



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Teknis Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas (*Smooth Cayenne*) Dan Serat Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum L*) Sebagai Alternatif Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan *Bending Dan Impact*

Abdurrachman Fiqri¹⁾, Hartono Yudo¹⁾, Untung Budiarto¹⁾,

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

Email: abdurrachmanfiqri@gmail.com

Abstrak

Serat daun nanas 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. Serat ampas tebu (*baggase*) 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. Pembuatan komposit serat daun nanas dan ampas tebu pada penelitian ini menggunakan metode *hand layup* dengan arah orientasi serat lurus, fraksi volume 60% *matriks polyester* dan 40% serat daun nanas dan serat ampas tebu. Hasil pengujian komposit berpenguat serat daun nanas dan serat ampas tebu didapatkan nilai uji *bending* tertinggi dimiliki oleh komposit dengan volume serat 50% nanas 50% tebu dengan nilai rata – rata 318 Newton, rata-rata kekuatan tekuk sebesar 9,467 N/mm² dan rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 2699,61Kg/mm², nilai uji *impact* tertinggi pada volume 60% nanas 40% tebu mempunyai energi dampak rata-rata sebesar 4,00 joule dengan nilai keuletan rata-rata 0,0342 joule/mm² dan berdasarkan hasil pengujian *bending* dan *impact* yang didapat, semakin besar volume serat nanas dari pada volume serat tebu maka semakin besar kekuatan yang mempengaruhi hasil pengujian.

Kata kunci: serat daun nanas, serat ampas tebu, metode *hand lay up*, *polyester* resin, alkalisasi, *bending*, *impact*.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan kayu olahan sebagai bahan konstruksi kapal selalu meningkat. Di sisi lain, untuk memperoleh kayu yang bermutu baik yang bisa digunakan dalam proses pembuatan kapal tradisional semakin sulit ditemui dipasaran karena semakin menipisnya keberadaan kayu di hutan alam. Selain itu kemajuan teknologi yang pesat telah membuat permintaan terhadap material komposit semakin meningkat.

Material komposit merupakan 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. Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan yang bias diatur yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekuatan

jenis (*modulus young/density*) yang lebih tinggi dari pada logam.

Ada tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu:

1. Material pembentuk. Sifat-sifat instrik material pembentuk memegang peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya.
2. Susunan struktural komponen. Dimana bentuk serta orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan.
3. Interaksi antar komponen. Karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda (Sirait, 2010).

Hal ini membuat pengembangan teknologi material komposit semakin meningkat di pasaran, 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.

Salah satu serat alam yang banyak terdapat di Indonesia adalah serat daun nanas. Nanas merupakan tanaman buah berupa semak yang memiliki nama ilmiah *Ananas comosus (L) Merr.* Tanaman ini cukup mudah dibudidayakan karena dapat tumbuh pada keadaan iklim basah maupun kering. Iklim Indonesia sangat cocok untuk membudidayakan tanaman nanas. Tanaman nanas akan dibongkar setelah dua atau tiga kali panen untuk diganti tanaman baru, oleh karena itu limbah daun nanas terus berkesinambungan sehingga cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai produk yang dapat memberikan nilai tambah. Namun hingga saat ini tanaman nanas baru buahnya saja yang dimanfaatkan, sedangkan daunnya belum banyak dimanfaatkan sepenuhnya. Pada umumnya daun nanas dikembalikan ke lahan untuk digunakan sebagai pupuk.

Serat nanas terdiri atas *selulosa* dan *non selulosa* yang diperoleh melalui penghilangan lapisan luar daun secara mekanik. Lapisan luar daun berupa pelepah yang terdiri atas sel kambium, zat pewarna yaitu klorofil, *xanthophyl* dan *carotene* yang merupakan komponen kompleks dari jenis tanin, serta lignin yang terdapat di bagian tengah daun. Selain itu lignin juga terdapat pada lamela dari serat

dan dinding sel serat. Serat yang diperoleh dari daun nanas muda kekuatannya relatif rendah dan seratnya lebih pendek dibanding serat dari daun yang sudah tua.

Pemanfaatan serat daun nanas sebagai serat penguat material komposit akan mempunyai arti yang sangat penting yaitu dari segi pemanfaatan limbah perkebunan tanaman nanas di Indonesia yang belum dioptimalkan dari segi ekonomi dan pemanfaatan hasil olahannya.

Tebu merupakan tanaman buah berupa semak yang memiliki nama ilmiah *Saccharum Officinarum L.* Tanaman ini cukup mudah di budidayakan karena dapat tumbuh pada keadaan iklim basah maupun kering. Iklim Indonesia sangat cocok untuk membudidayakan tanaman tebu. Namun hingga saat ini tanaman tebu baru sarinya saja yang di dimanfaatkan, sedangkan ampasnya belum banyak dimanfaatkan sepenuhnya.

Ampas tebu adalah hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu. Ampas tebu sebagian besar mengandung *ligno-cellulose*. Panjang seratnya antara 1,7-2 mm dengan diameter sekitar 20 μm , sehingga ampas tebu ini dapat memenuhi persyaratan untuk diolah menjadi papan-papan buatan. Serat tebu tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan, dan lignin.

Pemanfaatan serbuk ampas tebu sebagai serat penguat material komposit akan mempunyai arti yang sangat penting yaitu dari segi pemanfaatan limbah perkebunan tanaman tebu di Indonesia yang belum dioptimalkan dari segi ekonomi dan pemanfaatan hasil olahannya.

1.2 Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui kekuatan bending dan impact dari material komposit penguat serat daun nanas dan serat ampas tebu jika menerima beban tekuk dan impact untuk pembuatan material kapal sesuai standar kekuatan mekanis yang disyaratkan/diizinkan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia).

2. Untuk mengetahui kekuatan masing-masing lapisan serat (serat daun nanas dan serat ampas tebu).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

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 yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik (Sulistijono, 2012).

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

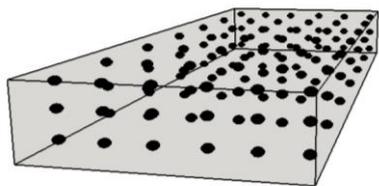
- a. Penguat (*Reinforcement*), umumnya mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid serta lebih kuat.
- b. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

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*).

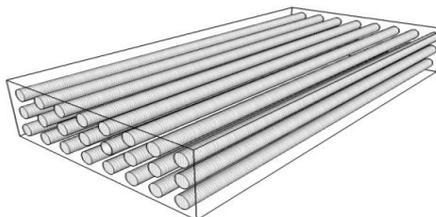
Komposit yang tersusun atas matrik kontinyu dan penguat (*reinforced*) yang diskontinyu berbentuk partikel atau seratpendek disebut komposit partikel, secara umum penguat partikel kurang efektif dalam mempertahankan ketahanan patah, berbeda dengan komposit berpenguat serat yang bagus dalam mempertahankan 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.



Gambar 1 Komposit partikel (*Particulate composite*).

2. Komposit Serat (*Fibrous composite*).

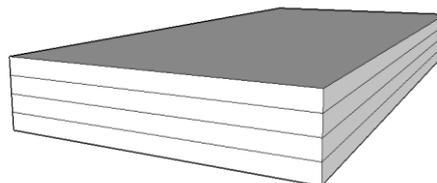
Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serataramid dan sebagainya. Komposit ini tersusun atas matrik kontinyu polimer atau logam, serat-serat ini terikat oleh matrik, biasanya berbentuk multifilamen 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.



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.



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

2.3 Serat Daun Nanas dan Serat Ampas Tebu Sebagai Serat Penguat

Potensi nanas (*Ananas comusus L. Merr.*) ditinjau dari produksinya merupakan salah satu dari tiga buah terpenting dari daerah tropika. Indonesia termasuk produsen nanas terbesar ke-5 di dunia setelah Brazil, Thailand, Filipina, dan Cina. Namun ditinjau dari perannya dalam ekspor dunia, Indonesia masih berada pada urutan ke-19 dengan pangsa hanya 0.47%. Hal ini merupakan hal yang kurang menggembirakan karena Indonesia memiliki potensi agroklimat dan luasan lahan yang tersedia sangat memadai untuk pengembangan nanas. Oleh karena itu, guna meningkatkan nilai jual tumbuhan nanas perlu pemanfaatan pelepah nanas untuk dijadikan serat sebagai bahan komposit yang ramah lingkungan.

Saat ini tidak banyak yang memanfaatkan serat daun nanas sebagai bahan komposit, tumbuhan nanas yang ada hanya diambil buahnya saja untuk di konsumsi sedangkan daunnya tidak lebih sebagai limbah atau di jadikan pupuk.

Serat nanas terdiri atas selulosa dan non selulosa yang diperoleh melalui penghilangan lapisan luar daun secara mekanik. Serat yang diperoleh dari daun nanas muda kekuatannya relatif rendah dan seratnya lebih pendek dibanding serat dari daun yang sudah tua.

Hasil penelitian ini sangat diharapkan adanya inovasi baru dalam pengembangan teknologi material komposit berpenguat serat non-sintetis di Indonesia khususnya di industri perkapalan.



Gambar 4 Serat Daun Nanas

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 411Industr 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 411Industry khususnya 411Industry pembuatan gula di Indonesia yang belum dioptimalkan dari segi ekonomi dan pemanfaatan hasil olahannya.



Gambar 5 Serat Ampas Tebu

2.4 Uji Bending

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 :

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

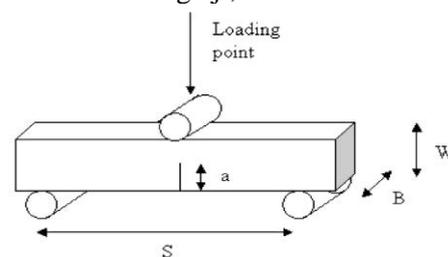
σ = Kekuatan *bending*, MPa

P = Beban, N

L = Panjang span, mm

b = lebar batang uji, mm

d = tebal batang uji, mm



Gambar 6 Uji bending dengan tiga titik (*Three Point Bending*)

2.5 Uji Impact

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

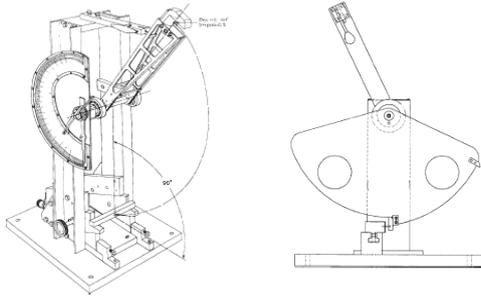
Kekuatan *impact* benda uji dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$\frac{W}{b_i \times h_i} \quad (2)$$

W = energi terserap benda uji (J)

bi = lebar benda uji impact (mm)

hi = tebal benda uji impact (mm)



Gambar 7 Pengujian impact metode charpy

III. 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.

3.1 Bahan Penelitian

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

3.2 Peralatan Penelitian

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

3.3 Proses Pembuatan Serat Daun Nanas dan Serat Ampas Tebu

Proses *Water Retting* adalah proses yang dilakukan oleh mikroorganisme (*bacterial action*) untuk memisahkan atau membuat busuk zat-zat perekat (*gummy substance*) yang berada pada sekitar serat daun nanas dan tebu, sehingga serat akan mudah terpisah dan terurai satu dengan

lainya. Proses *retting* dilakukan dengan cara memasukan daun- daun kedalam air dalam waktu tertentu.

- a. Kemudian daun dilakukan proses pengikisan atau pengerokan (*scraping*) dengan menggunakan plat, pisau ataupun sikat yang tidak terlalu tajam untuk menghilangkan zat-zat yang masih menempel atau tersisa pada serat.
- b. Daun yang sudah menjadi serat kemudian dibersihkan kemudian disisir lalu dijemur sampai kering.

3.4 Perhitungan Ketebalan Lamina

Hal penting yang harus dipertimbangkan dalam penyusunan lamina adalah perencanaan ketebalan lamina pada lamina kulit komposit serat daun gebang. Dengan mengetahui berat spesifik dan komposisi dari material pembentuknya maka ketebalan lamina kulit dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini (ASTM) :

$$Tc = Tf + Tm \quad (3)$$

$$Tf = N \left(\frac{W}{m^2} \right) f \times TCf \quad (4)$$

$$Tm = \frac{R}{G} N \left(\frac{W}{m^2} \right) f \times TCm \quad (5)$$

dimana:

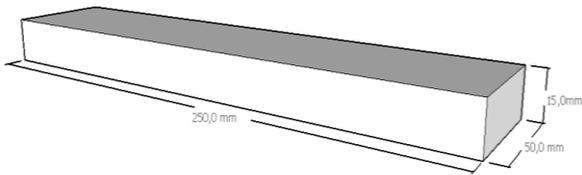
Tc	= ketebalan lamina
Tf	= ketebalan serat penguat
Tm	= ketebalan matriks/resin
N	= jumlah layer serat penguat
(W/m ²)f	= berat serat penguat
TC	= konstanta ketebalan (1/p)
P _f	= massa jenis serat penguat
P _m	= massa jenis resin

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 Daun Nanas dan Serat Ampas Tebu
- Standar Pengujian :ASTM D790-03

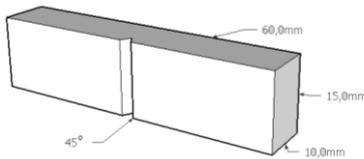


Gambar 8 Bentuk Spesimen Uji Bending

Ukuran Spesimen :

Panjang : 250 mm
 Lebar : 50 mm
 Ketebalan : 15 mm

- Uji Impact
- Spesimen Komposit Serat Daun Nanas dan Serat Ampas Tebu
- Standar Pengujian : ASTM D256-03



Gambar 9 Bentuk Spesimen Uji Impact

Ukuran spesimen

Panjang : 60 mm
 Lebar : 10 mm

3.6 Kekuatan Komposit Serat Nanas dan Serat Ampas Tebu

Kekuatan Komposit Serat Ampas Tebu

Variasi	Kuat Tarik (kg/mm ²)	Modulus Elastisitas (kg/mm ²)
Serat 0 ^o	1.69	115.85
Serat 45 ^o	1.34	108.40
Standar BKI	10.00	700.00

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Material BRP

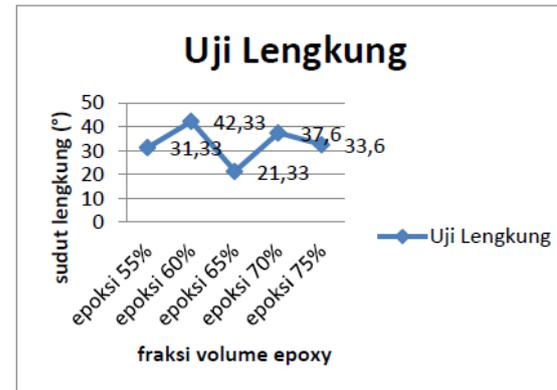
Variasi	Kuat Impak (J/m)
Serat 0 ^o searah	88.37

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Impak Material BRP

Perhitungan uji lengkung

Tabel 3.4 Data Perhitungan uji lengkung

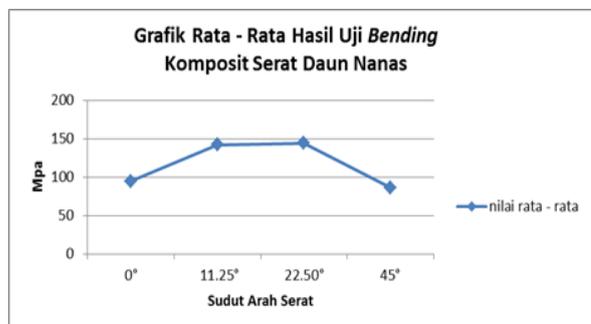
No	Fraksi volume (%)	Epoxy (mm ³)	Hardener (mm ³)	Sudut lengkung (°)
1	55	22,69	18,56	31,33
2	60	24,75	16,5	42,33
3	65	26,81	14,44	21,33
4	70	28,87	12,37	37,6
5	75	30,94	10,31	33,6



Gambar 3.2 Grafik uji lengkung

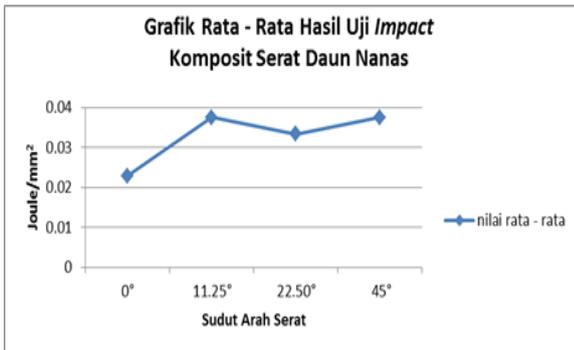
Kekuatan Komposit Serat Daun Nanas

HASIL UJI BENDING						
No	t ₀ (mm)	b ₀ (mm)	W (mm)	Ls (mm)	P beban (N)	σ lentur (Mpa)
0 ^o 1	6	10	60	104	190	82.33
0 ^o 2	6	10	60	104	270	117
0 ^o 3	6	10	60	104	190	82.33
0 ^o 4	6	10	60	104	224	97.06
Rata - rata						94.68



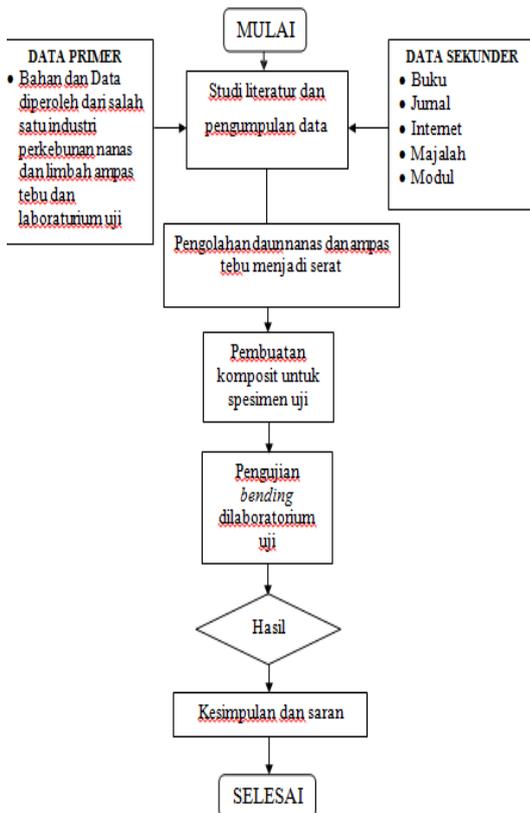
HASIL UJI IMPACT

No	t_0 (mm)	b_0 (mm)	A (mm ²)	P_{patah} Joule	Niai Ulet Joule/mm ²
0° 1	6	10	60	1	0.0166
0° 2	6	10	60	1	0.0166
0° 3	6	10	60	1.5	0.0250
0° 4	6	10	60	2	0.0333
Rata-rata					0.0229



3.6

Flow Chart



Dalam pembahasan analisa teknis, data diperoleh dari hasil pengujian material di laboratorium. Pengujian kuat tekuk (bending) dan uji impact komposit serat daun nanas dan tebu 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 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 tekan (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).

IV. HASIL DAN ANALISA DATA

4.1 Analisa Teknis



Gambar 10 Saat Pengujian Bending

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

Tabel 1 Data hasil pengujian bending

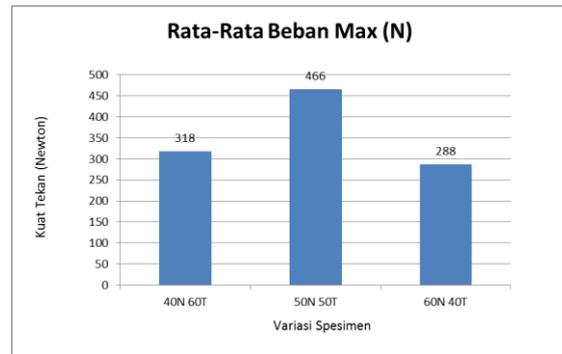
Material	Spesimen	t (mm)	b (mm)	W (mm)	Ls (mm)	ΔL	ρ_{max} (Newton)	Kuat Tekan (Mpa)	MoE (Mpa)
40N 60T	1	9.59	18.97	290.77	160	8.22	400	8.6929661	2978.276
	2	10.49	18.49	339.11	160	4.82	300	6.2738367	2986.144
	3	10.46	18.82	343.19	160	6.5	390	7.8950511	2852.571
	4	9.61	17.64	271.52	160	8.03	360	9.0290741	2932.366
50N 50T	1	10.7	18.05	344.42	160	10.21	600	12.908457	2721.428
	2	10.9	18.02	356.83	160	7.06	400	8.4758875	2486.114
	3	10.02	20.41	341.53	160	6.98	450	8.0857451	3215.221
	4	11.21	20.21	423.28	160	7.18	530	8.6815824	2655.023
60N 40T	1	9.05	18.95	258.68	160	6.96	280	6.4617818	2932.877
	2	10.38	18	323.23	160	7.03	310	6.9132234	2243.064
	3	10.69	16.71	318.26	160	6.5	270	6.7841341	2083.727
	4	10.71	20.19	385.98	160	7.17	400	6.8716202	2303.223

Keterangan :

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

Pada table 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

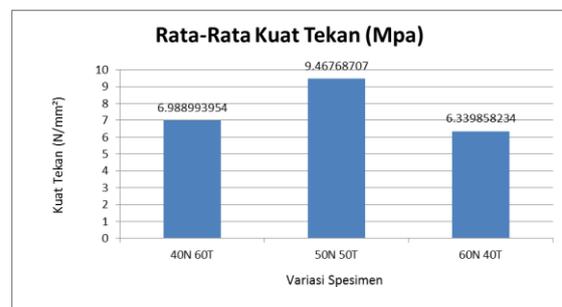
pengujian terdapat lima sample spesimen. Dari tiap variasi material komposit tersebut kemudian dicari rata-rata nilai beban maksimal yang dapat diterima oleh material (ρ_{max}) dan kuat tekuk (N/mm^2) di tiap variasi material komposit. Mesin uji bending pada penelitian ini menggunakan satuan newton. Standar kuat tekan dan modulus elastisitas menggunakan satuan Newton, menurut *BKI Rules for Fiber Reinforced plastic Ship 2016* section 1 C.4.1. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan beban maksimal (ρ_{max}) yang didapat pada saat pengujian *bending* material komposit.



Gambar 11 Grafik nilai rata-rata ρ_{max} per variasi

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar 10 diatas, dapat diketahui hasilnya yaitu, komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 40N mempunyai rata-rata ρ_{max} sebesar 318 Newton dan memiliki nilai tertinggi sebesar 400 Newton, komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 50N mempunyai rata-rata ρ_{max} sebesar 466 Newton dan memiliki nilai tertinggi sebesar 600 Newton, komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 60N mempunyai rata-rata ρ_{max} sebesar 288 Newton dan memiliki nilai tertinggi sebesar 400 Newton.

Selain nilai kuat tekan, hal yang dapat dicari setelah diketahui nilai beban maksimal (ρ_{max}) adalah nilai kuat tekan. Nilai rata-rata kekuatan tekuk dapat diketahui oleh tiap-tiap spesimen material komposit sebagai berikut.

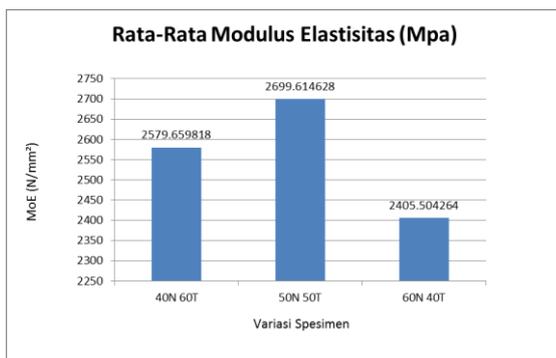


Gambar 12 Grafik nilai rata-rata kuat tekan per variasi

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar 11 diatas, dapat diketahui hasilnya yaitu, komposit

serat daun nanas dan tebu dengan volume 40N mempunyai rata-rata kekuatan tekuk sebesar 6,988 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 9,029 N/mm², komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 50N mempunyai rata-rata kekuatan tekuk sebesar 9,467 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 12,908 N/mm², komposit serat daun nanas dengan volume 60N mempunyai rata-rata kekuatan tekuk sebesar 6,339 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 6,913 N/mm².

Nilai rata-rata modulus elastisitas dapat diketahui oleh tiap-tiap spesimen material komposit sebagai berikut :



Gambar 13 Grafik nilai rata-rata modulus elastisitas per variasi

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar 12 diatas, dapat disimpulkan rata-rata nilai modulus elastisitas yang dapat diketahui hasilnya, komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 40N mempunyai rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 2579,65 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 2986,14 N/mm², komposit serat nanas dan tebu dengan volume 50N mempunyai rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 2699,61 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 3215,22 N/mm², komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 60N mempunyai rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 2405,50 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 2932,88 N/mm².

4.1.2 Pengujian Impak

Pada data hasil pengujian benturan (*impact test*) diambil dari sampel hasil pengujian yang hasilnya berupa grafik yang menunjukkan besar gaya patah pada saat beban pukul mematahkan spesimen.



Gambar 14 Saat Pengujian Impact

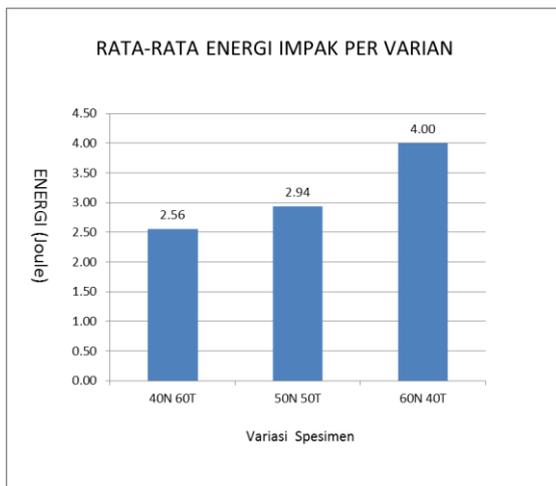
Berikut merupakan table hasil dari perhitungan data yang didapat saat pengujian bentur (*impact test*).

Tabel 2 Data hasil uji impak *charpy*

Variasi (°)	Spesimen	t (mm)	b (mm)	A (mm)	Sudut β (°)	Energi (joule)	Keuletan (1/mm ²)
40N 60T	1	10.94	10.42	113.99	28.50	2.00	0.0175
	2	11.07	10.45	115.68	28.00	2.70	0.0233
	3	12.07	9.96	120.22	28.00	2.70	0.0225
	4	11.75	9.88	116.09	27.50	3.40	0.0293
50N 50T	1	11.17	9.83	109.80	28.50	2.00	0.0182
	2	12.26	10.23	125.42	27.00	4.00	0.0319
	3	11.98	11.33	135.73	26.50	4.60	0.0339
	4	10.26	10.98	112.65	28.00	2.70	0.0240
60N 40T	1	11.97	9.79	117.19	27.00	4.00	0.0341
	2	11.61	9.90	114.94	27.00	4.00	0.0348
	3	11.81	9.73	114.91	26.50	4.60	0.0400
	4	12.11	9.83	119.04	27.00	4.00	0.0336

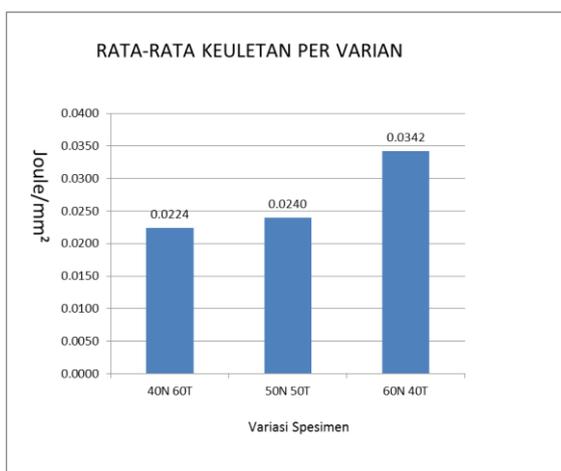
Keterangan :

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



Gambar 15 Grafik rata-rata energi impact 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 impact (J/mm^2) pada rata-rata specimen uji adalah, komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 40N mempunyai energi impact rata-rata sebesar 2,56 joule dengan nilai tertinggi sebesar 3,40 joule, komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 50N mempunyai energi impact rata-rata sebesar 2,94 joule dengan nilai tertinggi sebesar 4,60 joule, komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 60N mempunyai energi impact rata-rata sebesar 4,00 joule dengan nilai tertinggi sebesar 4,60 joule.



Gambar 16 Grafik rata-rata nilai keuletan tiap variasi uji impact.

Sedangkan rata-rata nilai keuletan impact (J/mm^2) pada rata-rata varian komposit sandwich, seperti yang ditunjukkan pada gambar 14 diatas adalah, komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 40N mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0224 J/mm^2 dengan nilai tertinggi

sebesar 0,0293 J/mm^2 , komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 50N mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0240 J/mm^2 dengan nilai tertinggi sebesar 0,0339 J/mm^2 , komposit serat daun nanas dan tebu dengan volume 60N mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0342 J/mm^2 dengan nilai tertinggi sebesar 0,0400 J/mm^2 .

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 menyatakan bahwa untuk 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 150N/mm² dan modulus elastisitas minimal sebesar 6860N/mm².

Dalam aturan BKI diatas, hanya ditentukan persyaratan material komposit berdasarkan hasil uji tekuk (*bending test*), sehingga hasil uji impact hanya memberikan info tentang kekuatan material terhadap energi impact. Berdasarkan persyaratan BKI seperti yang telah disebutkan diatas dan membandingkan nilai hasil uji *bending* dan masing-masing variasi komposit, dapat dilihat pada gambar 4.11 dan gambar 4.12 dibawah bahwa konstruksi material komposit dengan volume serat 50N memiliki hasil tertinggi, baik itu beban maksimal, kuat tekan, dan modulus elastisitas pada uji bending. Disusul hasil tertinggi kedua dengan volume serat 40N dan volume serat 60N. Hal ini menunjukkan bahwa volume serat ternyata mempengaruhi dalam pengujian tekan. Meskipun demikian tidak ada satu variasi pun yang memenuhi standar BKI.

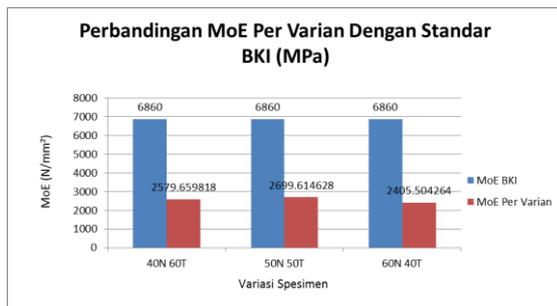


Gambar 17 Perbandingan nilai kuat tekan terhadap BKI

Perbandingan nilai hasil uji kuat tekan dari masing masing variasi komposit dengan persyaratan dari BKI sebesar 150 N/mm² dapat dilihat hasil pada varian komposit pada rata-rata

spesimen uji, seperti yang ditunjukkan pada gambar 15 diatas adalah :

- Untuk komposit dengan volume serat 40N, selisih kuat tekannya 143,012N/mm² atau 92,40 % lebih kecil dari standar BKI
- Untuk komposit dengan volume serat 50N, selisih kuat tekannya 140,533N/mm² atau 91,24 % lebih kecil standar dari BKI
- Untuk komposit dengan volume serat 60N, selisih kuat tekannya 143,661N/mm² atau 92,75 % lebih kecil standar dari BKI



Gambar 18 Perbandingan nilai modulus elastisitas terhadap 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, seperti yang ditunjukkan pada gambar 16 diatas adalah :

- Untuk komposit dengan volume serat 40N, selisih kuat tekannya 4280,35N/mm² atau 58,35 % lebih kecil dari standar BKI
- Untuk komposit dengan volume serat 50N, selisih kuat tekannya 4160,39N/mm² atau 55,76 % lebih kecil standar dari BKI
- Untuk komposit dengan volume serat 60N, selisih kuat tekannya 4454,49N/mm² atau 61,30 % lebih kecil standar dari BKI

4.3 Perbandingan Hasil Uji Dengan Komposit Serat Nanas (100%) dan Serat Ampas Tebu (100%)

Kekuatan Komposit Serat Ampas Tebu

Variasi	Kuat Tarik (kg/mm ²)	Modulus Elastisitas (kg/mm ²)
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

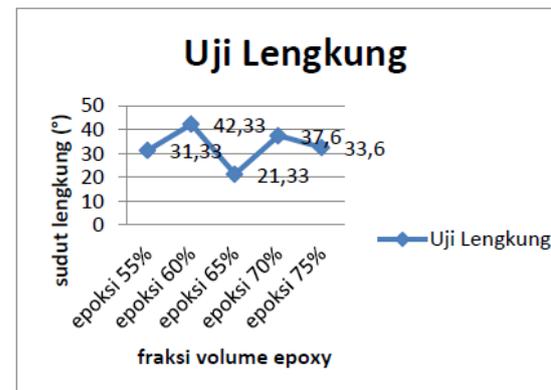
Variasi	Kuat Impak (J/m)
Serat 0° searah	88.37

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Impak Material BRP

Perhitungan uji lengkung

Tabel 3.4 Data Perhitungan uji lengkung

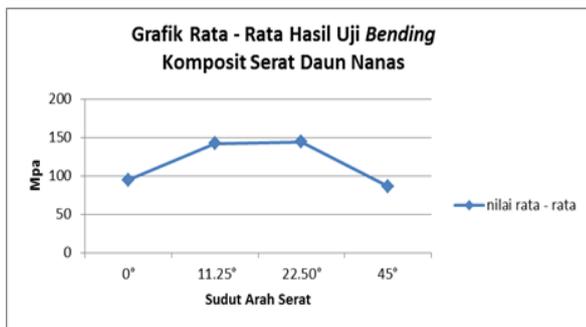
No	Fraksi volume (%)	Epoxy (mm ³)	Hardener (mm ³)	Sudut lengkung (°)
1	55	22,69	18,56	31,33
2	60	24,75	16,5	42,33
3	65	26,81	14,44	21,33
4	70	28,87	12,37	37,6
5	75	30,94	10,31	33,6



Gambar 3.2 Grafik uji lengkung

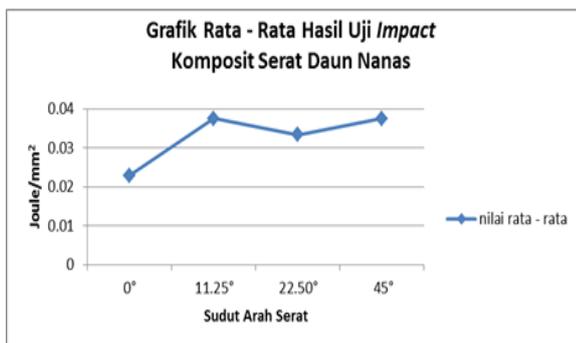
Kekuatan Komposit Serat Daun Nanas

HASIL UJI BENDING						
No	t ₀ (mm)	b ₀ (mm)	W (mm)	Ls (mm)	P beban (N)	σ lentur (Mpa)
0° 1	6	10	60	104	190	82.33
0° 2	6	10	60	104	270	117
0° 3	6	10	60	104	190	82.33
0° 4	6	10	60	104	224	97.06
Rata - rata						94.68



HASIL UJI IMPACT

No	t_0 (mm)	b_0 (mm)	A (mm ²)	P patah Joule	Niai Ulet Joule/mm ²
0° 1	6	10	60	1	0.0166
0° 2	6	10	60	1	0.0166
0° 3	6	10	60	1.5	0.0250
0° 4	6	10	60	2	0.0333
Rata-rata					0.0229



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan penulis yang berjudul "Analisa Teknis Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas (Smooth Cayenne) dan Serat ampas tebu (Saccharum Officinarum L) Sebagai Alternatif Bahan Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan *Bending* dan *Impact*", maka dapat diambil beberapa kesimpulan pada akhir penulisan sebagai berikut :

1. Hasil dari uji bending pada seluruh varian material komposit yaitu, varian dengan volume 50N menghasilkan kekuatan tertinggi ditinjau dari nilai kuat tekan dan modulus elastisitas dibandingkan varian lainnya. Disusul oleh varian dengan volume 40N, dan varian dengan volume 60N Sedangkan

pada uji impact hasil nilai energy impact dan keuletan tertinggi diperoleh varian dengan volume 60N, disusul varian dengan volume 50N dan varian dengan volume 40N. Dari hasil pengujian dan dibandingkan dengan syarat dari BKI, seluruh spesimen tidak ada yang memenuhi persyaratan minimal BKI kuat tekan dan modulus elastisitas uji tekuk.

2. Dari hasil pengujian volume serat sangat berpengaruh terhadap hasil dari pengujian bending dan impact, semakin besar volume serat nanas 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 volume serat penguat. Oleh karena itu disarankan juga dilakukan variasi lain seperti ketebalan kulit komposit.
3. Disarankan untuk pembuatan specimen uji sebaiknya dilakukan oleh orang yang sudah berpengalaman dan ahli di bidang pembuatan komposit dengan metode vakum ini sehingga diperoleh specimen uji yang benar benar diinginkan.
4. 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.
5. 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.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2004. “*Annual Book ASTM Standart*”, USA.
2. Biro Klasifikasi Indonesia, 1996. “*Rules and Regulation for The Classification and Construction of Ships*”, Jakarta
3. Biro Klasifikasi Indonesia, “*List of Approved Manufacturer*”, January 2016 Edition
4. Daud Johanis, Jufra., Abanat 1), Anindito Purnowidodo 2), Yudy Surya Irawan “*Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Gebang (Corypha Utan Lamarck) Terhadap Sifat Mekanik Pada Komposit Bermatrik Epoksi*” Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang.
5. H. Ku , H. Wang, N. Pattarachaiyakoop, 2011, “*M. Trada A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites*” Centre of Excellence in Engineered Fibre Composites and Faculty of Engineering, University of Southern Queensland, Australia
6. K. Van Rijswijk, W.D Brouwer and A. Beukers, 2001 “*Application of Natural Fibre Composites In The Development of Rural Societies*”, Structures and Materials Laboratory, Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology
7. 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
8. Kusumastuti, Adhi., “*Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer*” Jurusan Teknologi Jasa dan Produksi, Universitas Negeri Semarang.
9. Maryanti, Budha., A. As’ad Sonief², Slamet Wahyudi “*Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik*” Program Magister dan Doktor Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
10. Oroh, Jonathan, 2013 “*Analisis Sifat Mekanis Material Komposit Dari Serat Sabut Kelapa*” Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
11. Pramono, Catur, Sri widodo” *Pengaruh Perlakuan Alkali Kadar 5% Dengan Lama Perendaman 0 Jam, 2jam, 4 Jam, 6 Jam Terhadap Sifat Tarik Serat Pelepah Pisang Kepok*” Teknik Mesin, Universitas Tidar Magelang.
12. Widodo, Basuki. “*Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random)*” Teknik Mesin, ITN Malang