

Analisa Teknis dan Ekonomis Pembangunan Kapal Ikan Ukuran 10GT-20GT Konstruksi *Fibreglass Reinforced Plastic* (FRP) Sesuai Standar Biro Klasifikasi Indonesia

Aryo Baskoro dan Triwilaswandio Wuruk Pribadi

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: triwilas@na.its.ac.id

Abstrak—Kapal ikan ukuran 10GT-20GT konstruksi *fibreglass reinforced plastics* yang dibangun untuk menunjang sektor perikanan sebagian besar memiliki sifat mekanik yang rendah pada konstruksi lambung sehingga sering mengalami kerusakan sebelum batas umur konstruksi yang direncanakan. Hal ini disebabkan karena kapal-kapal tersebut dibangun tanpa menerapkan standar susunan laminasi dan fraksi campuran resin dengan serat *fibreglass* yang benar untuk metode *hand lay up* agar mampu memenuhi sifat mekanik yang disyaratkan oleh klasifikasi (BKI). Belum adanya standar susunan laminasi dan fraksi resin FRP yang benar menyebabkan standar harga produksi untuk kapal ikan FRP juga belum diketahui. Untuk mengetahui standar komposisi campuran FRP yang benar maka dalam penelitian ini dilakukan pengujian spesimen material FRP meliputi pengujian tarik dan pengujian lentur pada beberapa variasi laminasi. Penentuan variasi laminasi ini berdasarkan pada data dokumen teknis dan observasi di lapangan. Hasil dari pengujian beberapa variasi material FRP dianalisa secara teknis untuk memperoleh susunan laminasi dan fraksi resin material FRP yang benar sehingga memenuhi kriteria sifat mekanik yang disyaratkan oleh BKI. Variasi-variasi laminasi ini kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan biaya material sehingga diperoleh korelasi sifat mekanik dengan harga pokok produksi kapal ikan konstruksi FRP. Dari pengujian material diketahui bahwa laminasi yang memenuhi sifat mekanik BKI membutuhkan jumlah serat menerus lebih dari sepertiga jumlah total lapisan dengan berat serat menerus 50% dari berat total serat. Pada sampel kapal ikan *mini purse seine* konstruksi FRP ukuran 10GT, apabila menggunakan variasi yang memenuhi BKI maka biaya produksi kasko adalah sebesar Rp 323.370.000,00. Kapal ikan konstruksi FRP ukuran 20GT jika dibangun dengan standar yang sama maka biaya pekerjaan kasko adalah Rp 472.342.175,00.

Kata Kunci—*Fibreglass Reinforced Plastic* (FRP), kapal ikan, metode *hand lay up*.

I. PENDAHULUAN

PENINGKATAN kapasitas produksi sektor perikanan di Indonesia diiringi dengan bertambahnya kebutuhan kapal penangkap ikan. Adanya jumlah kebutuhan kapal penangkap ikan yang cukup banyak disertai target waktu untuk pemenuhan kebutuhan tersebut menghasilkan keputusan dipilihnya teknologi pembangunan kapal yang mudah dan

membutuhkan tenaga kerja tanpa keahlian khusus. Oleh karena itu, material *Fibreglass Reinforced Plastic* (FRP) digunakan pada sebagian besar pengadaan kapal-kapal ikan tersebut. Proses produksi yang umum digunakan adalah metode *hand lay up*, dimana proses laminasi dilakukan secara manual. Proses *lay-up* ini dilakukan secara berulang hingga laminasi FRP mencapai ketebalan yang diharapkan. Beberapa galangan yang sudah berpengalaman mampu menghasilkan kapal ikan yang baik dan seaworthy, sedangkan kapal ikan yang diporduksi oleh galangan yang kurang berpengalaman umumnya mengalami banyak kendala. Kendala tersebut adalah banyaknya temuan bahwa material FRP untuk konstruksi kapal yang dihasilkan memiliki sifat mekanik yang rendah dan tidak memenuhi standar kekuatan yang telah ditetapkan oleh klasifikasi yang ditunjuk yaitu BKI.

Dari sisi proses produksi kapal, salah satu faktor yang mempengaruhi kegagalan material tersebut adalah kesalahan dalam campuran komposisi material penyusun *fiberglass reinforced plastic* dikarenakan banyak galangan yang masih belum mengetahui standar komposisi campuran *fiberglass* agar memenuhi standar sifat mekanik yang ditetapkan oleh BKI. Komposisi campuran tersebut meliputi susunan laminasi serat, jenis resin yang digunakan, perbandingan campuran katalis dengan resin dan perbandingan berat serat dengan berat resin yang diaplikasikan. Faktor lain yang menjadi penyebab dari kegagalan material FRP adalah adanya indikasi digunakannya material substitusi yang kurang sesuai oleh pihak galangan dalam proses pembangunan kapal FRP. Material substitusi ini umumnya adalah material yang lebih murah dan digunakan sebagai tambahan atau pengganti serat *glass* untuk mencapai ketebalan yang disyaratkan, salah satunya adalah pemberian campuran *talc* atau material substitusi lainnya dimana material-material ini kurang memberikan kontribusi baik pada sifat mekanik material maupun kekuatan memanjang kapal.

Perbedaan standar produksi kapal ikan konstruksi *fiberglass reinforced plastic* memiliki dampak pada aspek ekonomis pembangunan kapal FRP. Perbedaan tersebut menyebabkan tidak adanya standar minimal kebutuhan material pembangun dan penilaian harga pokok produksi untuk pembangunan kapal ikan. Dengan adanya permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini dilakukan pengujian material untuk beberapa variasi laminasi. Pengujian tersebut meliputi pengujian tarik

(*tensile test*) dan pengujian lentur (*bending test*). Hasil dari pengujian ini adalah menemukan komposisi campuran FRP yang sesuai untuk kapal ikan dan memenuhi sifat mekanik yang disyaratkan oleh BKI, serta campuran FRP lainnya yang tidak memenuhi sifat mekanik tersebut. Hasil pengujian tersebut kemudia menjadi acuan dalam menghitung kebutuhan material utama sehingga diperoleh biaya produksi untuk kapal ikan konstruksi FRP.

A. Dasar Teori dan Studi Literatur

Kapal ikan berdasarkan jenis alat tangkap yang digunakan umumnya dibedakan menjadi 4 jenis yaitu:

- Kapal ikan jenis *trawler*
- Kapal ikan jenis *purse seine*
- Kapal ikan jenis *pole and line*
- Kapal ikan jenis *long line*

Komposit adalah material yang tersusun atas campuran dua atau lebih material dengan sifat kimia dan fisika berbeda, dan menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat-sifat berbeda dengan material-material penyusunnya[1]. Adapun komponen dari material komposit adalah:

1. Material penguat (*reinforcement materials*), meliputi [2]:
 - Serat *fibreglass*
 - *Polymer fibres*
 - *Carbon fibres*
2. Core material, dimana beberapa material yang dapat digunakan antara lain:
 - Balsa
 - *Thermoset Foams*
 - *Honeycomb*
 - *Core Fabrics*
3. Resin, dengan jenis-jenis sebagai berikut [3]:
 - *Polyester resin*
 - *Vynil ester resin*
 - *Epoxy resin*
4. Katalis
5. Gelcoat

Dalam pembuatan kapal berbahan *fiberglass* terdapat 3 metode laminasi yang sering digunakan di galangan kapal konstruksi FRP. Metode tersebut diantaranya adalah *hand lay up*, *chopper gun* dan *vacuum infusion* [4].

Dalam membangun kapal digunakan *rules* yang berlaku di area kapal tersebut akan dioperasikan. Tujuan dari penggunaan *rules* ini adalah untuk menjamin bahwa konstruksi kapal yang dibangun telah memenuhi standar dan kapal tersebut *seaworthy* [5].

Di Indonesia, *rules* yang umum digunakan adalah *rules* yang diterbitkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Rules Biro Klasifikasi Indonesia terkait kapal-kapal konstruksi *fiberglass* antara lain:

- Rules for Non-Metallic Materials, edisi 2014 [6]
- Rules for FRP and Wooden Fishing Vessel up to 24 m, edisi 2015 [7]
- Rules for Fibreglass Reinforced Plastic Ships edisi 2016 [8]

Dalam *rules* BKI yang telah disebutkan diatas sudah tercantum ukuran-ukuran konstruksi yang disyaratkan, standar kekuatan material *fiberglass* serta standar pengujian material.

Besarnya kuat tarik material dihitung dengan rumus berikut [9]:

$$F = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Dimana: P = *Breaking load* (N)

A = Luas penampang melintang spesimen (mm²)

Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$E = \frac{P \cdot l}{A \cdot \Delta l} \tag{2}$$

Dimana: P = *Breaking load* (N)

A = Luas penampang melintang spesimen (mm²)

l = Panjang *gauge length* (mm)

Δl = Besarnya *elongation* material (mm)

Besarnya kuat lentur dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$MOR = \frac{3}{2} \cdot \frac{Pl}{bt^2} \tag{3}$$

Dimana: P = *Breaking load* (N)

l = Panjang *gauge length* (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

t = Tebal spesimen (mm)

Besarnya modulus elastisitas bending dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$MOE = \frac{l^3}{4bt^3} \left(\frac{\Delta P}{\Delta y} \right) \tag{4}$$

Dimana: P = *Breaking load* (N)

l = Panjang *gauge length* (mm)

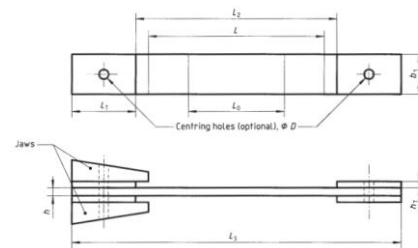
b = Lebar spesimen (mm)

t = Tebal spesimen (mm)

y = Besarnya defleksi pada bagian *gauge length*

/

Spesimen untuk pengujian tarik disesuaikan dengan standar ISO tentang *tensile test* (ISO 527-4, *test piece III*), sebanyak 6 spesimen [10]. Bentuk dan dimensi spesimen *tensile test* dapat dilihat pada Gambar 1.



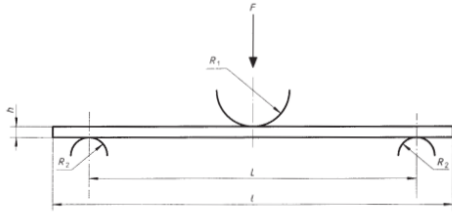
Gambar 1. Desain spesimen uji tarik [ISO 527-4]

Dimana:

- L₃ Panjang total : ≥ 250 mm
- L₂ Jarak antar *end tab* : 150 ± 1 mm
- b₁ Lebar : 25 ± 0,5 mm atau 50 ± 0,5 mm
- h Ketebalan : sesuai dengan ketebalan sampel L₀
- L₀ Panjang gauge : 50 ± 1 mm
- L Jarak inisial antar grip : 136 mm
- L_T Panjang end tab : 50 mm ± 1 mm
- h_T Ketebalan end tab : 1 – 3 mm
- D Diameter centring holes : 3 ± 0,25 mm

Spesimen untuk pengujian bending menggunakan standar ISO (ISO 14125, Method A) sebanyak 6 spesimen [11].

Bentuk dan dimensi spesimen *bending test* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Desain spesimen uji tekuk [ISO 14125]

Dimana:

- L₃ Panjang total : ≥ 250 mm
- L₂ Jarak antar *end tab* : 150 ± 1 mm
- b₁ Lebar : 25 ± 0,5 mm atau 50 ± 0,5 mm
- h Ketebalan : ketebalan sampel
- L₀ Panjang *gauge* : 50 ± 1 mm
- L Jarak inisial antar *grip* : 136 mm
- L_T Panjang *end tab* : 50 mm ± 1 mm
- h_T Ketebalan *end tab* : 1 – 3 mm
- D Diameter *centring holes* : 3 ± 0,25 mm

Berdasarkan rules BKI *Fibreglass Reinforced Plastic* 2016, hasil dari pengujian FRP yang tersusun atas *chopped strand mat* dan *woven roving* tidak boleh kurang dari yang telah ditentukan sebagai berikut:

- *Tensile strength* : 98 N/mm²
- *Modulus of tensile elasticity* : 6,86 x 10³ N/mm²
- *Bending strength* : 150 N/mm²
- *Modulus of bending elasticity* : 6,86 x 10³ N/mm²

II. URAIAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini dibuat spesimen dengan ketebalan 6 lapis, 7 lapis, 8 lapis, 9 lapis, 10 lapis, 12 lapis dan 14 lapis. Masing-masing ketebalan tersebut dibuat 8 variasi laminasi mulai dari variasi susunan serat, penggunaan resin *marine use* dan *non marine use*, campuran *talca*, dan material substitusi lain seperti *multiplex* dan *particle board*. Variasi-variasi ini dipilih berdasarkan data dokumen tender dan observasi langsung di lapangan. Adapun variasi yang digunakan dalam penelitian ini tampak pada Tabel 1. Masing-masing variasi dibentuk menjadi 6 (enam) spesimen uji tarik sesuai standar ISO 527-4, dan 6 (enam) spesimen uji lentur sesuai standar ISO 14125.

Tabel 1

Variasi spesimen yang dibuat untuk pengujian tarik dan pengujian lentur

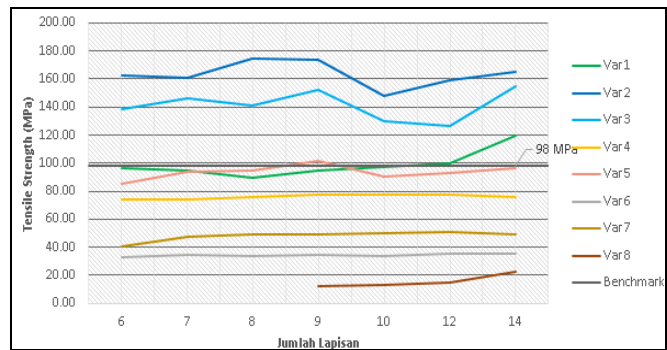
Variasi	Keterangan
1	Laminasi dengan jumlah lapisan Woven Roving < 33%
2	Laminasi dengan jumlah lapisan Woven Roving ≥ 33%
3	Laminasi dengan lapisan WR600 dan WR800
4	Laminasi dengan seluruh lapisan <i>Chopped Strand Mat</i>
5	Laminasi dengan resin <i>non marine use</i>
6	Laminasi dengan campuran <i>talca</i> (± 45% <i>thickness</i>)
7	Laminasi antara FRP dengan <i>multiplex</i> (± 45% <i>thickness</i>)
8	Laminasi antara FRP dengan <i>particle board</i> (± 45% <i>thickness</i>)

Hasil dari pengujian ini adalah menemukan komposisi campuran FRP yang sesuai untuk kapal ikan dan memenuhi sifat mekanik yang disyaratkan oleh BKI, serta campuran FRP lainnya yang tidak memenuhi sifat mekanik tersebut. Hasil pengujian tersebut kemudian menjadi acuan dalam menghitung kebutuhan material utama sehingga diperoleh biaya produksi untuk kapal ikan konstruksi FRP.

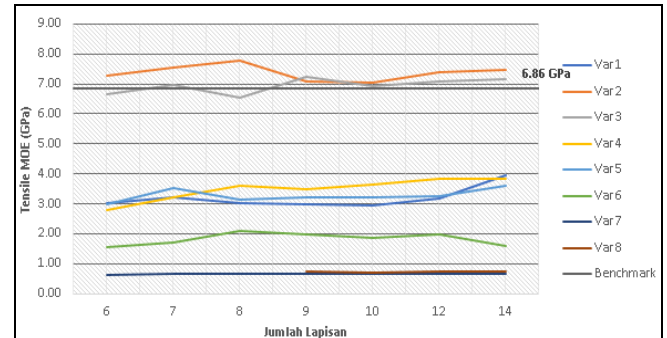
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Material FRP

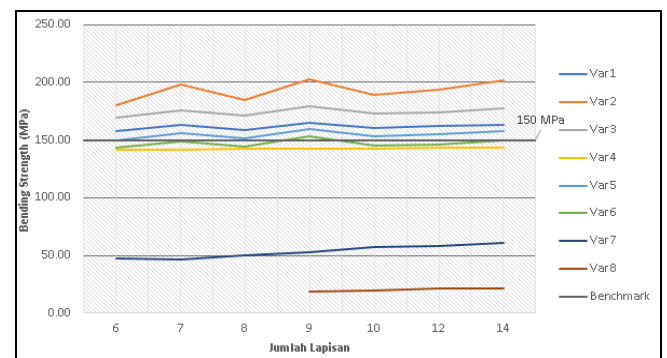
Dari analisa pengujian dan penggambaran dalam bentuk grafik dapat diketahui tren yang mampu menegaskan variasi laminasi yang benar-benar memenuhi standar sifat mekanik BKI maupun yang tidak memenuhi kriteria tersebut.



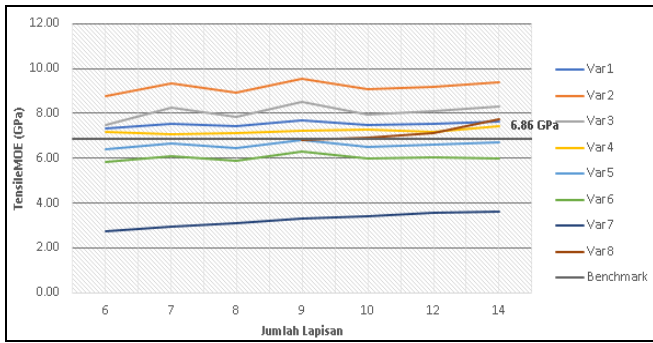
Gambar 3. Grafik perbandingan kuat tarik antar variasi spesimen



Gambar4. Grafik perbandingan modulus elastisitas kuat tarik antar variasi spesimen



Gambar 5. Grafik perbandingan kuat lentur antar variasi spesimen



Gambar 6. Grafik perbandingan modulus elastisitas kuat lentur antar variasi spesimen

Grafik-grafik yang ditampilkan pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 mampu membuktikan bahwa laminasi dengan variasi 2 memiliki sifat mekanik yang disyaratkan oleh BKI *Fibreglass Reinforced Plastic Ships* edisi 2016. Kuat tarik yang dimiliki laminasi variasi 2 lebih dari 98 MPa dengan modulus elastisitas kuat Tarik diatas 6,86 GPa. Kuat lentur juga menunjukkan nilai yang melebihi standar BKI yaitu diatas 150 MPa serta memiliki modulus elastisitas kuat lentur diatas 6.86 GPa

B. Perhitungan Scantling Sampel Kapal Ikan FRP 10GT-20GT

Tabel 2

Tebal Laminasi Minimum Untuk Konstruksi Kapal Ikan FRP 20GT

Bagian Kapal	Minimal Tebal Laminasi (mm)
Lunas	15 mm
Alas	9.97 mm
Sisi samping	9.5 mm
Geladak	8.20 mm
Gading	5 mm
Balok Geladak	5 mm
Pembujur Sisi	6 mm
Pembujur Alas	5 mm
Pembujur Geladak	5 mm
Penegar Sekat dan Tangki	4 mm
Center Girder	11.00 mm
Side Girder	8.00 mm
Side Girder Kamar Mesin	11.00 mm
Floor/Wrang	6.00 mm
Dinding Sekat	3.79 mm
Dinding Tangki	6.00 mm
Bangunan Atas dan Kabin	5.50 mm
Penegar Bangunan Atas	5.00 mm

Perhitungan *scantling* dalam penelitian ini menggunakan *rules* BKI *Fibreglass Reinforced Plastic Ships* untuk menentukan ukuran dan ketebalan konstruksi yang digunakan pada kapal ikan ukuran 10GT dan 20GT. Selain perhitungan *scantling* dilakukan pula perhitungan luas konstruksi yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan biaya produksi

kapal. Contoh hasil perhitungan *scantling* ditunjukkan pada Tabel 2.

C. Perbandingan Scantling BKI Fibreglass Reinforced Plastic Ships 2016 dengan Rules Lainnya

Tabel 3

Perbandingan parameter yang digunakan dalam perhitungan scantling

Parameter	BKI	BKI	DNV	ISO	FAO
	201	2015/GL			
	6	2003	2010	12215	
Dimensi utama	v		v		v
Beban yang bekerja		v	v	v	
Sifat mekanik		v	v	v	
Specific gravity material	v				
Glass content	v				
Kecepatan dinas		v	v	v	

Secara umum ada 7 parameter yang berpengaruh dalam penentuan ketebalan laminasi. Parameter tersebut antara lain dimensi utama, beban yang bekerja, sifat mekanik material, specific gravity material (untuk menentukan ketebalan tiap layer), glass content, kecepatan dinas, dan total berat serat. Perbandingan parameter antar rules dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 4

Perbandingan Minimum Thickness dari perhitungan scantling untuk kapal ikan 10GT

Bagian Kapal	Minimum Thickness (mm)				
	BKI 2016	DNV 2010	GL 2003/BKI 2015	ISO	FAO
Lunas	13.8	-	-	-	-
Alas	7.6	9.23	-	6.71	-
Sisi samping	7.2	8.72	-	4.80	-
Geladak	7.37	6.74	-	3.06	-
Dinding Sekat	3.29	6.14	-	-	-
Deckhose	5.00	6.74	-	-	-
Sheer	-	-	-	-	-

Tabel 5

Perbandingan Minimum Glass Weight dari perhitungan scantling untuk kapal ikan 10GT

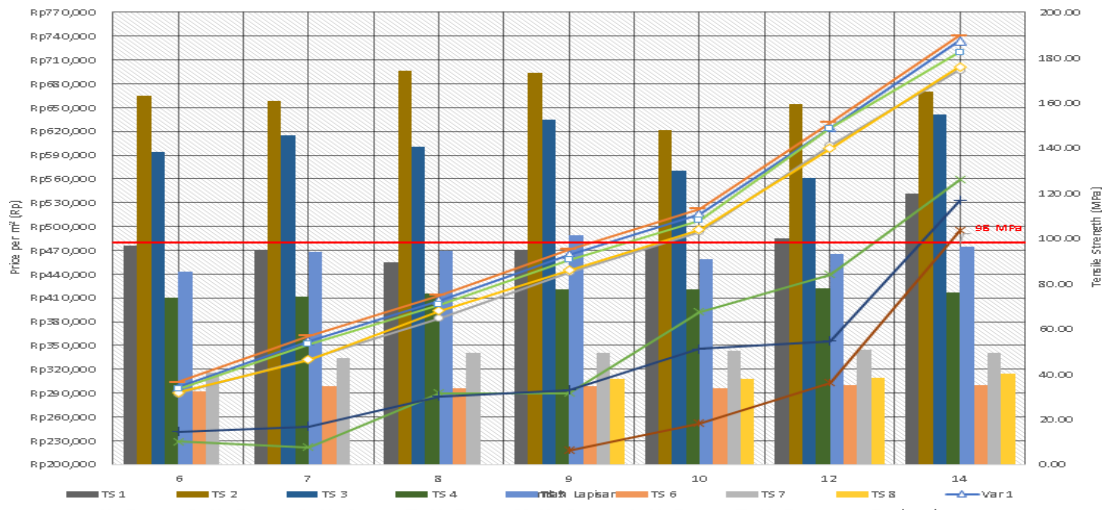
Bagian Kapal	Minimum Glass Weight (gr/m ²)				
	BKI 2016	DNV 2010	GL 2003/BKI 2015	ISO	FAO
Lunas	-	-	5756.06	-	6806.40
Alas	-	-	3406.58	2316.00	4106.40
Sisi samping	-	-	2812.08	2007.00	4106.40
Geladak	-	-	1921.92	1678.00	4106.40
Dinding Sekat	-	-	2091.41	-	-
Deckhose	-	-	2645.81	-	-
Sheer	-	-	-	-	4406.40

Dari Tabel 4 dan Tabel 5 dapat diketahui bahwa untuk kriteria *minimum glass weight*, *rules* FAO adalah yang terberat namun memiliki keunggulan dalam kemudahan perhitungan *scantling* karena cukup menggunakan interpolasi. Sedangkan *minimum glass weight* yang paling ringan diperoleh menggunakan perhitungan *scantling* menggunakan *rules* ISO 12215-5. Untuk perhitungan ketebalan minimum, diketahui

bahwa *rules* DNV 2.21 *Standard for Certification for Craft* edisi 2010 lebih tebal daripada BKI *FRP Ships* edisi 2016 meskipun yang digunakan adalah rumus ketebalan minimum

($t_{min} > t_p$), sedangkan *rules* ISO 12215-5 menghasilkan ketebalan konstruksi yang paling tipis.

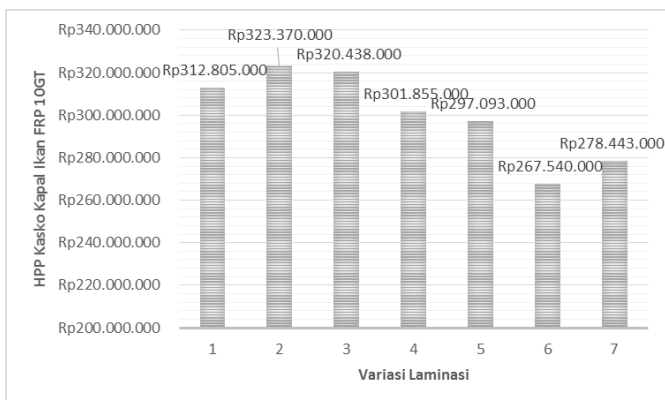
D. Analisa Ekonomis



Gambar. 7 Grafik korelasi kuat tarik dengan harga laminasi per meter persegi berdasarkan variasi laminasi

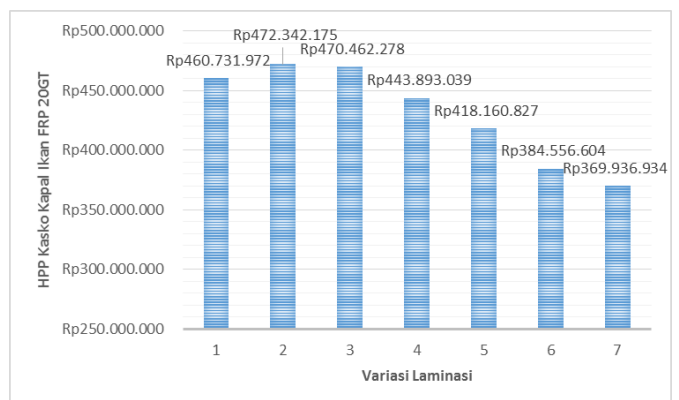
Gambar 7 memaparkan perbedaan harga material jika menggunakan variasi laminasi yang berbeda dan korelasinya dengan salah satu sifat mekanik material yaitu kuat tariknya. Diketahui bahwa variasi laminasi yang memenuhi seluruh kriteria sifat mekanik (variasi 2) memiliki harga material tertinggi per meter persegi. Sedangkan untuk harga terendah adalah variasi 8 (*particle board*), diikuti variasi 7 (*multiplex*) dan variasi 6 (campuran *talc*). Masing-masing variasi laminasi tersebut dapat menjadi acuan dalam perhitungan ketebalan laminasi konstruksi kapal dan biaya produksinya.

termasuk penegar-penegar). Pada sampel kapal ikan konstruksi FRP ukuran 10GT, biaya pekerjaan kasko kapal apabila menggunakan variasi yang memenuhi BKI (variasi 2) adalah sebesar Rp 323.370.000,00. Jika kapal diproduksi dengan menggunakan resin non marine use (variasi 5) maka biayanya sebesar Rp 297.093.000,00. Kapal ikan 10GT yang diproduksi dengan menggunakan laminasi variasi 1 (resin marine use) memiliki biaya pekerjaan kasko sebesar Rp 312.805.000,00. Untuk variasi 3 jika digunakan akan menghasilkan biaya kasko sebesar Rp 320.438.000,00. Kapal ikan 10 GT dengan variasi laminasi 4 memiliki biaya kasko Rp 301.855.000,00. Apabila kapal dibangun dengan campuran *talc* (variasi 6) biaya pekerjaan kaskonya adalah Rp 267.540.000,00. Jika laminasi dibuat dengan tambahan *multiplex* (variasi 7) pada konstruksi lunas, alas, sisi dan geladak maka biaya kasko kapal adalah Rp 278.443.000,00.



Gambar 8. Grafik perbandingan harga kasko kapal ikan FRP 10GT

Grafik perbandingan harga kasko kapal untuk kapal ikan FRP 10GT ditunjukkan pada Gambar 8. Susunan laminasi variasi 1 hingga variasi 6 diaplikasikan pada seluruh badan kapal, sedangkan variasi 7 (*multiplex*) terbatas pada konstruksi lambung yang memiliki ketebalan lebih dari 6 mm (juga tidak



Gambar 9. Grafik perbandingan harga kasko kapal ikan FRP 10GT berdasarkan variasi laminasi

Perbandingan harga kasko kapal ikan konstruksi FRP ukuran 10GT ditampilkakan pada Gambar 9. Susunan laminasi variasi 1 hingga variasi 6 diaplikasikan pada seluruh badan kapal, sedangkan variasi 7 (*multiplex*) terbatas pada konstruksi lambung yang memiliki ketebalan lebih dari 6 mm (juga tidak termasuk penegar-penegar). Kapal ikan konstruksi FRP ukuran 20GT jika dibangun dengan variasi laminasi standar BKI (variasi 2) maka biaya pekerjaan kasko adalah Rp 472.342.175,00. Jika kapal dibangun dengan menggunakan resin *non marine use* (variasi 5) maka biayanya adalah Rp 418.160.827,00. Kapal yang dibangun dengan variasi laminasi 3 memiliki biaya pekerjaan kasko kapal sebesar Rp. 470.462.278,00, memiliki selisih yang kurang signifikan dibandingkan dengan kapal yang dibangun dengan variasi laminasi 1 yaitu Rp 460.731.972,00. Laminasi variasi 4 memiliki biaya kasko yang lebih tinggi dengan variasi 5 (*non marine*) yaitu Rp 443.893.039,00. Kapal ikan 20GT konstruksi FRP dengan campuran *talc* (variasi 6) menggunakan resin *non marine use* biaya kaskonya adalah Rp 384.556.604,00 dan jika menggunakan tambahan *multiplex* (variasi 7) maka biaya kaskonya adalah Rp 369.936.934,00.

IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan beberapa perhitungan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survey dan observasi lapangan, pembangunan kapal ikan konstruksi FRP di Indonesia sebagian besar hanya dapat diketahui pemenuhan standar BKI hanya berdasarkan ketebalan laminasinya. Dari sisi sifat mekaniknya belum dapat dipastikan apakah telah memenuhi kriteria sifat mekanik BKI, sebab terdapat indikasi komposisi laminasi dan campuran FRP yang kurang tepat.
2. Diketahui bahwa untuk mencapai kriteria sifat mekanik yang diharapkan, jumlah serat menerus (*continuous fibres*) dapat menjadi dasar pertimbangan susunan laminasi, dimana serat menerus yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis serat Woven Roving. Selain jumlah serat menerus, berat total serat menerus dibandingkan total berat serat secara keseluruhan juga berpengaruh, terutama pada nilai modulus elastisitas kuat tarik. Untuk dapat memenuhi modulus elastisitas yang disyaratkan, berat serat menerus (*woven roving*) lebih dari 50% dari total berat serat.
3. Pada sampel kapal ikan mini purse seine konstruksi FRP ukuran 10GT, apabila menggunakan variasi yang

memenuhi BKI (sesuai kesimpulan pada poin 1) maka biaya produksi kasko adalah sebesar Rp 323.370.000,00. Kapal ikan konstruksi FRP ukuran 20GT jika dibangun dengan standar yang sama maka biaya pekerjaan kasko adalah Rp 472.342.175,00. Berdasarkan hasil analisa ekonomis biaya produksi kapal ikan mini purse seine ukuran 10GT konstruksi FRP beserta perlekapannya adalah Rp 890.007.000,00, sedangkan untuk kapal sejenis dengan ukuran 20GT biaya produksinya adalah Rp 1.261.614.175,00

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. sebagai dosen pembimbing dan Bapak Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc. yang turut serta memberikan bimbingan dan motivasinya. Terima kasih pula kepada Bapak Imam Baihaqi, S.T., M.T., Bapak Sufian Imam W., S.T., M.Sc. dan Bapak M. Solikhan Arif, S.T., M.T. yang memberikan masukan kepada penulis. Terima kasih kepada Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T, M.T. atas segala dukungan kepada penulis. Terima kasih kepada keluarga dan saudara-saudara yang memberikan dukungan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Bader, *Composites Handbook*. 2005.
- [2] E. Greene, *Marine Composites*. Eric Greene Associates, 1999.
- [3] D. Cripps, "Resin Types," 2015. [Online]. Available: <http://www.netcomposites.com/guide-tools/guide/resin-systems/resin-types/>.
- [4] K. Hankinson, *Fiberglass Boatbuilding for Amateurs*. California: GLEN-L, 1982.
- [5] S. S. Committee, *Design Guide for Marine Applications of Composites*. 1997.
- [6] B. K. Indonesia, *Rules for Non-Metallic Materials*. Jakarta: BKI, 2014.
- [7] B. K. Indonesia, *Guidance for FRP and Wooden Fishing Vessel Up To 24 m*. Jakarta: BKI, 2015.
- [8] B. K. Indonesia, *Rules for Fiberglass Reinforced Plastic*. Jakarta: BKI, 2016.
- [9] S. Tsai, *Composite Materials: Testing and Design (Fifth Conference)*. Baltimore: ASTM, 1979.
- [10] ISO, *Determination of Tensile Properties of Plastics*. Berlin: ISO, 1997.
- [11] ISO, *Fibre Reinforced Plastic Composites: Determination of flexural properties*. Berlin, 1998.