

PENGARUH PENGGUNAAN SERAT KULIT ROTAN
SEBAGAI PENGUAT PADA KOMPOSIT POLIMER DENGAN MATRIKS
POLYESTER YUKALAC 157 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN DAN TEKUK

Sarjito Jokosisworo *)

Abstract

This time, rattan bark fiber's used in furniture industries and home industries because it is easy to get, cheap, not to be danger for our health, and it can lesson environment pollution (biodegradability); so, with exploit as composites lasing fibre, later, it can overcome the environment problem. The rattan bark development as composite material has already know, in view of the raw material of natural fibre (rattan) available, Indonesia has many raw material. From this case, this research conducted to get technical analysis of tensile strength and bending from rattan bark fibre composite that is using woven roving treatment of variation matting pattern on fibre direction 0°/90° and 45° angles as polyester resin matrix.

The purpose of this research is: to identify the tensile strength and bending of composite of rattan bark fibre which influence fibre direction between 0°/90° and 45° angles. From the result of specimen trial is served in tensile strength and bending, and compared with tensile strength and bending value which permitted by BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) as theory of standardization trial. On the research, the writer found composite that have rattan bark fibre compared 0°/90° and 45° angle of fibre direction, the treatment of matting pattern fibre, volume fraction 42,8% matrix polyester and 57,2% rattan bark fibre to specimen of tensile strength trial, volume fraction 50% matrix polyester and 50% rattan bark fibre to specimen bending trials. Conducted hand lay up method, from the result study found the price maximum of tensile strength has got by composite with 0°/90° and 45° fibre direction and maximum bending has got by composite with 45° fibre direction.

Key word : rattan bark fibre, woven roving, tensile strength, elasticity modulus, bending.

Pendahuluan

Indonesia memiliki beberapa alat transportasi untuk menunjang kelancaran berinteraksi baik di darat, udara maupun laut. Di laut kapal merupakan salah satu alat transportasi paling penting di Indonesia. Mengingat Indonesia merupakan negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya berupa lautan. Seiring dengan arus globalisasi dan kemajuan teknologi yang berkembang, maka industri maritim dalam negeri dituntut untuk selalu mengikuti perkembangan teknologi dan menciptakan inovasi-inovasi dalam produk barunya supaya dapat bersaing secara global dengan industri maritim luar negeri. Umumnya industri maritim seperti galangan kapal besar hanya mengembangkan teknologi dalam pembangunan kapal baja (logam), sedangkan kapal-kapal yang berbahan non-logam sedikit sekali yang dibangun di galangan-galangan kapal besar, sehingga kapal non-logam kurang begitu berkembang baik dari cara pembangunan maupun teknologi yang digunakan dalam membangun kapal. kebanyakan dibangun oleh galangan tradisional dengan teknologi pembangunan yang belum diklaskan dan merupakan warisan turun temurun.

Meskipun sumber kayu sebagai bahan baku utama pembuatan kapal kayu masih banyak tersedia, pertimbangan efisiensi dan penghematan penggunaan kayu bukanlah suatu tindakan yang salah. Tindakan ini dilakukan untuk berorientasi pada masa depan, karena tidak mustahil jika pada masa yang akan datang kebutuhan akan kayu sebagai bahan baku kapal akan sulit didapatkan baik kualitas maupun kuantitas serta

kemudahan memperolehnya seperti sekarang ini. Oleh karena itu sudah sepatutnya dipikirkan dan dicari bahan baku alternatif untuk mengganti kayu sebagai bahan baku pembuatan kapal. Seperti penggunaan sumber daya alam hayati berupa serat alam.

Indonesia mempunyai potensi serat alam yang melimpah. Potensi serat alam dapat dikelompokkan menurut asal usulnya yakni tumbuhan, hewan dan tambang. khusus untuk tumbuhan, serat alam dapat ditemukan pada tanaman pertanian, perkebunan dan hutan alami. Salah satu sumber daya alam hayati yang dapat mengganti kayu adalah serat kulit rotan. Rotan berasal dari bahasa melayu yang berarti nama dari sekumpulan jenis tanaman famili Palmae yang tumbuh memanjat yang disebut Lepidocaryodidae. Lepidocaryodidae berasal dari bahasa Yunani yang berarti mencakup ukuran buah. Kata rotan dalam bahasa Melayu diturunkan dari kata "raut" yang berarti mengupas (menguliti), menghaluskan.

Rotan merupakan salah satu sumber hayati Indonesia, penghasil devisa negara yang cukup besar. Sebagai negara penghasil rotan terbesar, Indonesia telah memberikan sumbangan sebesar 80% kebutuhan rotan dunia. Dari jumlah tersebut 90% rotan dihasilkan dari hutan alam yang terdapat di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, dan sekitar 10% dihasilkan dari budidaya rotan. Nilai ekspor rotan Indonesia pada tahun 1992 mencapai US\$ 208,183 juta.

Menurut hasil inventarisasi yang dilakukan Direktorat Bina Produksi Kehutanan, dari 143 juta hektar luas hutan di Indonesia diperkirakan hutan yang ditumbuhi rotan seluas kurang lebih 13,20 juta hek-

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Undip

tar, yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Jawa dan pulau-pulau lain yang memiliki hutan alam.

Di Indonesia terdapat delapan marga rotan yang terdiri atas kurang lebih 306 jenis, hanya 51 jenis yang sudah dimanfaatkan. Hal ini berarti pemanfaatan jenis rotan masih rendah dan terbatas pada jenis-jenis yang sudah diketahui manfaatnya dan laku di pasaran. Diperkirakan lebih dari 516 jenis rotan terdapat di Asia Tenggara, yang berasal dari 8 genera, yaitu untuk genus *Calamus* 333 jenis, *Daemonorops* 122 jenis, *Khorthalsia* 30 jenis, *Plectocomia* 10 jenis, *Plectocomiopsis* 10 jenis, *Calopspatha* 2 jenis, *Bejaudia* 1 jenis dan *Ceratolobus* 6. Dari 8 genera tersebut dua genera rotan yang bernilai ekonomi tinggi adalah *Calamus* dan *Daemonorops*.

Hasil paling penting dari rotan adalah rotan batangan, yaitu batang rotan yang pelepah daunnya telah dihilangkan. Batang rotan sering dikelirukan dengan bambu dan bila diproses menjadi bilah-bilah, sulit untuk dibedakan. Bambu hampir selalu berongga, dan bahkan dalam beberapa spesies yang tak berongga, sukar dibengkokkan. Rotan selalu padat dan biasanya dapat dengan mudah dibengkokkan tanpa deformasi yang nyata.

Pengembangan industri pengolahan komposit dengan bahan baku kulit rotan saat ini mempunyai arti yang sangat penting yaitu dari segi pemanfaatan sumber daya alam yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Selama ini industri perkapalan masih menggunakan serat gelas (*fiber glass*) sebagai bahan utama yang berfungsi sebagai serat penguat komposit dalam pembuatan kulit kapal *fiberglass Reinforced Plastic*. Kelemahan dari penggunaan serat gelas adalah harganya yang mahal dan pengolahannya membutuhkan proses kimiawi serta hanya disediakan oleh perusahaan-perusahaan tertentu saja. Oleh karena itu kulit rotan dapat dijadikan alternatif bahan baku, bahan ini mudah diperoleh karena hampir ada di seluruh pelosok Indonesia dan pengolahannya yang lebih mudah.

Pemanfaatan kulit rotan sebagai serat penguat komposit kulit kapal juga memberikan sumbangsih bagi pemerintah Indonesia. Karena dengan ditemukannya bahan alternatif baru pengganti kayu maka akan mengurangi penggunaan kayu sebagai bahan baku pembuatan kapal sehingga secara tidak langsung membantu pemerintah dalam melestarikan hutan kayu di Indonesia.

Tinjauan Pustaka

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak 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 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 yang berbeda 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.

Sebagai contoh :

Material plastik (sebagai matriks) yang diperkuat/dicampur dengan serat gelas (sebagai penguat) akan menghasilkan komposit yang mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dari material pembentuknya. Dapat dikatakan bahwa karakteristik komposit tergantung pada karakteristik, komposit dan cara penyusunan dari masing – masing pembentuknya.

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 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.

Metoldologi Penelitian

Bahan:

Serat kulit rotan, matrix : resin polyester, katalis, dan wax

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi alat cetak (cetakan kaca), penjepit, timbangan gergaji, gelas ukur, kuas cat, amplas, gurinda, penggaris.

Langkah Eksperimen

1. Rotan dipilih yang keadaannya masih baik dan berdiameter hampir sama dan dipotong kira – kira 20 cm
2. Rotan yang telah dipilih, kemudian dijemur untuk memastikan rotan benar-benar dalam keadaan kering
3. Rotan tersebut kemudian dianyam sesuai arah serat yang telah ditentukan. Dengan ukuran 20x20 cm. Bagian tepi dari rotan yang dianyam, dijahit agar rotan tidak terlepas dari anyaman.

4.



Gambar 1. Serat kulit rotan

Pembuatan spesimen komposit

- a. Cetakan kaca dilapisi dengan wax secara merata agar laminate kulit mudah lepas dari cetakan



Gambar 2. Cetakan spesimen

- b. Mengukur volume resin sesuai dengan perbandingan volume serat penguat yang dilakukan dengan 3 tahap pengadukan.
- c. Katalis dicampurkan sebanyak 1 % dari volume resin, kemudian diaduk secara merata selama 2 menit dan didiamkan selama kurang lebih 4 menit agar gelembung udara bisa terlepas.
- d. Menuangkan campuran resin dan katalis ke dalam cetakan. diratakan dengan menggunakan kuas atau rol cat.
- e. Meletakkan kulit rotan sebagai layer pertama keatas resin yang telah dituang ke dalam cetakan, kemudian di rol atau ditekan-tekan agar gelembung udara yang terperangkap dalam cetakan dapat keluar. Lalu didiamkan selama kurang lebih 15 menit.
- f. Membuat campuran resin, cobalt dan katalis seperti langkah sebelumnya.
- g. Menuangkan campuran resin dan katalis ke dalam cetakan, lalu diratakan dengan kuas.
- h. Meletakkan kulit rotan sebagai layer kedua keatas resin yang telah dituang ke dalam cetakan, kemudian di rol atau ditekan-tekan agar gelembung udara yang terperangkap dalam cetakan dapat keluar. Lalu didiamkan selama kurang lebih 15 menit.
- i. Membuat campuran resin, cobalt dan katalis seperti langkah sebelumnya.
- j. Menuangkan campuran resin dan katalis ke dalam cetakan, lalu diratakan dengan kuas.
- k. Cetakan yang telah berisi kulit dan campuran resin dengan katalis ditutup menggunakan kaca. Kemudian dijepit agar hasilnya rata dan tidak menyimpan kantung udara.
- l. Setelah dibiarkan kurang lebih selama 14 jam (komposit sudah benar – benar kering), spesimen dikeluarkan dari cetakan.

Hasil Dan Pembahasan

Komposit merupakan bahan rekayasa yang dibuat dari dua atau lebih material pembentuk yang menyatu menjadi satu bahan. Hal ini mengarah ke kaidah campuran sehingga sifat komposit dapat dihitung berdasarkan sifat komponennya. Ada hal yang harus diperhatikan pada komposit yakni harus ada ikatan yang permukaan yang kuat antara komponen penguat dengan matriks (Vlack, 1989).

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik dan pengujian tekuk dengan sudut $0^{\circ}/90^{\circ}$ dan sudut 45° , dimana Konfigurasi antara serat dan resin dalam membentuk sebuah lamina dapat terlihat pada tabel berikut :

Pengujian Tarik

- Serat Arah Serat kulit Sudut $0^{\circ} / 90^{\circ}$

Tabel 1. Konfigurasi Lamina dengan Arah Serat kulit $0^{\circ} / 90^{\circ}$

Ukuran Lamina (200 x 200 x 7)			
No.	Konfigurasi	Berat (gram)	Berat Total (gram)
1	Resin	82.46	289.38
2	Serat Kulit Rotan	21.00	
3	Resin	82.46	
4.	Serat Kulit Rotan	21.00	
5.	Resin	82.46	
Katalis (cc)		1.05	
Wax (gram)		8.00	

- Serat Arah Serat kulit Sudut 45°

Tabel 2. Konfigurasi Lamina dengan Arah Serat kulit 45°

Ukuran Lamina (200 x 200 x 7)			
No.	Konfigurasi	Berat (gram)	Berat Total (gram)
1	Resin	82.46	289.38
2	Serat Kulit Rotan	21.00	
3	Resin	82.46	
4.	Serat Kulit Rotan	21.00	
5.	Resin	82.46	
Katalis (cc)		1.05	
Wax (gram)		8.00	

Pengujian Tekuk

- Serat Arah Serat kulit Sudut $0^{\circ} / 90^{\circ}$

Tabel 3. Konfigurasi Lamina dengan Arah Serat kulit $0^{\circ} / 90^{\circ}$

Ukuran Lamina (200 x 200 x 8)			
No.	Konfigurasi	Berat (gram)	Berat Total (gram)
1	Resin	98.31	336.93
2	Serat Kulit Rotan	21.00	
3	Resin	98.31	
4.	Serat Kulit Rotan	21.00	
5.	Resin	98.31	
Katalis (cc)		1.05	
Wax (gram)		8.00	

- Serat Arah Serat kulit Sudut 45°

Tabel 4. Konfigurasi Lamina dengan Arah Serat kulit 45°

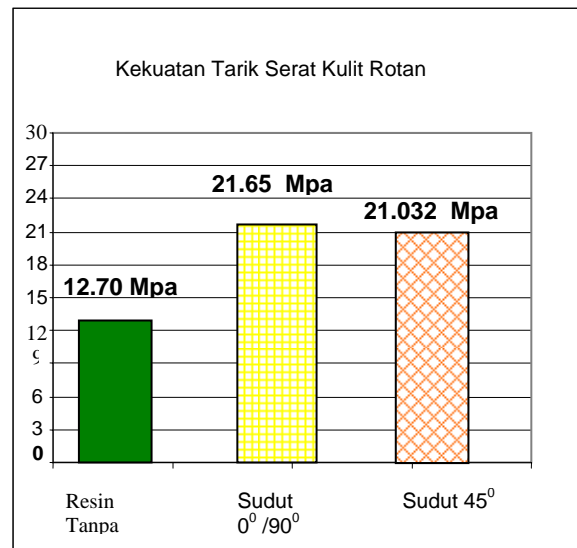
Ukuran Lamina (200 x 200 x 7)			
No.	Konfigurasi	Berat (gram)	Berat Total (gram)
1	Resin	98.31	336.93
2	Serat Kulit Rotan	21.00	
3	Resin	98.31	
4.	Serat Kulit Rotan	21.00	
5.	Resin	98.31	
Katalis (cc)		1.05	
Wax (gram)		8.00	

Berat serat dan resin masing masing specimen, untuk specimen uji tarik berat serat 84 gram, resin 494.76 gram sedangkan untuk uji tekuk berat serat 84 gram dan resin 589,9 gram.

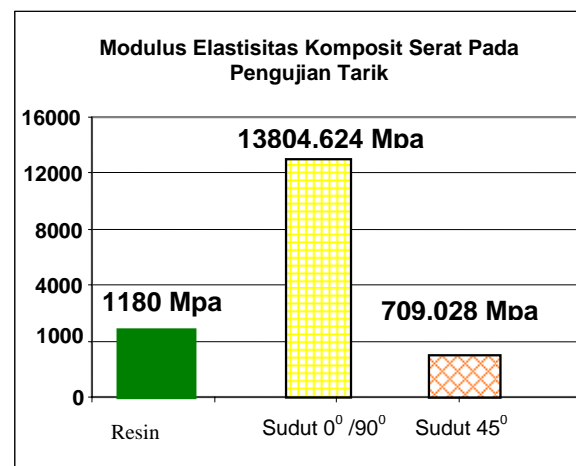
Pengujian ditujukan untuk mencari kekuatan tarik dan kekuatan tekuk dan modulus elastisitas dari spesimen yang di analisa. Matriks yang digunakan adalah jenis polyester resin mempunyai sifat sebagai berikut massa jenis $1,23 \text{ gr/cm}^3$, modulus young $3,2 \text{ Gpa}$, dan kekuatan tarik 65 Mpa . Sedangkan serat kulit rotan mempunyai sifat massa jenis $0,47 - 0,57$, nilai kekuatan antara $421-834 \text{ kg/cm}^2$, nilai kelenyutan antara $14.548 - 22.000 \text{ kg/cm}^2$.

Pengujian Tarik Spesimen

Setelah dilakukan uji tarik sebanyak 10 kali dengan memasang pembebanan 2 ton dan hasilnya dicatat oleh mesin uji dan untuk menganalisa kekuatan tarik material hasil uji tarik, perlu dilakukan konversi satuan dari (kg/mm^2) menjadi (N/mm^2) dimana $1 \text{ kg (force)} = 9,80665 \text{ Newton}$. Hal ini diperlukan karena untuk perhitungan pengujian material berikutnya menggunakan satuan N/mm^2 menjadi satuan MPa. maka didapat data-data sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Kulit Rotan

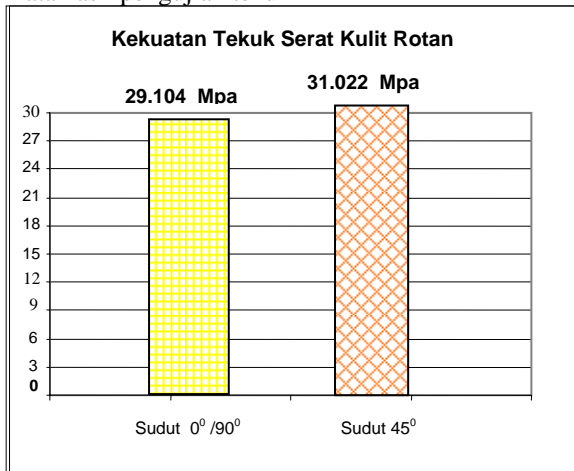


Gambar 4. Grafik Modulus Elastisitas Komposit Berpenguat Serat Kulit Rotan

Pengujian Tekuk Spesimen

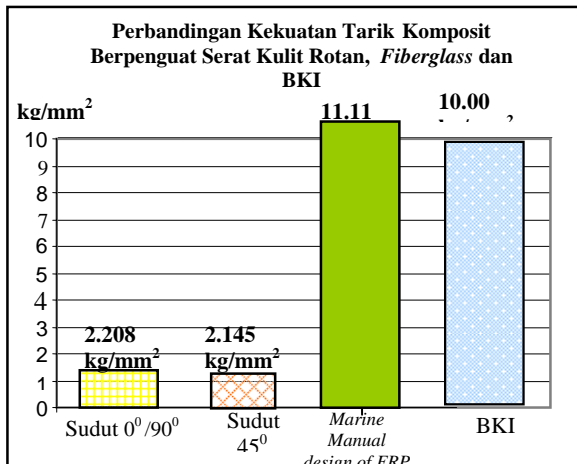
Pengujian tekuk adalah pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat uji tekuk " *Bending Testing Machine* " buatan Jepang. Mesin ini difungsikan sebagai sebuah peralatan mekanik dan elektrik untuk uji tekuk. Pengujian yang dilakukan menggunakan sistem three point dengan fungsi menekuk, sekaligus mencatat reaksi spesimen dalam bentuk nominal / angka setelah diberi perlakuan dalam bentuk beban tekuk.

Data hasil pengujian tekuk

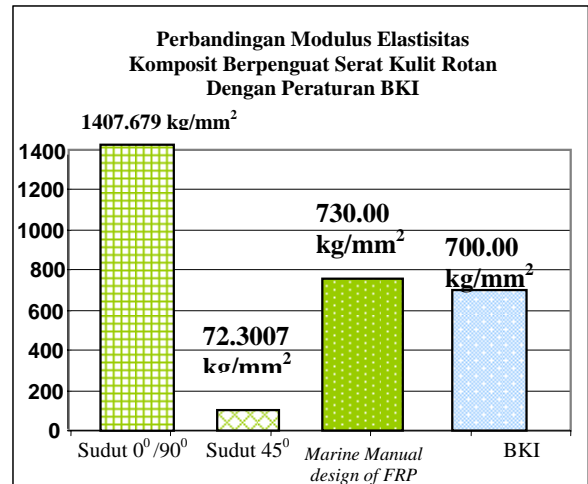


Gambar 5. Grafik Kekuatan Tekuk Komposit Berpenguat Serat Kulit Rotan

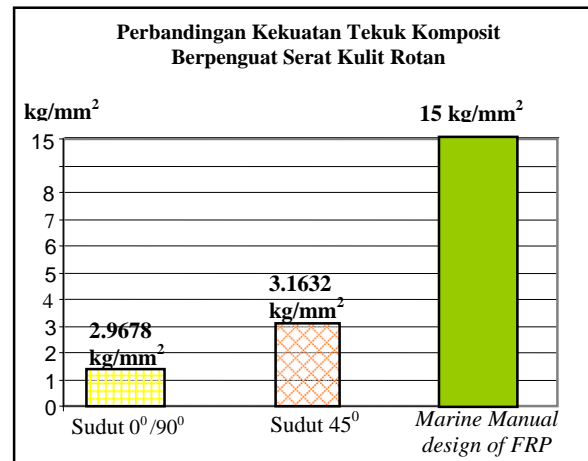
Perbandingan hasil pengujian spesimen dengan *Rules And Regulation For The Classification And Construction Of Ships*, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 1996, section 1.C.4.1. (besaran) disyaratkan sebagai berikut : Besaran yang disyaratkan dalam peraturan ini khusus dispesifikasikan untuk kapal – kapal FRP dengan bahan penguat fiberglass yang diisi oleh serat penguat baik itu jenis Mat dan Woven Roving.



Gambar 6. Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Kulit Rotan Terhadap BKI



Gambar 7. Perbandingan Modulus Elastisitas Komposit Berpenguat Serat Kulit Rotan Terhadap BKI



Gambar 8. Perbandingan Kekuatan Tekuk Komposit Berpenguat Serat Kulit Rotan

Mengacu pada BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) dan *Rules And Regulation For The Classification And Construction Of Ships of fiberglass reinforced plastics*. Chapter 1 general, *Japanese*. dan membandingkan nilai hasil uji tarik dan uji tekuk dari masing – masing variasi arah serat dapat dilihat bahwa semua variasi arah serat belum dapat memenuhi standar persyaratan yang ditetapkan sebagai standar tolak ukur kekuatan material serat gelas untuk pengganti bahan kulit badan kapal, akan tetapi variasi arah serat dengan kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang paling tinggi tetap pada komposit dengan arah serat 0°/90° dibandingkan arah serat 45°.

Kesimpulan

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

1. Hasil pengujian statistik dengan metode *Tail Test* (T-Test) menunjukkan bahwa variasi pada arah serat kulit rotan dengan pola anyaman memberikan pengaruh pada kekuatan tarik dan kekuatan tekuk komposit berpenguat serat kulit rotan.
2. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik serat kulit rotan dengan variasi arah serat searah $0^{\circ} / 90^{\circ}$ lebih besar daripada arah serat bersilangan 45° . Dimana nilai arah serat $0^{\circ} / 90^{\circ}$ menunjukkan nilai kekuatan tarik serat $0^{\circ} / 90^{\circ}$ searah sebesar 2.208 kg/mm^2 dan nilai kekuatan tarik arah serat 45° bersilangan sebesar 2.145 kg/mm^2 sedangkan nilai modulus elastisitas arah serat 0° searah sebesar 1407.679 kg/mm^2 dan nilai modulus elastisitas arah serat 45° bersilangan sebesar 72.3007 kg/mm^2 . 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^2 dan modulus elastisitas sebesar 700 kg/mm^2 .
3. Hasil pengujian tekuk menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik serat kulit rotan dengan variasi arah serat bersilangan 45° lebih besar daripada arah serat searah $0^{\circ} / 90^{\circ}$. Dimana nilai arah serat $0^{\circ} / 90^{\circ}$ searah sebesar 2.9678 kg/mm^2 dan nilai kekuatan tekuk arah serat 45° bersilangan sebesar 3.1632 kg/mm^2 . Akan tetapi, nilai hasil pengujian tersebut belum dapat digunakan sebagai serat penguat dalam pembuatan kulit badan kapal karena belum memenuhi nilai standar persyaratan yang disyaratkan. Yang mengacu pada *Rules And Regulation For The Classification And Construction Of Ships of fiberglass reinforced plastics*. Chapter 1 general, *Japanese*. Yakni sebesar 15 kg/mm^2 .

Daftar Pustaka

1. Biro Klasifikasi Indonesia, 1996. "Rules and Regulation for The Classification and Construction of Ships", Jakarta
2. Chawla, K.K., 1987. "Composite Materials". Springer – Verlag New York Inc, Germany
3. Dransfield J. Manokaran N, 1996, *Sumber Daya Nabati Asia Tenggara-Rotan*, UGM, Yogyakarta, PROSEA, Jakarta
4. Gibbs & Fox, 1960. "Marine Manual Design of FRP "MC.Graw Hill.
5. Gibson, R.F., 1994. "Principal of Composite Material Mechanics". MC.Graw Hill
6. Ginting, M. Hendra, dkk "Pengendalian Bahan Komposit". Tugas Akhir Teknik Kimia, Fakultas Teknik, USU

7. Hariandja, Binsar., 1997, "Mekanika Bahan dan Pengantar Teori Elastisitas", Erlangga, Jakarta
8. Sarjito Joko Sisworo, 2005. "Pembuatan Konstruksi Kapal Fiberglass". Majalah Kapal, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
9. Justus Sakti Raya Corporation, -, PT. " Pengenalan Fiber Glass Reinforced Plastics (FRP) " . Technical Information, Jakarta – Indonesia
10. 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
11. Manik, P., Eko Sasmito Hadi dan Dedi Cristianto, 2004, "Kajian Teknik Penggunaan Serat Bambu Sebagai Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal", Laporan Penelitian Dosen Muda, Dikti
12. Popov, E.P., 1991. "Mekanika Teknik". Versi SI, Erlangga, Jakarta
13. Purboputro, I. Pramuko, 2005 "Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit Eceng Gondok dengan Matrik Poliester ". Tugas Akhir Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UMS
14. Van Vlack, L.H., 1992. " Ilmu dan Teknologi Bahan ", Edisi ke 5, Erlangga, Bandung
15. Yulian Taurista, Antonia, dkk. "Komposit Lamina Bambu Serat Woven Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Fiberglass Pada Kulit Kapal". Jurusan Teknik Material, ITS
16., 2006. " Standart Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials ". ASTM D. 638 / D 638 M.

