

# PEMANFAATAN MATERIAL BAMBU SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN KOMPOSIT PEMBUATAN KULIT KAPAL PENGGANTI MATERIAL KAYU UNTUK ARMADA KAPAL RAKYAT YANG BEROPERASI DI DAERAH MALUKU

Monalisa Manuputty<sup>\*)</sup>, Pieter Th Berhitsu<sup>\*\*)</sup>

## Abstract

Berdasarkan hasil Penelitian Pemanfaatan Material bambu sebagai Bahan Komposit Penganti Material kayu Untuk Badan Kapal maka sesuai dengan hasil pengujian laboratorium bahwa dari segi teknis serat bambu yang digunakan sebagai penguat dalam pembentukan material komposit bambu “ Bamboo – fiber Reinforced Plastic “ (BRP). Yaitu serat bambu Apus yang dirat/diiris secara radial (B1-1) dan secara tangensial (B2-1) dengan variasi serat dianyam dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan kulit kapal karena dari hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian tarik dan tekuk serta dampak menghasilkan kekuatan yang menurut Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dari segi kekuatan sudah memenuhi persyaratan yang ditentukan. Hasil pengujian statistik menurut Analisis of Variance (ANOVA) menunjukkan bahwa arah irisan /iratan secara radial dan tangensial terhadap serat bambu tidak mempengaruhi secara signifikan kekuatan dari material komposit (BRP). Faktor yang berpengaruh secara signifikan kekuatan dari material komposit BRP adalah jenis bambu dan variasi serat (dianyam, tidak dianyam dan serat acak). Nilai – nilai kekuatan dan modulus elastisitas variasi serat bambu Apus yang dianyam Dengan arah irisan Radial lebih besar dari standart BKI, dengan Rasio adalah kekuatan tariknya 39 % lebih besar dari standart BKI, modulus Elastisitas kuat tarik 78,27 % lebih besar dari standart BKI, kekuatan bending 7,20 % lebih besar dari standart BKI, Modulus elastisitas Bending 231,02 % lebih besar dari standart BKI, sedangkan variasi serat bambu Apus yang dianyam dengan arah irisan Tangensial lebih besar dari pada standart BKI, dengan Rasio; Kekuatan tariknya 36,23 % lebih besar dari standart BKI, modulus elastisitas kuat tarik 38,39 % lebih besar dari standart BKI, kekuatan bending 5,60 % lebih besar dari standart BKI, modulus elastisitas bending 72 % lebih besar dari standart BKI .

## I. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Kapal sebagai suatu sarana transportasi kelautan sangat berperan dalam peningkatan laju perekonomian suatu daerah atau wilayah. Dengan adanya kapal sebagai sarana transportasi sangat memudahkan perpindahan barang, produk hasil-hasil perikanan pertanian, jasa dari suatu daerah ke daerah lain sehingga dapat mendatangkan devisa dan keuntungan bagi suatu daerah atau wilayah. Maluku sebagai salah satu propinsi diwilayah Indonesia yang dikenal sebagai wilayah yang berbasis kepulauan karena terdapat kurang lebih 1000 pulau yang terhampar diseluruh kepulauan Maluku. Secara langsung memerlukan sarana transportasi laut untuk kelancaran perhubungan baik itu untuk angkutan penumpang , barang jasa serta hasil-hasil bumi dari suatu pulau ke pulau yang lain dengan tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian masyarakat setempat. Disisi lain dengan adanya kapal sebagai sarana transportasi laut akan menunjang peningkatan kualitas pendidikan dari masyarakat setempat yang akan melanjutkan pendidikan disekolah tinggi maupun menengah di daerah Kota Ambon, yang merupakan basis

pendidikan Tinggi maupun menengah di Propinsi Maluku.

Keberadaan armada Kapal-kapal rakyat yang beroperasi di daerah maluku secara umum adalah merupakan kapal-kapal tradisional , baik kapal barang,penumpang,penumpang barang maupun armada kapal-kapal perikanan. Konstruksi material pembuatan kapal-kapal tersebut hampir seluruhnya terbuat dari material kayu namun ada pula dari fibre glass. Berdasarkan kenyataan dilapangan dan hasil wawancara dengan pemilik kapal dipilihnya material kayu sebagai bahan utama pembuatan kapal didasarkan pada pertimbangan; 1) Bahan baku kayu banyak terdapat diseluruh daerah propinsi Maluku ini, 2).Proses pengerjaannya tidak memerlukan keahlian yang handal dan dapat dilakukan dengan teknologi tradisiona, 3). tersedianya tenaga kerja yang cukup trampil yang merupakan warisan turun temurun, 4) Tenaga kerja dengan biaya yang cukup murah menyebabkan hanya kapal-kapal kayu yang relatif murah jika dibandingkan dengan kapal-kapal baja atau fibre glass, 5). Untuk kapal-kapal ukuran kecil konstruksi dari kayu cukup kuat dengan berat yang lebih ringan. 6). Pemeliharaan dan perbaikan kapal lebih efisien dan cukup sederhana.

Berdasarkan pertimbangan diatas maka tidak heran bahwa sebahagian besar dari armada kapal-kapal pelayaran rakyat dan armada perikanan rakyat di Propinsi Maluku masih menggunakan bahan baku kayu sebagai bahan utama pembuatan armada kapal karna dianggap efisien dan cukup murah.

Pemilihan bahan baku kayu sebagai bahan dasar pembuatan kapal di daerah Maluku yang berlangsung secara terus menerus hingga saat ini perlu dikaji secara lebih mendalam untuk waktu-waktu yang akan datang, walaupun potensi kayu sebagai bahan baku utama masih banyak tersedia diseluruh daerah di Maluku namun tidak mustahil jika pada waktu-waktu yang akan datang kebutuhan akan bahan baku kayu akan sulit diperoleh baik kualitas maupun kuantitasnya dan komoditi kayu tidak akan semurah dan semudah sekarang. Hal ini sejalan dengan semakin meningkatnya industri perikanan lokal sebagai komoditi ekspor seperti kayu lapis dan kayu gergajian serta industri perabot rumah tangga yang memanfaatkan bahan baku kayu. Oleh karena itu perlu dipikirkan dan dicari bahan baku alternatif untuk menggantikan bahan kayu sebagai bahan baku pembuatan kapal dengan bahan baku lain untuk armada kapal-kapal rakyat maupun kapal-kapal perikanan yang beroperasi didaerah Maluku.

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Memperkenalkan penggunaan material bambu sebagai alternatif bahan komposit dalam pembuatan kulit lambung kapal pengganti material kayu untuk armada kapal rakyat yang beroperasi di daerah Maluku.
2. Membuktikan adanya kualitas kekuatan dari kulit lambung kapal setelah dipakai material bambu sebagai dibandingkan dengan material kayu berdasarkan hasil pengujian eksperimen di laboratorium yang memenuhi standart Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

## II. Kajian Pustaka

### 2.1. Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang homogen. Dimana sifat mekanik 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. Material komposit mempunyai sifat yang berbeda dari material yang umum atau biasa digunakan. Sedangkan proses pembuatannya melalui proses pencampuran yang tidak homogen, sehingga kita dapat lebih leluasa dalam

merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan cara mengatur komposisi dari material pembentuknya. Pada umumnya komposit dibentuk dari dua jenis material yaitu; 1). Matriks, umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. 2). Penguat (reinforcement), umumnya berbentuk serat yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid dan lebih kuat.

Dalam menganalisa karakteristik dari komposit terdapat dua macam konsep pemahaman yaitu; 1) Tinjauan secara mikromekanik. 2) Tinjauan secara makromekanik, Dalam tinjauan secara mikromekanik, yang dilihat adalah komposit merupakan material yang tersusun atas matriks dan serat sehingga analisis kekuatan komposit didasarkan pada kekuatan matriks dan serat yang membentuknya. Sedangkan dalam tinjauan secara makromekanik, yang dilihat adalah komposit sebagai suatu material yang utuh sehingga analisa kekuatan komposit didasarkan pada kekuatan tiap lamina/lapisan yang membentuknya.

### 2.2 Bambu

Bambu merupakan tanaman sebangsa rumput yang banyak tumbuh dinegara kita. Tanaman ini dapat tumbuh di daerah beriklim panas maupun dingin. Kebanyakan didaerah pedesaan tanaman bambu dibiarkan tumbuh liar, akan tetapi walaupun tidak mendapatkan perawatan, bambu dapat tumbuh dengan baik. Bambu tumbuh secara bergerombol membentuk rumpun, tunas-tunas mudanya keluar dari rimpang dan mementuk tanaman baru. Tanaman baru ini akan tumbuh bersama-sama dengan tanaman pendahuluyadan akhirnya akan membentuk suatu rumpun dengan banyak buluh bambu bambu berdaun tunggal tersusun berselang seling diujung buluh atau ranting-rantingnya. Perakaran bambu sangat kuat, karena rimpangnya bercabang cabang dan punya ikatan kuat yang sukar dipisahkan. Oleh karena itu bambu banyak ditanam didaerah-daerah miring atau pinggir-pinggir sungai untuk mencegah erosi atau tanah longsor.

Dewasa ini banyak orang membuat kerajinan tangan dari bambu. Ada juga alat-alat musik yang dibuat dari bambu, seperti suling dan angklung. Batang bambu bentuknya bulat, berongga, seluruhnya beruas, dapat dibelah kearah vertikal dan lentur. Adanya ruas akan menambah kuatnya batang bambu. Berat jenis bambu sekitar 0,6 samapai 0,9 ( kering udara ) lebih ringan dari air. Meskipun bambu cepat tumbuh namun tetap pada batas maksimumnya, yaitu untuk daerah tropis 6 bulan setelah tunas timbul. Ini merupakan suatu hal yang membedahkan bambu dengan pohon biasa. Bambu ditebang setelah berumur 4 tahun, jumlah bambu per hektar antara 100 – 500 rumpun atau 2000 – 14000 batang, tergantung jenis dan kesuburan tanahnya, sedangkan garis tengahnya

antara 2 – 10 cm. Jenis bambu yang banyak dikenal di Indonesia adalah : bambu tali ( Apus ), bambu Betung, Bambu Talang, bambu Ater bambu Tutul , bambu Wulung

### 2.3 Bambu Sebagai Penguat (Serat Bambu)

Serat alam (natural Fiber) seperti bambu, jute, straw, sisal dan Coir sedang mendapat perhatian sebagai bahan penguat polymer untuk digunakan material komposit. Hal ini disebabkan karena :

- Serat alam lebih murah dibandingkan dengan serat sintetik (syntetic fiber)
- Memiliki berat jenis rendah
- Memiliki kekuatan spesifik yang tinggi
- Mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat di olah kembali
- Kekuatan tarik dan modulus young rata-rata meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan cellulose.

Seperti ditunjukkan dalam tabel 1 dibawah ini;

Tabel 1. Jenis Serat Alami

Natural Fiber	Density (10 <sup>-3</sup> kg. M <sup>-3</sup> )	Cellulose (%)	Lignin	Migrro Fibrilla angle (degree)
Coir	1150	43	45	30-49
Banana	1350	65	5	11
Sisal	1450	70	12	20-25
Jute	1450	63	11.7	8
Bambu	600-800	60,8	32,2	2-10

Dari sifat-sifat fisik sejumlah serat alam yang ditunjukkan pada tabel diatas, serat bamboo menunjukkan prosentase kandungan cellulosenya cukup tinggi (60 %) dan sudut microbillarnya (2 - 10° ) dan prosentase lignin (32%), serta densitas bamboo lebih rendah dibandingkan serat alam lainnya. Dengan melihat sifat-sifat fisik bamboo yang menggembirakan, tentu akan memampatkan bamboo sebagai material yang mempunyai karakteristik mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan serat alam lainnya.

### 2.4. Matriks

Matriks merupakan material pengikat serat penguat pada komposit, sifat dari matriks umumnya ductile dan mempunyai kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan material penguatnya. Bahan yang umumnya dipakai sebagai matriks adalah resin atau polimer, adapun jenis resin yang sering digunakan adalah; a) Polyester (orthophthalic), Resin type ini sangat tahan terhadap proses korosi air laut dan asam encer. Adapun spesifikasi teknis adalah sebagai berikut ; Massa jenis = 1,23 gr / cm<sup>3</sup>, -

Modulus Young : 3,2 Gpa, Angka poison : 0,36, - Kekuatan Tarik : 65 Mpa. b) Polyester (Isophathalic) resin type ini tahan terhadap panas dan larutan asam, sedangkan kekerasannya lebih tinggi serta kemampuan menahan resapan air (adhesion) yang paling baik dibandingkan dengan resin tipe ortho. Penggunaan resin tipe ini hanya pada kondisi tertentu. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut, Massa jenis ; 1,19 gram /cm<sup>3</sup>, modulus Young : 3,2 Gpa, angka Poison ; 0,35, kekuatan Tarik : 85 Mpa.

c). Epoxy, resin type ini mampu menahan resapan air (adhesion) sangat baik dan kekuatan mekanik yang paling tinggi. Adapun spesifikasi teknis adalah sebagai berikut; Masa jenis 1,20 gr/cm<sup>3</sup>, modulus young : 3,2 Gpa, Angka poisson : 0,37, Kekuatan Tarik : 85 Mpa. d). Vinyl Ester, resin type ini tahan mempunyai ketahanan terhadap larutan kimia (chemical resistance) yang paling unggul. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut: Massa jenis 1,12 gr/cm<sup>3</sup>, modulus young : 3,4 Gpa, kekuatan Tarik : 83 Mpa. e). Resin type Pheonolic, resin type ini tahan terhadap larutan asam dan larutan alkali. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut Massa jenis : 1,15 gr/cm<sup>3</sup>, modulus young : 3,0 Gpa, kekuatan Tarik : 50 Mpa.

### 2.5 Material Penguat (reinforcement)

Material penguat (reinforcement) yang paling sering dipergunakan untuk membentuk komposit umumnya berbentuk serat gelas yang mempunyai modulus elastisitas cukup tinggi. Adapun fungsi dari serat penguat sebagai berikut: a) meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan lengkung b). Mempertinggi kekuatan tumbuk c). Meningkatkan ratio kekuatan terhadap berat. d). Menjaga dan mempertahankan kestabilan bentuk. Beberapa jenis serat gelas yang dipergunakan pada proses pembentukan komposit yang ada dipasaran antara lain;

- Roving, merupakan serat gelas yang berbentuk benang yang tidak terputus.
- Woven roving, yaitu serta gelas yang dianyam saling tegak lurus membentuk seperti tikar. Pada proses pembuatan lamina, perbandingan berat antara serat woven roving dengan resin yang digunakan adalah sekitar 45 – 50 % serat wofen dan 50 – 55 % resin polyester dari fraksiberat.
- Chopped roving, yaitu roving yang berbentuk potongan kecil-kecil dengan ukuran dari 0,25 -2 inch, sedangkan pemakaiannya disebarkan diatas resin.
- Chopped standart mat, yaitu serat gelas yang tersusun dari chopped roving yang ditunen satu sama lain dan terssusun secara acak.

## 2.6 Bahan Pendukung

Dalam proses pembuatan lamina ada beberapa material pendukung yang berpengaruh terhadap karakteristik laminate dari komposit. Adapun fungsi, komposisi, dan pengaruh dari masing-masing bahan pendukung tersebut adalah;

- *Katalis*, bahan pendukung yang berfungsi untuk memulai proses awal perubahan bentuk resin dari bentuk cairan menjadi bentuk padat (polymerization) pada temperature kamar (27 ). Umumnya pemberian katalis ini berkisar 0,5 – 4 % dari fraksi volume resin.
- *Accelerator (promoter)*, bahan pendukung yang berfungsi agar katalis dan polyester resin dapat berpolimerisasi pada temperature kamar dengan waktu yang relative lebih cepat, tanpa ada pemberian panas dari luar.
- *Sterin (Styrene Monomer)*, bahan pendukung berupa cairan encer bening tidak berwarna yang berfungsi untuk mengencerkan. Adapun penambahan sterin ini adalah sekitar 35 – 40 % dari fraksi volume resin.
- *Get Coat*, Sebagai lapisan pelindung laminate kulit dari goresan atau gesekan benda keras pada permukaan laminate kulit, lapisan gel coat merupakan lapisan terluar sehingga harus mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap pengaruh cuaca dan lingkungan luar.
- *Lapisan Pelepas (Mold Release)*, Merupakan lapisan yang berfungsi untuk mencegah laminate lengket dengan cetakan. Mold release yang umum dipergunakan yaitu mold release wax (misalnya mirror glaze)

## III. Metodologi

### a. Type Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ditetapkan dalam penelitian ini, maka type penelitian ini adalah penelitian yang bersifat eksperimen atau melakukan pengujian. Eksperimen yang dilakukan dengan pengujian serat bambu (specimen) sebagai komposit untuk menentukan kekuatan Tarik, kekuatan bending sesuai dengan analisa desain ekperimental dalam uji statistik dengan metode Anova

### b. Lokasi Penelitian.

Penelitian dilangsungkan di Propinsi Maluku, pengujian material sample uji akan dilakukan di Poli Teknik Ambon.

### c. Teknik Pengumpulan Data

Rumus-rumus teoritis tentang perhitungan Kekuatan komposit bambu seperti Micromechanical Behaviour of Lamina, dan Macromechanical Behavior of Lamina, perhitungan ketebalan lamina serta fraksi berat dan volume lamina, Tegangan Tarik, Modulus Elastisitas dan Maximum fibre stress, flexureal streng ditentukan berdasarkan studi

literatur. Sedangkan kekuatan tarik dan tekan dari spesimen dilakukan di laboratorium.

### e. Teknik Analisa Data

Data-data hasil eksperimen dari pengujian komposit sampel serat bambu (BFR) bamboo febre glass sesuai dengan Analisa Anofa dinyatakan dalam bentuk tabulasi dan dari sini akan diprediksi untuk bahan komposit pembuatan kulit lambung kapal pengganti material kayu untuk armada kapal-kapal rakyat dan kapal perikanan yang beroperasi di Maluku.

## IV. Hasil Dan Pembahasan

### IV.1 Konfigurasi Serat dan Resin Pembentuk Lamina

Tabel 2. Konfigurasi Serat Yang Dianyam Dengan Resin

Ukuran Lamina (400 x 400 x 10)			
No	Konfigurasi	Berat (gram)	Berat Total (gram)
1	Resin	162,5	1600
2	Serat bambu	125,0	
3	Resin	162,5	
4	Serat bambu	125,0	
5	Resin	162,5	
6	Serat bambu	125,0	
7	Resin	162,5	
8	Serat bambu	125,0	
9	Resin	162,5	
10	Serat bambu	125,0	
11	Resin	165,0	
Katalis		11,00	
Gelcoat		150,00	

Dari Tabel 1. menunjukan konfigurasi antara serat, resin, katalis dan gelcoat yang dibutuhkan dalam membentuk suatu laminate dengan ukuran (40 x40 x 10)mm, adapun ukuran satuan yang digunakan adalah dalam gram dan jenis serat penguat adalah jenis serat yang dianyam

### IV.2 Konfigurasi Serat dan Resin Pembentuk Lamina

Tabel 3. Konfigurasi Serat Yang Dianyam Dengan Resin

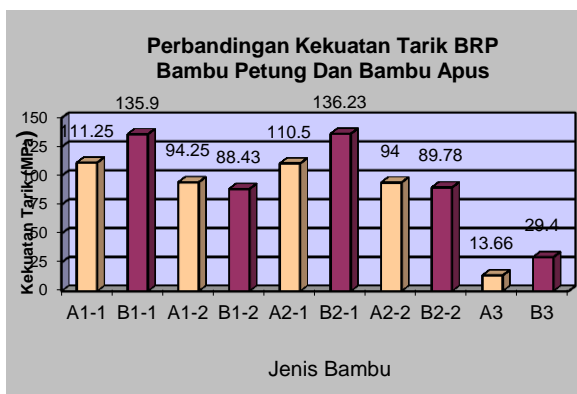
Ukuran Lamina (400 x 400 x 10)			
No	Konfigurasi	Berat (gram)	Berat Total (gram)
1	Resin	81,25	1600
2	Serat bambu	62,50	
3	Resin	81,25	
4	Serat bambu	62,50	
5	Resin	81,25	
6	Serat bambu	62,50	
7	Resin	81,25	
8	Serat bambu	62,50	

9	Resin	81,25	
10	Serat bambu	62,50	
11	Resin	81,25	
Katalis		11,00	
Gelcoat		150,00	

Dari Tabel 2. menunjukkan konfigurasi antara serat, resin, katalis dan gelcoat yang dibutuhkan dalam membentuk suatu laminate dengan ukuran (40 x40 x 10)mm, adapun ukuran satuan yang digunakan adalah dalam gram dan jenis serat penguat adalah jenis serat yang tidak dianyam

### IV.3 Pengujian Tarik

#### 1. Kekuatan Tarik



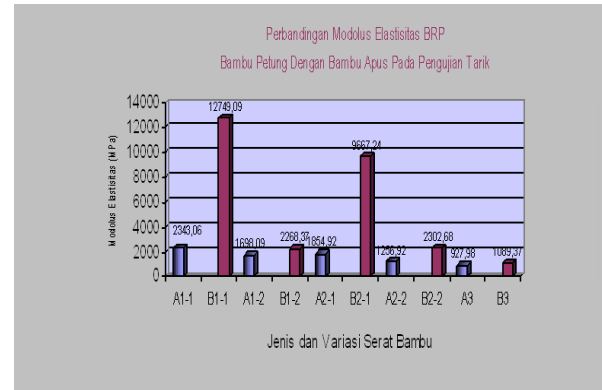
Gbr 1. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik BRP antara Bambu Petung dengan Bambu Apus

Pada Gambar 1 diatas menunjukkan bahwa kekuatan tarik BRP dipengaruhi oleh jenis bambu dan variasi serat. Terlihat bahwa jenis bambu apus dengan serat yang dianyam mempunyai kekuatan tarik yang lebih besar yaitu sekitar 135,90 Mpa untuk arah irisan Radial dan 135,23 MPa arah tangensial. Jadi sangat jelas terlihat bahwa arah irisan serat tidak mempengaruhi kekuatan tarik BRP, akan tetapi variasi serat antara serat yang dianyam (A1-1) dengan serat yang tidak dianyam (A1-2) . Untuk bambu Petung mempunyai kekuatan tarik yang berbeda yaitu 111,25 Mpa dengan 94,25 MPa. Begitu juga dengan dengan jenis bambu Apus yaitu 135, 23 MPa untuk serat yang dianyam (B1-1) dan 88,43 MPa untuk serat yang tidak dianyam (B1-2). Kekuatan tarik terlemah ada pada variasi serat acak sisa irisan (Mat) yaitu 13,65 MPa untuk jenis bambu Petung (A3) dan 29,40 MPa untuk jenis bambu Apus (B3). Jadi perbedaan antara variasi serat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap besarnya kekuatan tarik dari BRP.

#### 2 Modulus Elastisitas Tarik

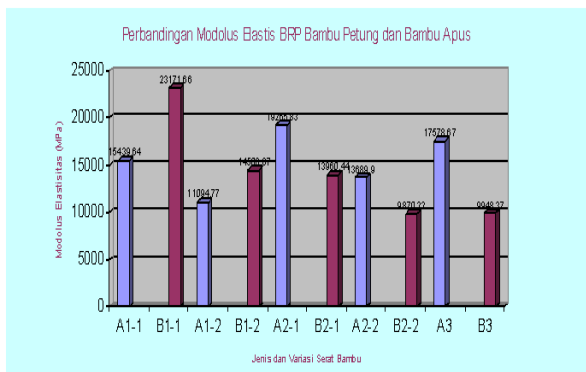
Pada Gambar 2, dibawah ini menunjukkan bahwa Modulus Elastisitas BRP pada pengujian Tarik dipengaruhi oleh jenis bambu dan variasi serat,

terlihat bahwa jenis bambu Apus dengan serat yang dianyam mempunyai Modulus Elastisitas yang lebih besar yaitu 12749,09 MPa untuk arah irisan radial dan 9667,24 MPa arah tangensial. Tetapi untuk bambu Petung mempunyai Modulus elastisitas yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan bambu Apus yaitu 2343,06 MPa untuk arah irisan radial dan 1854,92 MPa untuk arah irisan tangensial



Gambar 2. Grafik Perbandingan Kekuatan Bending BRP antara Bambu Petung dengan Bambu Apus Pada Pengujian Bending

#### 3. Modulus Elastisitas Bending

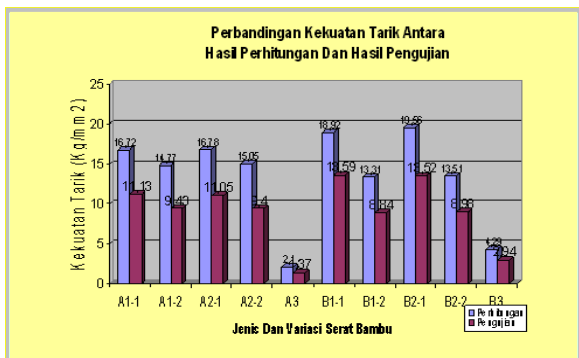


Gambar 3. Grafik Perbandingan Modulus Elastisitas BRP Antara Bambu Petung dengan Bambu Apus Pada Pengujian Bending

Pada Gambar 3. Diatas menunjukkan Modulus Elastisitas BRP pada pengujian Bending dipengaruhi oleh jenis bambu dan variasi serat, terlihat bahwa jenis Bambu Apus dengan serat yang dianyam mempunyai Modulus Elastisitas yang lebih besar yaitu 23171,66 MPa untuk arah irisan Radial dan 13980,44 MPa arah tangensial. Jadi sangat jelas terlihat bahwa arah irisan serat tidak mempengaruhi Modulus Elastisitas BRP, akan tetapi variasi serat antara serat yang dianyam (A1-1) dengan serat yang tidak dianyam (A1-2) untuk jenis bambu Petung mempunyai Modulus elastisitas yang berbeda yaitu 14439,64 Mpa dengan 110947,77 MPa. Begitu juga dengan jenis bambu Apus yaitu 23171,64 Mpa untuk serat yang dianyam (B1-1) dan 14506,67 MPa untuk serat yang tidak dianyam (B1-2). Sedangkan

Modulus Elastisitas pada variasi serat acak sisa irisan (Mat) yaitu 17578,67 MPa untuk jenis bambu Petung (A3) dan 9948,37 untuk jenis bambu Apus (B3).

**4. Perbandingan Hasil Pengujian Tarik (BRP) Antara Teoritis dan Hasil Pengujian**



Gambar 5. . Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik BRP Bambu Petung dengan Bambu Apus Hasil Perhitungan dan Pengujian

Dari gambar 5, diatas kita dapat melihat ada perbedaan kekuatan tarik antara hasil uji tarik pada mesin uji dengan hasil perhitungan secara teoritis sebesar 26,07 – 37,54 %

**5. Validasi Hasil Pengujian Terhadap Kekuatan Ijin Menurut Aturan BKI.**

Pada Rules And Regulation For The Clasification And Construction Of Ship, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) khusus dispesifikasikan untuk kapal-kapal FRP Dengan bahan penguat fire glass yang diisi oleh serat penguat baik itu jenis mat dan Roving harus memiliki standart kekuatan sebagai berikut;

Tabel 4. Standart Kekuatan BKI Untuk material Fibre glass

Kuat Tarik (kg/mm2)	Modulus Elastisitas Kuat Tarik (kg/mm2)	Kuat Lentur (kg/mm2)	Modulus Elastisitas Kuat Lentur (kg/mm2)
10	700	15	700

**6. Hasil Rata-Rata Uji Tarik dan Uji Bending Dari Ketiga Lamina**

Dengan mengacu pada persyaratan BKI Tabel 4 diatas dan membandingkan nilai hasil uji tarik dan bending dari masing-masing variasi material alternatif bambu dapat dilihat beberapa variasi memenuhi standart persyaratan yang ditetapkan Biro Klasifikasi Indonesia, akan tetapi hanya variasi serat B1-1 dan B2-1 yang memenuhi

seluruh aturan BKI, sehingga material alternatif dalam hal ini adalah meterial komposite dengan serat pengisi Serat bambu Apus yang dianyam dengan arah irisan Radial dan Tangensial dapat digunakan pada bagian komponen kontruksi dari kapal fibre Glass.

Tabel 5. Hasil Uji Tarik Dan Bending Material Alternatif (BRP)

Variasi	Kuat Tarik (kg/mm²)	Modulus Elastisitas Kuat Tarik (kg/mm²)	Kuat Lentur (kg/mm²)	Modulus Elastisitas Kuat Lentur (kg/mm²)
A1-1	11,125	234,306	15,360	1543,964
A1-2	9,425	169,809	9,600	1109,477
A2-1	11,910	185,491	15,240	1926,583
A2-2	9,400	125,692	9,840	1368,990
A3	1,365	92,798	7,200	1757,867
B1-1	13,900	1274,909	16,080	2317,166
B1-2	8,843	226,837	8,640	1450,667
B2-1	13,623	968,724	15,840	1398,044
B2-2	8,978	230,268	8,640	987,022
B3	2,940	108,973	7,920	994,837
BKI	10	700	15	700

Nilai – nilai kekuatan dan modulus elastisitas variasi serat bambu Apus yang dianyam Dengan arah irisan Radial lebih besar dari standart BKI, dengan Rasio adalah; a) Kekuatan tariknya 39 % lebih besar dari dari standart BKI. b) Modulus Elastisitas kuat tarik 78,27 % lebih besar dari standart BKI. C). Kekuatan bending 7,20 % lebih besar dari standart BKI. d). Modulus elastisitas Bending 231,02 % lebih besar dari standart BKI.

Sedangkan variasi serat bambu Apus yang dianyam dengan arah irisan Tangensial lebih besar dari pada standart BKI, dengan Rasio; a) Kekuatan tariknya 36,23 % lebih besar dari standart BKI. b).modulus elastisitas kuat tarik 38,39 % lebih besar dari standart BKI. c) Kekuatan bending 5,60 % lebih besar dari standart BKI. d) Modulus elastisitas bending 72 % lebih besar dari standart BKI.

**7. Hasil Uji Stastistik Dengan Metode Anofa**

Dari hasil interaksi yang ada dianalisa menurut ANOVA dengan memperhitungkan sumber keragaman, derajat kebebasan, jumlah kuadrat(JK), kuadrat tengah(KT), diperoleh Statistik penguji  $F_{hitung}$  , lalu dibandingkan dengan  $F_{tabel}$  ( $F_{kritis}$ ) sehingga diperoleh suatu tabel Keputusan, seperti yang ditunjukkan pada tabel 11 dibawah ini;

Tabel 6. Keputusan dari Hasil ANOVA Kekuatan Tarik pada Pengujian Tarik

Data	$F_{uji}$	$F_{kritis}$	Keterangan
Jenis bambu (A)	8,2837	4,20	$F_{uji} > F_{kritis}$ , $H_0$ ditolak, $H_1$ diterima
Arah irisan (B)	0,0006	4,20	$F_{uji} < F_{kritis}$ , $H_0$ diterima, $H_1$ ditolak
Variasi serat (C)	85,6151	4,20	$F_{uji} > F_{kritis}$ , $H_0$ ditolak, $H_1$ diterima
Interaksi (AB)	0,0150	4,20	$F_{uji} < F_{kritis}$ , $H_0$ diterima, $H_1$ ditolak
Interaksi (AC)	18,9157	4,20	$F_{uji} > F_{kritis}$ , $H_0$ ditolak, $H_1$ diterima
Interaksi (BC)	0,0342	4,20	$F_{uji} < F_{kritis}$ , $H_0$ diterima, $H_1$ ditolak
Interaksi (ABC)	0,0125	4,20	$F_{uji} < F_{kritis}$ , $H_0$ diterima, $H_1$ ditolak

Dari tabel 6, diatas terlihat ada nilai  $F_{uji}$  dari data yang didapat dari uji bending lebih besar dari nilai  $F_{kritis}$  sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima artinya bahwa ada perbedaan yang signifikan dari data-data tersebut. Perbedaan nilai-nilai dari data tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan variasi perlakuan dalam hal ini perbedaan jenis bambu, variasi serat dan variasi serat terhadap jenis bambu dalam tiap variasi pembuatan komposit BRP.

## V. Penutup

### V.1. Kesimpulan

Hasil pengujian statistik menurut Analisis of Variance (ANOVA) menunjukkan bahwa arah irisan /iratan secara radial dan tangensial terhadap serat bambu tidak mempengaruhi secara signifikan kekuatan dari material komposit (BRP). Faktor yang berpengaruh secara signifikan kekuatan dari material komposit BRP adalah jenis bambu dan variasi serat (dianyam, tidak dianyam dan serat acak

### V.2 Saran

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan bahwa perlu dilakukan penelitian lanjutan menyangkut material komposit Bambu yang di tinjau dari Analisa ekonomi dengan memperhitungkan biaya material yang dibutuhkan oleh sebuah kapal

## Daftar Pustaka

1. Jones, R.M., 1975, "*Mechanical of Composite Material*", Scripta Book Company, Washington DC,.
2. Chalmers, 1994, D.W, "*The Potensial For Use of Composite Material in Marine Structure*", Dorset UK, Marine Structure 7,
3. Dieter, 1987, G.E., "*Metalurgi Mekanik*", Erlangga, Jakarta
4. Dransfield, S. and Widjaya E.A., "*Bambu*", Plant Resources of South East Asia 7, Backhays, Leiden, 1995.
5. Gaspersz, V. 1991, "*Metode Perancangan Percobaan*", Armico, Bandung
6. Jain, S., Kumar, R And Jindal 1992, V.V., "*Mechanical Behaviour of Bambu and Bambu Composite*", J. Material Science 27, , PP 4598-4604
7. Justus Sakti Raya Corporation, P.T. "*Pengenalan fiber Glass Reinforced Plastis (FRP)* ", Technical Information, Jakarta- Indonesia.
8. Marah Maradjo dkk, 1976, "*Tanaman Bambu*", PT Karya Nusantara, Jakarta
9. Standart Test Method For Density and Apesific Grafity (Relatif Density) of Plastic by Displacement. 1993, ASTM D 792-91.
10. Soedjono BSc. Dan Hartanto, 1994, "*Budidaya Bambu*", Dahara Prize, Semarang
11. Wiley, jack, 1982 , "*The Fibreglass Repair and Construction Handbook* " United States of America
12. Ronald E Walpole, 1993, "*Pengantar Statistika*"  
PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta