uji impact charpy ControlLAB tipe OP300 di pada Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, didapatkan rata-rata nilai kekuatan beban maksimal yang dapat diterima

oleh material (ρ_{max}), tegangan tekuk, serta modulus elastisitas pada masing masing specimen uji bending. Serta rata-rata nilai keuletan atau ketangguhan impact pada masing masing specimen uji impact.

4.1.1 Pengujian Bending

Pada data hasil pengujian tekuk (*bending test*) diambil dari sample hasil yang menunjukkan besarnya harga gaya beban max saat menekuk. Pengujian tekuk tersebut didapatkan nilai beban maksimal yang dapat diterima oleh material (ρ_{max}) dan kuat tekuk (kg/mm^2). Nilai beban maksimal diperoleh langsung pada layar *load* pada mesin uji bending. Hasil pada layar *load* tersebut kemudian dikalikan dua dikarenakan kalibrasi pada alat uji tersebut. Setelah didapat nilai beban maksimal (ρ_{max}) maka dapat dicari nilai kuat tekan (N/mm^2).

Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan data yang didapat pada saat pengujian bending sebagai berikut:

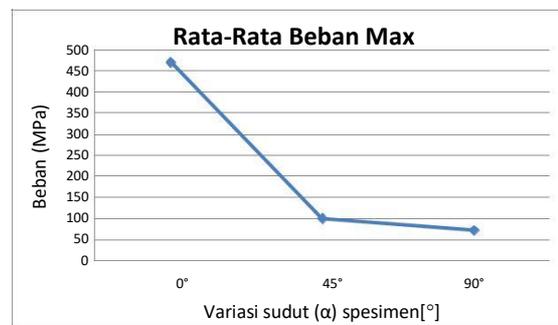
Tabel 1. Data hasil pengujian bending

Sudut	Spesimen	t (mm)	b (mm)	W (mm)	Ls (mm)	ΔL	σ_b	ρ_{max} Newton	MoE N/mm^2
0°	Spesimen 1	10,11	15,3	260,6409	110	5,47	11,09	350	1346,647
	Spesimen 2	10,21	16,48	286,3238	110	3,34	13,25	490	2783,128
	Spesimen 3	10,62	15,15	284,7806	110	3,71	16,92	550	2718,446
	Spesimen 4	10,48	14,91	272,9285	110	3,60	18,35	570	3069,933
	Spesimen 5	10,31	14,53	257,4137	110	3,71	13,44	390	2196,682
45°	Spesimen 1	8,39	16,41	192,5224	110	1,84	2,99	90	1679,377
	Spesimen 2	9,36	17,31	252,7537	110	2,60	3,21	120	1081,935
	Spesimen 3	9,41	15,5	228,7493	110	0,67	3,65	110	1229,951
	Spesimen 4	9,82	17,01	273,3859	110	0,30	2,38	90	1197,272
	Spesimen 5	9,88	17,63	286,8236	110	1,01	2,2	90	1743,878
90°	Spesimen 1	8,75	16,56	211,3125	110	0,22	0,94	30	1090,083
	Spesimen 2	9,07	14,78	202,6459	110	1,77	1,51	40	1681,881
	Spesimen 3	9,23	15,8	224,3413	110	1,03	2,6	80	1080,217
	Spesimen 4	9,3	15,19	218,9639	110	1,24	4,19	120	1635,548
	Spesimen 5	9,11	15,71	217,301	110	0,93	3	90	1711,105

Keterangan :

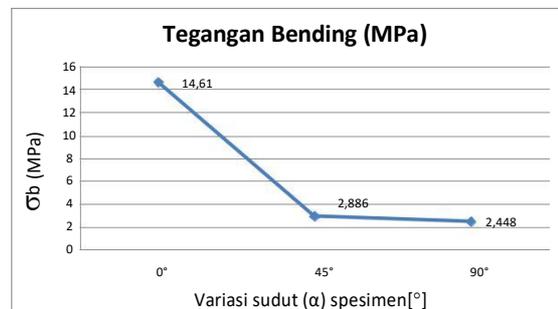
- t = Tebal spesimen
- b = Lebar spesimen
- W = Luas penampang spesimen
- Ls = Jarak antara dua penumpu
- ρ_{max} = Tegangan maksimal

Pada tabel data hasil pengujian tekuk yang terdapat pada Tabel 1. diatas, diambil dari sample hasil yang menunjukkan besarnya harga gaya beban maksimal saat menekuk. Dari tiap variable pengujian terdapat lima sample spesimen. Dari tiap variasi material komposit tersebut kemudian dicari rata-rata nilai beban maksimal yang dapat diterima oleh material (ρ_{max}) dan kuat tekuk (N/mm^2) di tiap variasi material komposit. Mesin uji bending pada penelitian ini menggunakan satuan SI yaitu Newton. Standar kuat tekuk dan modulus elastisitas menggunakan satuan Newton, menurut Buku BKI *Rules for Fiber Reinforced plastic Ship 2016 section 1 C.4.1*[2]. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan beban maksimal (ρ_{max}) yang didapat pada saat pengujian bending material komposit.



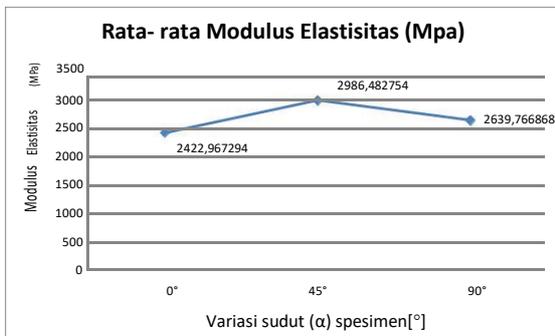
Gambar 8. Grafik nilai rata-rata ρ_{max} per variasi

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar tabel 8. dan grafik gambar 8. dan diatas, dapat diketahui hasilnya yaitu, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai rata-rata ρ_{max} sebesar 470 Newton dan memiliki nilai tertinggi sebesar 570 Newton, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45° mempunyai rata-rata ρ_{max} sebesar 100 Newton dan memiliki nilai tertinggi sebesar 120 Newton, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai rata-rata ρ_{max} sebesar 72 Newton dan memiliki nilai tertinggi sebesar 120 Newton.



Gambar 9. Nilai tegangan bending.

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar 9. diatas, dapat diketahui hasilnya yaitu, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai rata-rata tegangan bending sebesar 14,61 MPa dan memiliki nilai tertinggi sebesar 18,35 MPa, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45° mempunyai rata-rata tegangan bending sebesar 2,886 MPa dan memiliki nilai tertinggi sebesar 3,65 MPa, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai rata-rata tegangan bending sebesar 2,448 MPa dan memiliki nilai tertinggi sebesar 4,19 MPa. Nilai rata-rata modulus elastisitas dapat diketahui oleh tiap-tiap spesimen material komposit sebagai berikut:



Gambar 10. Nilai rata-rata modulus elastisitas per variasi

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar 10. diatas, dapat disimpulkan rata-rata nilai modulus elastisitas yang dapat diketahui hasilnya, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 2422,96 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 3069,93 N/mm², komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45° mempunyai rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 1386,48 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 1743,88 N/mm², komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 1239,76 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 1635,55 N/mm².

4.1.2 Pengujian Impak

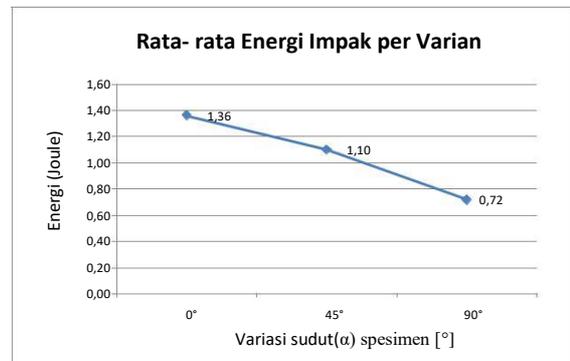
Pada data hasil pengujian benturan (*impact test*) diambil dari sampel hasil pengujian yang hasilnya berupa grafik yang menunjukan besar gaya patah pada saat beban pukul mematahkan spesimen. Berikut merupakan table hasil dari perhitungan data yang didapat saat pengujian bentur (*impact test*).

Tabel 2. Data hasil uji impak *charpy*

Variasi (°)	Kode Spesimen	t (mm)	b (mm)	A (mm)	Sudut β (°)	Energi (joule)	Keuletan (J/mm ²)
0	0-1	10,07	18,70	188,31	28,90	1,50	0,0080
	0-2	10,35	18,69	193,44	29,00	1,40	0,0072
	0-3	9,15	17,66	161,59	29,10	1,20	0,0074
	0-4	9,93	16,84	167,22	28,90	1,50	0,0090
	0-5	9,06	18,84	170,69	29,10	1,20	0,0070
45	45-1	9,35	17,12	160,07	29,10	1,20	0,0075
	45-2	9,62	16,93	162,87	29,20	1,10	0,0068
	45-3	9,73	17,61	171,35	29,20	1,10	0,0064
	45-4	9,61	17,76	170,67	29,20	1,10	0,0064
	45-5	9,43	17,60	165,97	29,30	1,00	0,0060
90	90-1	9,93	16,44	163,25	29,50	0,70	0,0043
	90-2	9,84	17,47	171,90	29,50	0,70	0,0041
	90-3	9,46	16,86	159,50	29,50	0,70	0,0044
	90-4	9,34	16,86	157,47	29,40	0,80	0,0051
	90-5	9,12	17,85	162,79	29,50	0,70	0,0043

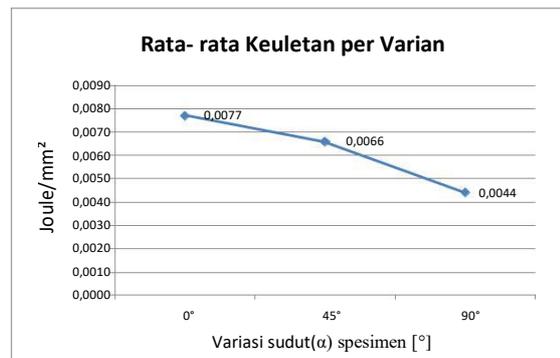
Keterangan :

- t =Tebal specimen
- b =Lebar specimen
- A =Luas penampang spesimen
- Sudut β =Sudut setelah *hammer* mematahkan specimen



Gambar 11. Rata-rata energi impak per varian

Hasil yang didapat dari pengujian benturan (*impact test*) menunjukkan bahwa rata-rata nilai tenaga patah yang dapat diterima material (Joule) dan rata-rata nilai ketangguhan impak (J/ mm²) pada rata-rata spesimen uji adalah, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai energi impak rata-rata sebesar 1,36 joule dengan nilai tertinggi sebesar 1,50 joule, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45° mempunyai energi impak rata-rata sebesar 1,10 joule dengan nilai tertinggi sebesar 1,10 joule, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai energi impak rata-rata sebesar 0,72 joule dengan nilai tertinggi sebesar 0,8 joule.



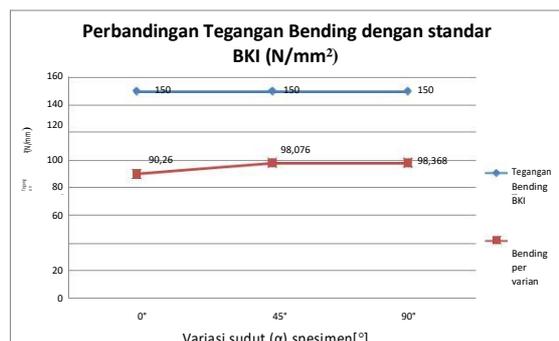
Gambar 12. Rata-rata nilai keuletan tiap variasi uji impak.

Sedangkan rata-rata nilai keuletan impak (J/mm²) pada rata-rata varian komposit, seperti yang ditunjukan pada gambar 12. diatas adalah, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0 ° mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0077 J/mm² dengan nilai tertinggi sebesar 0,0090 J/mm², komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45 ° mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0066 J/mm² dengan nilai tertinggi sebesar 0,0080 J/mm², komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0044 J/mm² dengan nilai tertinggi sebesar 0,0050 J/mm².

4.2 Perbandingan Hasil Uji Dengan Regulasi Dari BKI

Pada *Rules Of Fiberglass Reinforced Plastic 2016*, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), section 1.C.4.1^[2] menyatakan bahwa untuk kapal kapal FRP dengan bahan penguat fiberglass yang diisi oleh serat penguat baik itu dengan proses *hand lay up* dan lain sebagainya harus memiliki standar kekuatan kuat tekan sebesar 150 N/mm^2 dan modulus elastisitas minimal sebesar 6860 N/mm^2 .

Dalam aturan BKI diatas, hanya ditentukan persyaratan material komposit berdasarkan hasil uji tekuk (*bending test*), sehingga hasil uji impak hanya memberikan info tentang kekuatan material terhadap energi impak. Berdasarkan persyaratan BKI seperti yang telah disebutkan diatas dan membandingkan nilai hasil uji bending dan masing-masing variasi komposit, dapat dilihat pada gambar 13 dan gambar 14 dibawah bahwa konstruksi material komposit dengan arah serat 0° memiliki hasil tertinggi, baik itu beban maksimal, kuat tekan, dan modulus elastisitas pada uji bending. Disusul hasil tertinggi kedua dengan arah serat 45° dan arah serat 90° . Hal ini menunjukkan bahwa arah serat ternyata mempengaruhi dalam pengujian tekan. Meskipun demikian tidak ada satu variasi pun yang memenuhi standar BKI.

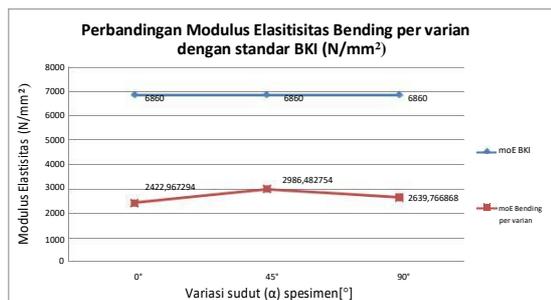


Gambar 13. Perbandingan nilai kuat tekuk terhadap BKI

Perbandingan nilai tegangan bending dari tiap variasi komposit dengan persyaratan dari BKI sebesar 150 N/mm^2 dilihat hasil pada varian komposit pada rata-rata spesimen uji, seperti yang ditunjukkan pada gambar 13. diatas adalah :

- Untuk komposit pelepas siwalan dengan arah serat 0° , selisih kuat tekuk $90,26 \text{ N/mm}^2$ atau (40 %) dari standar BKI.
- Untuk komposit pelepas siwalan dengan arah serat 45° , selisih kuat tekuk $98,076 \text{ N/mm}^2$ atau (40 %) standar dari BKI.

- Untuk komposit pelepas siwalan dengan arah serat 90° , selisih kuat tekuk $98,368 \text{ N/mm}^2$ atau (40 %) standar dari BKI.



Gambar 14. Perbandingan nilai modulus elastisitas terhadap BKI

Perbandingan nilai modulus elastisitas bending dari tiap variasi komposit dengan persyaratan dari BKI sebesar 6860 N/mm^2 dilihat hasil pada varian komposit pada rata-rata spesimen uji, seperti yang ditunjukkan pada gambar 14. diatas adalah :

- Untuk komposit serat pelepas siwalan dengan arah serat 0° , selisih kuat tekuk $2422,96 \text{ N/mm}^2$ atau (60 %) dari standar BKI.
- Untuk komposit serat pelepas siwalan dengan arah serat 45° , selisih kuat tekuk $2986,48 \text{ N/mm}^2$ atau (60 %) standar dari BKI.
- Untuk komposit serat pelepas siwalan dengan arah serat 90° , selisih kuat tekuk $2679,86 \text{ N/mm}^2$ atau (60 %) standar dari BKI.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan penulis yang berjudul “Analisa Teknis Penggunaan Serat Pelepas Siwalan (*Borassus flabellifer*) Sebagai Alternatif Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Uji Tekuk dan Uji Impak”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan pada akhir penulisan sebagai berikut :

1. - Hasil dari uji bending pada seluruh varian material komposit serat pelepas siwalan, Perbandingan nilai hasil uji bending dari masing-masing variasi komposit dengan persyaratan dari BKI sebesar 150 N/mm^2 dapat dilihat hasil pada varian komposit pada rata-rata spesimen uji yaitu,
 - Untuk komposit pelepas siwalan dengan arah serat 0° , selisih kuat tekuk $90,26 \text{ N/mm}^2$ atau (40 %) dari standar BKI.

- Untuk komposit pelepas siwalan dengan arah serat 45°, selisih kuat tekuk 98,076 N/mm² atau (40 %) standar dari BKI.
 - Untuk komposit pelepas siwalan dengan arah serat 90°, selisih kuat tekuk 98,368 N/mm² atau (40 %) standar dari BKI.
- Perbandingan nilai modulus elastisitas dari masing-masing variasi komposit dengan persyaratan dari BKI sebesar 6860 N/mm² dapat dilihat hasil pada varian komposit pada rata-rata spesimen uji yaitu,
- Untuk komposit serat pelepas siwalan dengan arah serat 0°, selisih kuat tekuk 2422,96 N/mm² atau (60 %) dari standar BKI.
 - Untuk komposit serat pelepas siwalan dengan arah serat 45°, selisih kuat tekuk 2986,48 N/mm² atau (60 %) standar dari BKI.
 - Untuk komposit serat pelepas siwalan dengan arah serat 90°, selisih kuat tekuk 2679,86 N/mm² atau (60 %) standar dari BKI.

Maka dari hasil kedua uji didapatkan seluruh spesimen tidak ada yang memenuhi persyaratan minimal BKI kuat tekuk dan modulus elastisitas uji tekuk. Hal ini disebabkan karena pada saat proses pembuatan spesimen mengalami cacat dalam pengerjaan.

2. Dari hasil pengujian arah serat sangat berpengaruh terhadap hasil dari pengujian bending dan impak, semakin besar volume serat pelepas siwalan maka semakin besar kekuatan yang mempengaruhi hasil pengujian ini.

5.2 Saran

Tugas akhir yang disusun penulis ini masih mempunyai keterbatasan dan kekurangan baik itu disebabkan oleh keterbatasan biaya, waktu, peralatan dan bahan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap. Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (*future research*) perlu memperhatikan hal-hal berikut antara lain :

1. Disarankan agar dilakukan pengujian dengan menggunakan standar pengujian lain seperti JIZ, SNI serta klasifikasi lainnya seperti DNV, ABS, GL NK dan lain sebagainya.
2. Penelitian kali ini hanya menggunakan variasi berupa arah sudut serat penguat. Oleh karena itu disarankan

juga dilakukan variasi lain seperti ketebalan kulit komposit.

3. Disarankan untuk pembuatan spesimen uji sebaiknya dilakukan oleh orang yang sudah berpengalaman dan ahli di bidang pembuatan komposit dengan metode vakum ini sehingga diperoleh spesimen uji yang benar benar diinginkan.
4. Disarankan untuk pembuatan serat ini dilakukan perendaman dengan larutan alkali (Na OH), agar struktur serat lebih terbuka dan dapat menyerap cairan resin.
5. Disarankan untuk penggunaan hasil jadi komposit ini pada kapal untuk pengganti komponen misalnya kursi, meja, *furniture* dan panel-panel yang tidak begitu membutuhkan kekuatan yang besar.
6. Disarankan juga dilakukan pengujian lainnya seperti uji tarik (*tensile strength*), uji tekan (*compressive strength*), uji kekerasan (*hardness strength*) uji kelelahan (*fatigue test*), dan uji kekedapan terhadap air untuk mengetahui lebih jauh sifat dan karakteristik dari material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Anonim, 2004. "Annual Book ASTM Standart", USA.
- [2.] Biro Klasifikasi Indonesia, "Volume V Rules for Fiberglass Reinforced Plastic Ships 2016 Edition"
- [3.] Oroh, Jonathan, 2013 "Analisis Sifat Mekanis Material Komposit Dari Serat Sabut Kelapa" Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [4.] Prof.Dr.Ir. Sulistijono, D. (2012). *Mekanika Material Komposit* (2012th ed.). Surabaya: ITS PRESS.
- [5.] Rijswijk, K. Van, and Brouwer, W. D. (2001). Application of Naturla Fibre Composites. *Delft University of Technology*, (December), 61.
- [6.] Surdia, T., dan Saito, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*, 372.

- [7.] Tuati, A. A., Purnowidodo, A., dan As, A. (2015). Pengaruh Fraksi Volume dan Panjang Serat Pelepah Lontar (Borassus Flabellifer) Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak Komposit Bermatrik Epoksi, 6(1), 33-38.
- [8.] Van- Vlack, L.H., 1985 "*Elements of Material Science and Engineering*", Addison- Wasely,
- [9.] Wiley, 2007. Callister "*Materials Science and Engineering- An Introduction 7e*".
- [10.] <https://id.wikipedia.org/wiki/Siwalan> akses situs 20 September 2016 jam 08;56
- [11.] <http://www.pemudamaritim.com/2014/03/eksistensi-indonesia-sebagai-negara-html>. akses situs 12 Februari 2016 jam 19:45
- [12.] <http://hima-tl.ppns.ac.id/?p=667> akses 12 Februari 2016 jam 1950