

# ANALISA TEKNIS KEKUATAN MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU (*BAGGASE*) DITINJAU DARI KEKUATAN TARIK DAN IMPAK

Hartono Yudo, Sukanto Jatmiko  
Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

## ABSTRAK

Serat ampas tebu (*baggage*) merupakan limbah organik yang banyak dihasilkan di pabrik-pabrik pengolahan gula tebu di Indonesia. Serat ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi selain merupakan hasil limbah pabrik gula tebu, serat ini juga mudah didapat, murah, tidak membahayakan kesehatan, dapat terdegradasi secara alami (biodegradability) sehingga nantinya dengan pemanfaatan sebagai serat penguat komposit mampu mengatasi permasalahan lingkungan. Dari pertimbangan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan analisa teknis berupa kekuatan tarik dan impak dari komposit berpenguat serat ampas tebu (*baggage*) dengan perlakuan pola anyaman variasi arah serat sudut arah serat sudut searah  $0^0$  dan bersilangan  $45^0$ . sebagai penguat matrik resin polyester.

Dari hasil pengujian spesimen dilakukan analisa kekuatan mekanis kemudian dibandingkan dengan nilai kekuatan mekanis yang disyaratkan/diizinkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) sebagai tolak ukur standar ujinya. Pengujian komposit berpenguat serat ampas tebu membandingkan arah serat sudut  $0^0$  dan  $45^0$ , perlakuan serat pola anyaman, fraksi volume 44% matrik polyester dan 56% serat ampas tebu, dengan metode *hand lay up*, hasil pengujian didapat harga kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh komposit dengan arah serat sudut searah  $0^0$ . Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari komposit berpenguat serat ampas tebu belum dapat memenuhi standar kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang disyaratkan BKI yakni : untuk arah serat sudut searah  $0^0$  kekuatan tariknya sebesar  $1.69 \text{ kg/mm}^2$  dan modulus elastisitasnya sebesar  $115.85 \text{ kg/mm}^2$ , untuk arah serat sudut bersilangan  $45^0$  kekuatan tariknya sebesar  $1.34 \text{ kg/mm}^2$  dan modulus elastisitasnya sebesar  $108.40 \text{ kg/mm}^2$ .

### Kata Kunci :

Serat eceng gondok, metode *hand lay up*, polyester resin, kekuatan tarik, modulus elastisitas.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam industri telah mendorong peningkatan dalam permintaan terhadap material komposit. Perkembangan bidang ilmu pengetahuan dan teknologi dalam industri mulai menyulitkan bahan konvensional seperti logam untuk memenuhi keperluan aplikasi baru. Industri pembuatan pesawat terbang, perkapalan, mobil dan industri pengangkutan merupakan contoh industri yang sekarang mengaplikasikan bahan-bahan yang memiliki sifat berdensitas rendah, tahan karat, kuat, tahan terhadap keausan dan *fatigue* serta ekonomis sebagai bahan baku industrinya.

Hal ini mendorong pengembangan teknologi pembuatan material komposit berkembang lebih pesat untuk menjawab permintaan pasar, khususnya permintaan industri fabrikasi. Pemikiran dan penelitian tentang kombinasi antara bahan kimia atau elemen-elemen struktur dengan berbagai tujuan telah dilakukan. Di Indonesia sendiri penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang pembuatan berbagai macam material komposit untuk memenuhi bermacam-macam tujuan/kebutuhan telah banyak dilakukan baik dari kalangan pendidikan maupun perindustrian.

Penelitian ini cukup beralasan karena ketersediaan bahan baku serat penguat yang melimpah baik dari serat penguat komposit organik (serat bambu, serat nanas, serat tebu,

serat pisang, dan ijuk) maupun serat penguat anorganik dan kebutuhan/permintaan hasil olahan material komposit yang cukup tinggi di pasaran.

Setelah diketemukannya berbagai macam serat sintetis yang dibuat secara kimiawi, kini para ilmuwan berlomba-lomba beralih melakukan penelitian pada serat alam. Para ilmuwan mulai meneliti sifat-sifat alami dan melakukan uji mekanis terhadap serat-serat alam yang ada. Penelitian dilakukan setelah diketahui kelemahan-kelemahan yang terdapat pada serat sintetis, yaitu diantaranya; harganya yang relatif mahal, tidak dapat terdegradasi secara alami, beracun dan jumlahnya yang terbatas. Oleh karena itu para ilmuwan berusaha meneliti dan menemukan serat alam pengganti serat sintetis yang memiliki sifat antara lain; mudah didapatkan, dapat terurai secara alami, harganya yang murah dan tidak beracun, namun memiliki kekuatan mekanis yang sama atau lebih baik dari serat sintetis.

Salah satu serat alam yang banyak terdapat di Indonesia adalah serat ampas tebu (*baggase*). Kegiatan pasca panen dan pengolahan hasil pertanian/perkebunan, termasuk pemanfaatan produk samping dan sisa pengolahannya masih kurang optimal. Dalam industri pengolah tebu menjadi gula, ampas tebu yang dihasilkan jumlahnya dapat mencapai 90% dari setiap tebu yang diolah. Selama ini pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan baku pembuatan *particle board*, bahan bakar *boiler*, pupuk organik dan pakan ternak bersifat terbatas dan bernilai ekonomi rendah. Pemanfaatan serat ampas tebu sebagai serat penguat material komposit akan mempunyai arti yang sangat penting yaitu dari segi pemanfaatan limbah industri khususnya industri pembuatan gula di Indonesia yang belum dioptimalkan dari segi ekonomi dan pemanfaatan hasil olahannya..

Hasil penelitian ini sangat diharapkan adanya inovasi baru dalam pengembangan teknologi material komposit berpenguat serat non-sintetis di Indonesia. Selama ini industri masih menggunakan serat sintetis yang umumnya berupa serat gelas (*fiberglass*) sebagai bahan baku yang berfungsi sebagai serat penguat material komposit *Fiberglass Reinforced Plastic*. Kelemahan dari penggunaan serat gelas adalah harganya yang mahal, tidak dapat terdegradasi secara alami saat didaur ulang, pengolahannya

membutuhkan proses kimiawi dan hanya disediakan oleh perusahaan-perusahaan tertentu saja. Oleh karena itu serat ampas tebu dapat dijadikan alternatif bahan baku, karena bahan ini mudah diperoleh karena hampir ada di seluruh pelosok Indonesia karena merupakan tanaman perkebunan yang banyak dibudidayakan oleh banyak petani di Indonesia, lebih ramah lingkungan karena merupakan serat natural dan pengolahannya yang lebih mudah

Pemanfaatan serat ampas tebu sebagai serat penguat material komposit nantinya akan memberikan sumbangsih bagi pemerintah Indonesia. Karena dengan ditemukannya bahan alternatif baru pengganti serat sintetis yang kebanyakan masih mengimpor dari luar negeri, maka sedikit banyak dapat mengurangi permintaan serat sintetis oleh kalangan perindustrian di Indonesia yang pada akhirnya dapat mengurangi devisa negara yang melayang ke luar negeri.

### **Perumusan Masalah**

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh adalah sebagai berikut : *Sejauh manakah material komposit berpenguat serat tebu mampu menahan beban tarik dan impak sehingga dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut dalam pembuatan kulit kapal.*

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui kekuatan dari material komposit berpenguat serat ampas tebu jika menerima beban tarik untuk pembuatan kulit kapal sesuai standar kekuatan mekanis yang disyaratkan/diizinkan BKI serta untuk mengetahui kekuatan impaknya.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi arah serat terhadap kekuatan tarik dari material komposit berpenguat serat ampas tebu.

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat percobaan (*eksperimental*) dengan cara melakukan pengujian. Percobaan yang dilakukan adalah pembuatan komposit dengan menggunakan serat ampas tebu sebagai serat

penguat, kemudian dilakukan pengujian kekuatan tarik dan impak yang kemudian hasil pengujian akan dibandingkan dengan kekuatan dari serat gelas (*Fiberglass Reinforced Plastic*) berdasarkan peraturan BKI.

Pada percobaan ini pembuatan material komposit menggunakan bahan baku yang umum ditemukan di pasaran dan sering dipakai dalam proses produksi. Sedangkan untuk proses pengerjaan dari spesimen uji dikerjakan dengan metode olesan atau sering disebut dengan *hand lay up*, sehingga kualitas laminasi sangat tergantung dari kemampuan dan keterampilan pekerja. Komponen material dasar ini terutama terdiri dari serat penguat (serat ampas tebu), resin (*polyester*) sebagai pengikat dan beberapa zat tambahan.

Pada perancangan percobaan ini penulis membagi atau mengelompokkan pekerjaan menjadi beberapa tahapan seperti yang ditunjukkan pada gambar diagram alir metodologi penelitian berikut :

#### **Tahap I :**

##### **Persiapan**

###### ❖ Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah : serat ampas tebu (*baggase*), resin *polyester*, katalis, dan *wax*.

###### ❖ Peralatan

Peralatan yang digunakan meliputi : alat cetak, penjepit kayu, timbangan digital, gelas ukur, *mixer*, gerinda, gergaji dan kuas cat.

#### **Tahap II :**

##### **PROSES PEMBUATAN KOMPOSIT**

###### ☆ Pengolahan Serat Ampas Tebu:

1. Tanaman tebu merupakan jenis *Saccharum officinarum* yang merupakan tanaman tebu untuk industri gula yang banyak dibudidayakan oleh para petani di Indonesia.
2. Tanaman tebu ini akan siap dipanen kira-kira telah berumur  $\pm 1$  tahun, setelah memiliki ketinggian 1,5-3 meter dan berdiameter 1,8-5 cm
3. Dalam industri pengolahan batang tebu menjadi gula, air perasan tebu dipisahkan serat ampas tebu. Pemisahan ini menggunakan bantuan mesin. Air perasan nantinya akan diolah gula sebagai produk industri,

sedangkan serat ampas tebu menjadi limbah industri yang biasanya akan diolah dan dimanfaatkan oleh industri lain menjadi pupuk, pulp kertas, penguat asbes semen, bahan bakar boiler dan lain sebagainya

4. Serat ampas tebu dari sisa limbah industri gula direndam 1 hari lalu dicuci bersih untuk menghilangkan rasa manis dari serat, kemudian disisir dengan sikat kawat untuk menghilangkan gabus yang menempel dengan serat. Setelah itu dikeringkan dengan diangin-anginkan selama  $\pm 7$  hari.
5. Serat ampas tebu yang telah dikering dilakukan penyisiran lagi untuk menghilangkan gabus yang masih melekat pada serat.
6. Serat dalam pelepah tebu diambil satu persatu secara manual dengan menggunakan tangan untuk mendapatkan benang-benang serat tebu
7. Benang-benang serat yang telah terkumpul bervariasi baik diameter maupun kualitas keuletannya, oleh karena itu benang-benang serat diikat dengan jumlah antara 8-12 benang yang memiliki diameter  $\pm 2,5$  mm dengan tujuan agar diperoleh serat yang memiliki diameter dan tingkat keuletan yang homogen.
8. Proses selanjutnya melakukan penganyaman serat secara manual dengan menggunakan tangan untuk memperoleh serat ampas tebu dalam bentuk lembaran-lembaran. Metode bentuk susunan serat yang digunakan yaitu; *woven roving* dengan susunan anyaman tipe 1-1. Jumlahnya sesuai dengan kebutuhan penelitian.

###### ☆ Variasi Arah Serat Eceng Gondok

Adapun macam atau jenis serat yang digunakan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

- a. Arah serat dwiarah (pola anyaman) dengan sudut searah  $0^0$   
Laminat ini diperoleh dengan menyusun anyaman serat ampas tebu secara merata kemudian membentuk anyaman dengan arah serat searah tegak lurus ( $0^0$  dan  $90^0$ )
- b. Arah serat dwiarah (pola anyaman) dengan sudut bersilangan  $45^0$

Laminat ini diperoleh dengan menyusun anyaman serat ampas tebu secara merata kemudian membentuk anyaman dengan arah serat saling bersilangan tegak lurus ( $-45^0$  dan  $+45^0$ )

#### ☆ Pembuatan Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu

Proses pembuatan komposit dilakukan sebagai berikut :

- a) Menyiapkan bahan-bahan yang akan diperlukan dalam pengerjaan pembuatan material komposit. Bahan-bahan yang dibutuhkan, antara lain;
  - lembaran-lembaran serat ampas tebu hasil penganyaman.
  - Matrik,

Dalam penelitian ini jenis material polymer yang dipilih sebagai bahan matriks adalah jenis Unsaturated Polyester Resin dengan merk dagang YUKALAC 157 BQTN-EX dengan data teknis sebagai berikut;

- Massa Jenis :  $1,19 \text{ gr/cm}^3$
- Modulus Young :  $1,18.10^3 \text{ N/mm}^2$
- Angka Poison : 0,33
- Kekuatan Tarik :  $12,07 \text{ N/mm}^2$

Dalam resin ini, mengandung komposisi campuran resin polyester tak jenuh murni dan bahan pelarut sterin dengan perbandingan 1:3. Selain itu di tambah katalis berupa MEKPO (Metil Etil Keton Peroksida) sebagai zat curing, mempersingkat waktu curing.

##### ➤ Wax,

Wax berfungsi memudahkan melepas komposit dari cetakan.

- b) Peralatan yang digunakan yang menunjang dalam pengerjaan pembuatan material komposit digunakan, antara lain;

##### – Alat Cetakan;

Direncanakan berbahan kaca dengan ketebalan 10 mm, berdimensi 300 x 300 x 7 mm untuk cetakan spesimen kuat tarik dan dimensi 300 x 300 x 13 mm untuk cetakan spesimen kuat impak, terdiri atas tiga bagian yaitu; bagian tepi, bagian alas dan bagian tutup cetakan..

##### – Timbangan;

Untuk mengukur berat serat dan matriks, timbangan yang digunakan

adalah timbangan digital agar tingkat ketelitian ukuran lebih baik.

##### – Gelas Ukur;

Untuk mengukur volume resin yang akan dituang di cetakan.

##### – Mixer;

Untuk mengaduk antara resin dengan katalis agar campuran katalis dengan resin menyatu.

##### – Kuas (1”).

Untuk meratakan resin yang dituang ke dalam cetakan di atas serat.

##### – Penjepit kayu;

Untuk menjepit tutup cetakan supaya permukaan rata dan mengatur ketebalan lamina yang diinginkan.

##### – Sarung Tangan;

Untuk melindungi tangan agar tidak bersentuhan langsung dengan campuran resin.

##### – Gergaji;

Digunakan untuk memotong spesimen sesuai bentuk standar ASTM.

##### – Gerinda;

Untuk memotong dan menghaluskan spesimen sesuai standar ASTM.

- c) Menghitung ketebalan lamina

- d) Menghitung fraksi berat dan volume bahan. Setelah diketahui fraksi berat dan volume untuk serat untuk satu cetakan (300 x 300 x 7 mm dan 300 x 300 x 13). Maka lembaran-lembaran serat dapat dibagi sesuai dengan dimensi panjang dan lebar cetakan.

- e) Cetakan kaca dilapisi dengan wax secara merata agar lamina kulit mudah dilepas dari cetakan.

- f) Kemudian resin yang telah diukur sesuai dengan tabel di atas dicampur dengan katalis dengan perbandingan 1 lt resin : 10 ml katalis, hal ini dilakukan supaya proses polimerisasi tidak terlalu cepat sehingga gelembung yang muncul dan terperangkap dalam matriks bisa dikeluarkan dengan cara ditekan-tekan dalam waktu yang cukup lama.

- g) Resin yang telah diberi katalis dicampur/diaduk dengan menggunakan mixer pada putaran rendah selama 2 menit, tujuannya supaya proses pencampuran resin dan katalis merata dengan putaran adukan yang konstan. Kemudian diamkan selama  $\pm 4$  menit

- agar gelembung udara dapat terlepas keluar.
- Metode pembuatan material komposit menggunakan metode *woven roving*, yaitu serat ampas tebu yang dianyam saling tegak lurus membentuk seperti tikar. Pada proses pembuatan lamina, perbandingan volume antara serat *woven roving* dengan resin yang digunakan adalah sekitar 45 – 50 % serat *woven roving* dan 50 – 55 % resin polyester..
  - Menuangkan campuran resin, cobalt dan katalis ke dalam cetakan sebanyak 1/2 dari total campuran lamina, lalu diratakan dengan kuas .
  - Kemudian bingkai anyaman serat tebu pada sisi-sisinya lalu diletakkan di atas cairan resin dalam cetakan. Untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap maka lamina harus ditekan-tekan sehingga gelembung udara bisa keluar.
  - Menuangkan sisa campuran resin, cobalt dan katalis ke dalam cetakan sebanyak 1/2 dari total campuran lamina, lalu diratakan dengan kuas .
  - Tutup cetakan dengan plastik, dan untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap saat pengerjaan, maka lamina ditekan-tekan dengan roll sehingga gelembung udara bisa keluar.
  - Selanjutnya tutup cetakan diletakan di atas lamina untuk meratakan permukaan lamina.
  - Setelah  $\pm$  9 jam atau lamina material komposit benar-benar kering, material boleh dikeluarkan dari cetakan.
  - langkah yang sama juga dilakukan untuk pembuatan spesimen kuat impak

### Tahap III :

#### ☆ Proses Pembuatan Spesimen Uji

Proses pembuatan material spesimen uji komposit berpenguat serat ampas tebu sebagai berikut :

- Laminat material komposit berpenguat serat ampas tebu yang telah dikeluarkan dari cetakan digambar/ditandai sesuai bentuk standar benda uji ASTM yang digunakan
- Untuk kekuatan tarik sesuai dengan batasan penelitian yang menguji

spesimen hanya untuk dua macam arah serat saja, maka laminate tadi digambar/ditandai berdasarkan bentuk standar benda uji ASTM yang digunakan sesuai dengan arah sudut yang direncanakan yaitu searah  $0^0$  dan bersilangan  $45^0$ .

- Kemudian spesimen dipotong- potong dengan menggunakan gergaji sesuai dengan jumlah spesimen yang diperlukan untuk tiap-tiap arah sudut (1 arah sudut berjumlah 5 sampel)
- Untuk pengujian impak diambil sudut yang terbaik antara sudut arah serat  $0^0$  dan  $45^0$  yang diketahui setelah uji tarik dilakukan. *Laminate* material komposit yang telah kering digambar/ditandai sesuai dengan bentuk standar benda uji ASTM untuk uji impak Spesimen ini dibuat sebanyak lima sampel uji

### Tahap IV :

#### Pengujian Tarik

##### Prosedur Pengujian

- Standar Pengujian : ASTM D638-03
- Ukuran Spesimen :

Jenis Komposit	Variasi Serat	Spesimen	Lebar ( mm )	Tebal ( mm )	Ao ( mm )	Lo ( mm )
	Sudut $0^0$	1	13.20	7.4	97.68	57
		2	13.80	7.4	102.1	57
		3	14.00	7.4	103.6	57
		4	13.50	7.4	99.9	57
Serat		5	14.00	7.4	103.6	57
Ampas Tebu	Sudut $45^0$	1	13.80	7.2	99.36	57
		2	13.80	7.2	99.36	57
		3	13.80	7.2	99.36	57
		4	13.30	7.2	95.76	57
		5	13.30	7.2	95.76	57

Tabel 1. Data Ukuran Spesimen Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu Untuk Kuat Tarik

#### Pengujian Impak

##### Prosedur Pengujian

- Standar Pengujian : ASTM D256-06
- Ukuran Spesimen :

Jenis Komposit	Variasi Serat	Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Ao (mm)	Lo (mm)
		1	12.90	10.50	135.5	63.5
Serat		2	12.90	10.50	135.5	63.5
Ampas Tebu	Sudut 0°	3	12.90	10.50	135.5	63.5
		4	12.90	10.50	135.5	63.5
		5	12.90	10.50	135.5	63.5

Tabel 2. Data Ukuran Spesimen Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu Untuk Kuat Impak

## HASIL PENGUJIAN TARIK SPESIMEN

Berdasarkan pada uji tarik yang dilakukan terhadap spesimen, diperoleh hasil rata-rata uji tarik dan impak untuk arah variasi lamina sebagai berikut :

Variasi	Kuat Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas (kg/mm <sup>2</sup> )
Serat 0°	1.69	115.85
Serat 45°	1.34	108.40
Standar BKI	10.00	700.00

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Material BRP

Variasi	Kuat Impak (J/m)
Serat 0° searah	88.37

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Impak Material BRP

## Pembahasan

Pada *Rules And Regulation For The Classification And Construction Of Ships*, Biro Klasifikasi Indonesia ( BKI ), 1996, *section 1.C.4.1*.disyaratkan sebagai berikut : “ Besaran yang disyaratkan dalam peraturan ini khusus dispesifikasikan untuk kapal-kapal FRP dengan bahan penguat fiberglass yang diisi oleh serat penguat baik itu jenis *Mat* dan *Roving* harus memiliki standar kekuatan sebagai berikut :

Kuat Tarik (kg / mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas Kuat Tarik (kg / mm <sup>2</sup> )
10	700

Tabel 5. Standar Kekuatan Tarik Untuk Material Fiberglass Menurut BKI

Mengacu pada persyaratan BKI ( Tabel 5 ) di atas dan membandingkan nilai hasil uji tarik dari masing-masing variasi arah serat dapat dilihat bahwa variasi arah serat 0° dan arah serat 45° belum memenuhi standar persyaratan yang ditetapkan Biro Klasifikasi Indonesia.

Kekuatan tarik komposit serat ampas tebu memiliki nilai-nilai yang lebih kecil dari standar BKI dengan rasio sebagai berikut :

- Untuk Variasi sudut 0°, kekuatan tariknya 83.50 % lebih kecil dari standar BKI dan modulus elastisitasnya 83.89 % lebih kecil dari standar BKI.
- Untuk Variasi sudut 45°, kekuatan tariknya 87.00 % lebih kecil dari standar BKI dan modulus elastisitasnya 84.93 % lebih kecil dari standar BKI.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan pada akhir penulisan diantaranya meliputi :

1. Hasil pengujian statistik dengan metode T-Test menunjukkan bahwa variasi pada arah serat ampas tebu dengan pola anyaman memberikan pengaruh pada kekuatan tarik komposit berpenguat serat eceng gondok.
2. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik serat ampas tebu dengan variasi arah serat searah 0° lebih besar daripada arah serat bersilangan 45°. Dimana nilai arah serat 0° menunjukkan nilai kekuatan tarik serat 0° searah sebesar 1.69 kg/mm<sup>2</sup> dan nilai kekuatan tarik arah serat 45° bersilangan sebesar 1.34 kg/mm<sup>2</sup> sedangkan nilai modulus elastisitas arah serat 0° searah sebesar 115.85 kg/mm<sup>2</sup> dan nilai modulus elastisitas arah serat 45° bersilangan sebesar 108.40 kg/mm<sup>2</sup>. Akan tetapi, nilai hasil pengujian tersebut; nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas belum dapat digunakan sebagai serat penguat dalam pembuatan kulit badan kapal karena belum memenuhi nilai standar persyaratan yang disyaratkan oleh pihak BKI yaitu nilai standar kekuatan tarik sebesar 10 kg/mm<sup>2</sup> dan modulus elastisitas sebesar 700 kg/mm<sup>2</sup>.

Dalam penelitian ini penulis merasa masih banyak kekurangan-kekurangan yang

disebabkan oleh keterbatasan peralatan, dana, dan waktu, sehingga untuk peneliti selanjutnya perlu mempertimbangkan hal-hal berikut :

1. Untuk pembuatan spesimen uji baik sudut arah serat searah maupun bersilangan ini masih dilakukan secara manual dengan metode *hand lay up* yang sangat tergantung pada kemampuan peneliti dan peralatan yang sederhana. Oleh karena itu disarankan untuk pembuatan spesimen uji sebaiknya dilakukan oleh orang yang sudah ahli di bidang komposit dan dengan peralatan yang lebih modern sehingga dapat diperoleh spesimen uji yang benar-benar baik, homogen dan ukuran spesimen yang presisi karena dimungkinkan diperoleh kekuatan tarik yang dapat memenuhi standar BKI
2. Untuk pembuatan serat penguatnya disarankan disusun benang-benang serat tebu dijajar rapat secara searah saja karena untuk optimasi jumlah serat yang menerima pembebanan waktu uji tarik dilakukan.
3. Untuk pengujian spesimen uji ini masih berorientasi pada variasi arah serat saja, sehingga disarankan pada penelitian berikutnya agar memperhitungkan persentase fraksi volume serat sesuai fraksi volume serat gelas untuk pembuatan FRP.

## DAFTAR PUSTAKA

- Antonia, Yulian Taurista, dkk. "**Komposit Lamina Bambu Serat Woven Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Fiberglass Pada Kulit Kapal**". Teknik Material, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- ASTM, 2006, *Standards and Literature References for Composite Materials*, "American Society for Testing and Materials", Philadelphia, PA.
- Biro Klasifikasi Indonesia, 2006. "**Rules and Regulation for The Classification and Construction of Ships**", Jakarta.
- E. P Popov, 1996. "*Mekanika Teknik*". Edisi ke-2, Erlangga, Bandung
- Gibson, F Ronald, 1994. "**Principles of Composite Material Mechanics**". *Internasional Edition*, MC.Graw – Hill Inc, New York.
- Joko Sisworo, Sarjito, 2005. "**Catatan Kuliah Mata Kuliah Kapal Non-ferro**". Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Jones, R. M, 1975. "*Mechanics of Composite Materials*". Scripta Book Company, Washington DC
- Kristanto, 2007. "**Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Serat Ijuk Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik**". Tugas Akhir Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Ratnanto Fitriadi, 2005. "**Upaya Penurunan Biaya Produksi Dengan Memanfaatkan Ampas Tebu Sebagai Pengganti Bahan Penguat Dalam Proses Produksi Asbes Semen**". Jurusan Teknik Industri, fakultas Teknik, UMS
- Van Vlack, L. H, 1992. "*Ilmu dan Teknologi Bahan*". Edisi ke-5, Erlangga, Bandung
- Widayanto, R. Dimas, 2004. "**Kekuatan Tarik Material Komposit Serat Bambu Pada Matriks Polyester Resin Yang Mengalami Proses Two Step Curing**". Tugas Akhir Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Web Site  
2008. <http://www.en.wikipedia.org/>  
2008. <http://www.chemistry.org/>  
2008. <http://www.indonesiacomposite.org/.col.htm>  
2008. <http://www.bmtpc.org/>