

# Analisis Teknis dan Ekonomis Pelapisan Material *Fiberglass Reinforced Plastic* pada Kapal Ikan Tradisional 20 GT Menggunakan Metode *Hand Lay Up*

Yayang Candra Ramadan<sup>[1]</sup>, I Putu Arta Wibawa<sup>[2]</sup>, Fitri Hardiyanti<sup>[3]</sup>  
Jurusan Teknik Bangunan Kapal<sup>[1][2][3]</sup>  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya  
Surabaya, Indonesia  
yayangramadan@gmail.com

**Abstrak**—Pelapisan material *fiberglass reinforced plastic* (FRP) pada kapal ikan tradisional 20GT dilatarbelakangi oleh keadaan kapal ikan tradisional yang membutuhkan biaya perawatan yang mahal dikarenakan kerusakan lambung kapal oleh hewan laut. Pelapisan material FRP dapat menjadi salah satu cara untuk melindungi kayu dari kerusakan akibat hewan laut. Pelapisan material FRP pada kapal kayu dibutuhkan analisis teknis dan ekonomis untuk mengetahui tingkat kelayakan pelapisan. Analisis teknis yang dilakukan adalah perhitungan tegangan tekuk dan tegangan geser berdasarkan hasil pengujian tekuk spesimen menggunakan standart ASTM C-393. Analisis teknis yang lain adalah mengukur tingkat ketahanan terhadap resapan air. Analisis ekonomis yang dilakukan adalah membandingkan nilai investasi biaya perawatan lambung kapal dengan pelapisan material FRP dan biaya perawatan lambung kapal tanpa pelapisan material FRP. Nilai tegangan tekuk terbesar adalah variasi pelapisan 2 lembar *chopped strand matt 300* menggunakan lem *epoxy* yaitu 424,93 MPa. Nilai tegangan geser terbesar adalah variasi pelapisan 3 lembar *chopped strand matt 300* dan 1 lembar *woven roving 450* menggunakan lem *epoxy* yaitu 7,41 MPa. Spesimen yang menggunakan lem *epoxy* memiliki ketahanan terhadap daya resap paling baik. Ditinjau dari aspek teknis dan ekonomis variasi pelapisan 2 lembar *chopped strand matt 300* menggunakan lem *epoxy* merupakan variasi paling baik dengan nilai tegangan tekuk terbesar, dengan biaya pelapisan sebesar Rp. 22.842.268,00.

**Kata kunci**—*fiberglass reinforced plastic, kapal ikan tradisional, laminasi sandwich, investasi biaya.*

## I. PENDAHULUAN

Kondisi Indonesia sebagai negara maritim membuat kapal ikan merupakan kapal yang sangat dibutuhkan masyarakat sebagai salah satu alat mata pencaharian. Berdasarkan survey yang dilakukan di wilayah Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan mayoritas kapal yang digunakan nelayan adalah kapal tradisional dengan material kayu. Pemilik kapal tidak berkeinginan berpindah menggunakan material *fiberglass reinforced plastic* dikarenakan masih menganggap kapal kayu tradisional masih layak dan dapat digunakan untuk melaut sehari-hari. Namun, kapal kayu tradisional harus melakukan

perawatan secara rutin untuk membersihkan lambung dari hewan laut yang dapat mengakibatkan kebocoran pada lambung kapal. Perawatan rutin dilakukan setiap 2 minggu sekali dengan biaya cukup besar.

Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah melakukan pelapisan material *fiberglass reinforced plastic*. Pelapisan ini juga dimaksudkan untuk melindungi kayu agar tidak langsung bereaksi dengan air untuk menghindari pelapukan kayu. Namun belum diketahui kondisi mekanik material. Konstruksi pembangunan kapal kayu tradisional juga tidak berdasarkan peraturan dari BKI, melainkan dari pengalaman masyarakat setempat. Permasalahan tersebut membutuhkan penelitian secara ilmiah terkait analisis teknis dan analisis ekonomis pelapisan kapal ikan tradisional material kayu dengan material *fiberglass reinforced plastic*. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian merusak material kayu yang dilapisi dengan material *fiberglass reinforced plastic*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tekuk material untuk mengetahui sifat mekanis material. Hasil pengujian tekuk material akan digunakan untuk mengetahui nilai tegangan geser dan tegangan tekuk material. Pengujian teknis yang lain adalah pengujian daya resap air terhadap material. Selain analisis teknis juga dilakukan analisis ekonomis yang bertujuan mengetahui nilai investasi pelapisan material FRP pada kayu terhadap biaya perawatan kapal.

## II. METODOLOGI

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. Adapun komponen dari material komposit adalah sebagai berikut [4] :

### 1) Material Penguat (*Reinforcement Materials*)

Material penguat untuk bahan kapal *fiberglass* biasanya terbuat dari material *E-glass* dikarenakan harganya dan kekuatannya sesuai dengan karakteristik kapal *fiberglass*. Umumnya, serat karbon, *fibre aramid*, dan bahan penguat lain

digunakan di bidang marine dimana strukturnya lebih kompleks dan membutuhkan efisiensi proses yang maksimal. Desain dan proses fabrikasi pada sebuah produk akan mempengaruhi pemilihan bahan penguat fiber.

2) *Core material*

Material inti atau pengisi terdiri dari lapisan-lapisan struktur komposit, dimana memberikan keuntungan terhadap konstruksi kapal. Material inti adalah material yang secara fisik memiliki kekuatan yang terpisah dan akan meneruskan gaya geser sepanjang lapisan.

3) Resin

Resin adalah saah satu material yang sangat kompleks untuk diteliti, dan penelitian ini mulai dilakukan oleh ahli kimia Bakelite pada 1905. Pengembangan resin dengan formula baru masih tetap berlangsung sampai saat ini. Resin merupakan bahan yang dipakai untuk membuat produk dan konstruksi, mulai dari penggunaan di darat, di laut dan di udara. Tidak terkecuali pemakaian resin ini untuk rekayasa bidang maritim. Industri maritim umumnya menggunakan resin polyester, dan berkembang menjadi material *vinyl ester* dan *epoxy* untuk kebutuhan-kebutuhan pekerjaan rekayasa. Kekompakan pada resin sangat dipengaruhi oleh formula, zat additive, katalisasi dan kondisi pengeringan. Karakteristik resin yang sudah kering adalah berupa matriks struktur material komposit, dan terkadang akan menjadi permasalahan dalam perhitungan kekuatan. Untuk membuktikan data kualitatif dan kuantitatif yang di-*release* oleh *fabricator* dapat dilakukan dengan cara membuat material uji mengacu pada standard tertentu.

4) Katalis dan *Hardener*

Katalis dan *hardener* memiliki fungsi yang sama yaitu mempercepat terjadinya proses curing dan polimerisasi antara resin dengan *fiberglass*. *Hardener* lebih dikenal sebagai pasangan *epoxy* resin, dimana *epoxy* resin dicampur dengan *hardener* akan berfungsi mempercepat proses polimerisasi. Sedangkan katalis adalah material yang memiliki fungsi yang sama dengan *hardener* namun digunakan sebagai pasangan *polyester* resin dan *vinyl ester* resin

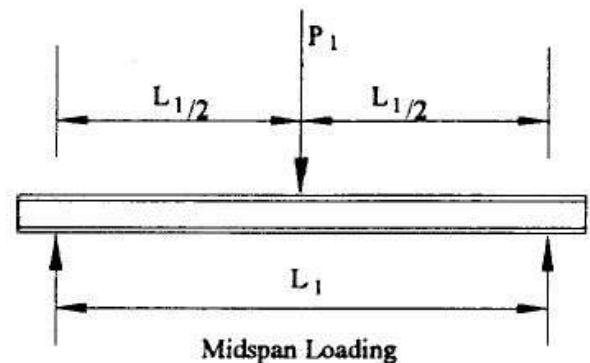
5) *Gelcoat*

*Gelcoat* biasanya digunakan sebagai lapisan terluar dari lambung kapal yang akan dibangun. Sebelum dilapisi *gelcoat*, biasanya cetakan (*mold*) akan dilapisi dengan wax untuk mempermudah pemisahan antara lambung kapal yang telah dibentuk dengan *mold*. *Gelcoat* berfungsi sebagai lapisan pada lambung kapal agar tidak mudah terabrasi. Selain itu *gelcoat* juga berfungsi melindungi lambung kapal dari paparan sinar ultraviolet yang dapat merusak *fiberglass*.

Komposit *Sandwich* diproduksi dengan menempelkan dua kulit tipis namun kaku dengan inti tebal yang ringan. Beberapa bahan inti yang umum digunakan adalah kayu, sarang lebah,

rangka, struktur bergelombang, dan busa sel terbuka tertutup, dan berbagai bahan lainnya [5]. Kulit biasanya terbuat dari kaca atau karbon, namun tidak terbatas pada, kaca atau karbon dan bahan komposit lainnya. Bahan semacam itu memiliki spesifik yang tinggi dalam segi kekuatan dan kekakuan lentur [2]. *Sandwich* komposit biasanya digunakan untuk dirgantara, kelautan, dan aplikasi struktural lainnya termasuk berbagai jenis transportasi kendaraan dan kemasan. Busa merupakan sintesis meruoakan salah satu inti material *sandwich* yang sangat penting sebagai inti bahan komposit *sandwich*. Hal ini dikarenakan kompresinya yang tinggi, kuat, toleransi kerusakan besar, dan penyerapan kelembaban rendah [1].

Sesuai ketentuan pada American Society for Testing and Material (ASTM), standar pengujian tekuk menggunakan standar ASTM C-393. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kuat tekuk material *sandwich*. Dalam hal ini merupakan material *sandwich* yang terdiri dari material inti berupa kayu yang dilapisi dengan material FRP. Sifat mekanik material *sandwich* merupakan sifat material yang diketahui melalui pengujian yang telah dilakukan. Melalui pengujian tarik datar dan tekuk diperoleh hasil yang selanjutnya dihitung dalam persamaan untuk mengetahui sifat mekaniknnya. Adapun bentukspesimen uji seperti tampak pada gambar 1.



Gambar 1. Permodelan Spesimen Pengujian Tekuk

Besarnya tegangan tekuk material dihitung dengan rumus berikut :

$$\tau = \frac{P}{(d+c)b} \quad (1)$$

Besarnya tegangan tekuk material dihitung dengan rumus berikut :

$$\sigma = \frac{PL}{2t(d+c)b} \quad (2)$$

Spesimen yang akan dilakukan proses pengujian memiliki 4 variasi. Variasi perama adalah pelapisan material kayu dengan 2 lembar CSM 300 tanpa menggunakan lem epoxy (TA). Variasi kedua adalah pelapisan 2 lembar CSM 300 pada material kayu menggunakan lem epoxy (TB). Variasi ketiga adalah pelapisan 3 lembar CSM 300 dan 1 lembar WR 450 pada material kayu tanpa menggunakan lem epoxy (TC). Variasi keempat adalah pelapisan 3 lembar CSM 300 dan 1 lembar WR 450 pada material kayu menggunakan lem epoxy

(TD). Proses pembuatan spesimen uji tekuk dimulai dengan pemotongan kayu sebagai *core* material. Selanjutnya adalah melakukan pemotongan serat FRP, lalu melakukan proses pelapisan serat FRP pada kayu sesuai dengan variasi spesimen. Langkah terakhir adalah melakukan proses *finishing*.

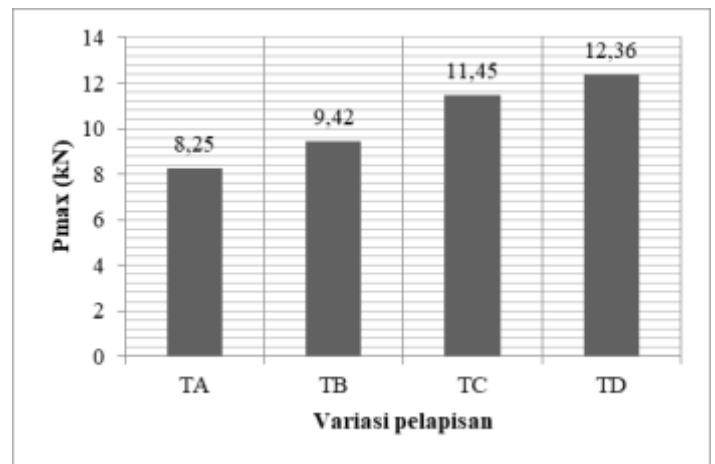
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian tekuk yang telah dilakukan terhadap 4 variasi pelapisan materi FRP pada kayu didapatkan nilai beban maksimal yang dapat diterima material. Hasil pengujian geser 4 variasi laminasi direkap pada tabel I.

TABEL I. REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN TEKUK

No	Code	Schedule Laminasi	Hasil Pengujian Pmax ( kN )	Rata-rata ( kN )
1	TA 1	Laminas kayu dengan matt 300 tanpa lem epoxy	8,09	8,25
	TA 2		8,63	
	TA 3		8,05	
2	TB 1	Laminas kayu dengan matt 300 dengan lem epoxy	8,98	9,42
	TB 2		10,18	
	TB 3		9,11	
3	TC 1	Laminas kayu 3 dengan lembar matt 300 dan 1 lembar WR 450 tanpa menggunakan lem epoxy	9,95	11,45
	TC 2		11,11	
	TC 3		13,30	
4	TD 1	Laminas kayu 3 dengan lembar matt 300 dan 1 lembar WR 450 dengan menggunakan lem epoxy	13,18	12,36
	TD 3		13,41	
	TD 4		10,50	

Dari hasil pengujian tekuk material sandwich, material laminasi kayu 3 dengan lembar CSM 300 dan 1 lembar WR 450 dengan menggunakan lem epoxy memiliki rata-rata nilai Pmax terbesar yaitu 12,36 kN. Nilai rata-rata Pmax terendah adalah material dengan variasi laminasi kayu dengan CSM 300 tanpa lem epoxy yaitu 8,25 kN. Sedangkan nilai rata-rata Pmax material dengan variasi laminasi kayu dengan CSM 300 dengan lem epoxy adalah 9,42 kN, dan nilai rata-rata material variasi laminasi kayu 3 dengan lembar CSM 300 dan 1 lembar WR 450 tanpa menggunakan lem epoxy adalah 11,45 kN. Nilai Pmax rata-rata pengujian terhadap 4 variasi material dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Rata-Rata Pengujian

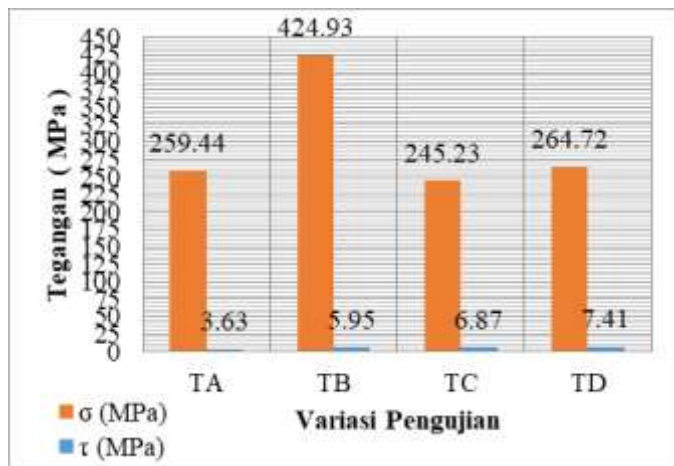
Berdasarkan hasil analisis teknis uji tekuk yang telah dilakukan terhadap 4 variasi pelapisan material FRP pada kayu didapatkan nilai tegangan tekuk dan tegangan geser yang mampu diterima material. Hasil analisis teknis uji tekuk 4 variasi pelapisan direkap pada Tabel II.

TABEL II. REKAPITULASI ANALISIS TEKNIS UJI TEKUK

No	Code	Pmax ( kN )	Tegangan Tekuk ( MPa )	Rata-rata Tegangan Tekuk ( MPa )	Tegangan Geser ( MPa )	Rata-rata Tegangan Geser ( MPa )
1	TA 1	6,98	314,75	259,44	4,41	3,63
	TA 2	5,29	238,55		3,34	
	TA 3	4,99	225,02		3,15	
2	TB 1	8,98	404,94	424,93	5,67	5,95
	TB 2	10,18	459,05		6,43	
	TB 3	9,11	410,80		5,75	
3	TC 1	9,95	213,04	245,23	5,97	6,87
	TC 2	11,11	237,88		6,66	
	TC 3	13,3	284,77		7,97	
4	TD 1	13,18	282,20	264,72	7,90	7,41
	TD 3	13,41	287,13		8,04	
	TD 4	10,5	224,82		6,29	

Berdasarkan hasil analisis teknis uji tekuk material sandwich, spesimen TB memiliki rata-rata nilai tegangan tekuk terbesar yaitu 424,93 MPa. Nilai rata-rata tegangan tekuk terkecil adalah adalah spesimen TC yaitu 245,23 MPa. Sedangkan nilai rata-rata tegangan tekuk spesimen TA adalah 259,44 MPa. Nilai rata-rata tegangan tekuk material TD adalah 264,72 MPa. Rata-rata nilai tegangan geser terbesar adalah nilai tegangan geser spesimen TD yaitu 7,41 MPa. Nilai rata-rata tegangan geser terkecil adalah spesimen TA yaitu 3,63 MPa. Nilai rata-rata tegangan geser spesimen TB adalah 5,95 MPa. Sedangkan nilai rata-rata tegangan geser spesimen TC adalah 6,87MPa. Nilai tegangan tekuk tidak berbanding lurus dengan nilai tegangan geser material. Salah satu faktor yang membedakan adalah pada analisis teknis berupa perhitungan tegangan tekuk terdapat variabel ketebalan dari lapisan laminasi sebagai pembagi nilai gaya. Sedangkan nilai tegangan geser berbanding lurus dengan ketebalan

lapisan laminasi dan gaya yang dapat diterial spesimen. Nilai rata-rata tegangan tekuk dan tegangan geser terhadap 4 variasi spesimen dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai Rata-Rata Tegangan Tekuk Dan Tegangan Geser Terhadap 4 Variasi Specimen

TABEL III. HASIL PENGUJAIN DAYA RESAP AIR

No	Nama Spesimen	Lama Pengujian				
		Hari ke 0	Hari ke 7	Hari ke 14	Hari ke 21	Hari ke 30
1	RA 1	13	13			
2	RA 2	11		18		
3	RA 3	7			8	
4	RA 4	8				8
5	RB 1	12	12			
6	RB 2	12		12		
7	RB 3	13			13	
8	RB 4	13				13
9	RC 1	12	12			
10	RC 2	16		17		
11	RC 3	13			14	
12	RC 4	13				13
13	RD 1	12	12			
14	RD 2	12		12		
15	RD 3	11			12	
16	RD 4	12				12

Proses pengujian daya resap air dilakukan bertahap setiap minggu selama 30 hari perendaman. Pengambilan data setiap 7 hari perendaman dilakukan dengan mengukur persentase tingkat kabasahan spesimen. Pengukuran dilakukan dengan cara memotong spesimen dan selanjutnya mengukur persentase air yang terdapat pada inti spesimen menggunakan *moisture* meter. Spesimen yang diuji setiap minggu ada 4 spesimen. 4 spesimen tersebut diambil dari masing-masing variasi sebanyak 1 spesimen. Pengujian dilakukan pada hari ke 7, hari ke 14, hari ke 21, dan hari ke 30. Hasil Pengujian daya resap air dapat dilihat pada Tabel III.

Analisis ekonomis yang akan dibahas adalah perbandingan biaya perawatan lambung kapal tanpa pelapisan material FRP dengan biaya perawatan lambung dengan pelapisan material FRP. Biaya yang dikeluarkan pemilik kapal untuk perawatan kapal didasarkan pada hasil wawancara. Berdasarkan hasil wawancara lambung kapal diperbaiki 2 kali dalam satu bulan

dengan biaya rata-rata Rp. 1.000.000,00 setiap perawatan. Biaya pelapisan material FRP pada kayu sebagai nilai investasi awal berdasarkan jumlah material yang digunakan. Pelapisan yang dihitung adalah pelapisan lambung bagian luar dan dalam. Besarnya ukuran lambung didasarkan pada survey yang telah dilakukan untuk memperoleh ukuran dan bentuk kapal. Aspek ekonomis yang dipertimbangkan adalah biaya material, biaya tenaga kerja, peralatan, dan perlengkapan. Rekapitulasi biaya pelapisan dan perawatan lambung dapat dilihat pada tabel IV.

No	Jenis Biaya	Total Biaya (Rp)
1	Biaya laminas kayu dengan matt 300 tanpa lem epoxy	15.455.184
2	Biaya laminas kayu dengan matt 300 dengan lem epoxy	22.842.268
3	Biaya laminas kayu 3 dengan lembar matt 300 dan 1 lembar WR 450 tanpa menggunakan lem epoxy	31.308.060
4	Biaya laminas kayu 3 dengan lembar matt 300 dan 1 lembar WR 450 dengan menggunakan lem epoxy	38.695.560
5	Biaya perawatan lambung	545.500

Investasi biaya pelapisan ditinjau selama 5 tahun penggunaan material FRP untuk pelapisan kapal kayu. Biaya investasi pelapisan dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan pemilik kapal untuk perawatan kapal tanpa dilakukan pelapisan. Investasi biaya pelapisan tidak hanya ditinjau dari investasi biaya awal yang dikeluarkan untuk melapis kapal kayu dengan material FRP. Investasi biaya pelapisan juga ditinjau dari biaya perawatan kapal setelah dilakukan pelapisan.

Pada Gambar 4, yaitu grafik analisis investasi biaya pelapisan material FRP pada kayu dapat dilihat kecenderungan investasi biaya yang dikeluarkan selama 5 tahun. Pada tahun ke-0, nilai investasi biaya 4 variasi pelapisan lebih besar dari pada biaya yang dikeluarkan untuk kapal tanpa pelapisan. Hal ini disebabkan pada awal investasi dibutuhkan biaya untuk melapis kapal kayu dengan material FRP. Pada tahun ke-2 kecenderungan investasi biaya menunjukkan nilai investasi biaya pelapisan variasi C dan variasi D lebih besar dari biaya perawatan kapal tanpa pelapisan material FRP. Pada tahun ke-2 sampai tahun ke-5 kecenderungan biaya menunjukkan investasi biaya pelapisan material FRP lebih kecil dari pada biaya perawatan kapal tanpa pelapisan material FRP. Analisis perbandingan investasi biaya pelapisan selama 5 tahun tidak memperhitungkan faktor inflasi.



Gambar 4. Grafik Analisis Investasi Biaya Pelapisan Material FRP pada Kayu

#### IV. KESIMPULAN

- Variasi pelapisan 2 lembar *chopped strand matt* 300 menggunakan lem *epoxy* pada material kayu memiliki nilai tegangan tekuk paling besar yaitu 424,93 MPa. Variasi pelapisan 3 lembar *chopped strand matt* 300 dan 1 lembar *woven roving* 450 menggunakan lem *epoxy* memiliki nilai tegangan geser paling besar yaitu 7,41 MPa. Variasi pelapisan dengan lem *epoxy* memiliki nilai ketahanan resap paling baik dari pada pelapisan tanpa penggunaan lem *epoxy*.
- Biaya yang harus dikeluarkan untuk pelapisan 2 lembar *chopped strand matt* 300 tanpa lem *epoxy* adalah Rp. 15.455.184,00. Biaya yang harus dikeluarkan untuk pelapisan 2 lembar *chopped strand matt* 300 menggunakan lem *epoxy* adalah Rp. 22.842.268,00. Biaya yang harus dikeluarkan untuk pelapisan 3 lembar *chopped strand matt* 300 dan 1 lembar *woven roving* 450 tanpa lem *epoxy* adalah Rp. 31.308.060,00. Biaya yang harus dikeluarkan untuk pelapisan 3 lembar *chopped strand matt* 300 dan 1 lembar *woven roving* 450 menggunakan lem *epoxy* adalah Rp. 38.695.560,00.
- Pada tahun ke-0, nilai investasi biaya 4 variasi pelapisan lebih besar dari pada biaya yang dikeluarkan untuk kapal tanpa pelapisan. Pada tahun ke-2 sampai tahun ke-5 kecenderungan biaya menunjukkan investasi biaya pelapisan material FRP lebih kecil dari pada biaya perawatan kapal tanpa pelapisan material FRP. Nilai investasi tanpa pelapisan material FRP pada tahun kelima adalah Rp. 120.000.000,00. Nilai investasi variasi A adalah Rp. 31.805.184,00. Nilai investasi variasi B adalah Rp. 39.192.268,00. Nilai investasi variasi C adalah Rp. 47.658.060,00. Nilai investasi variasi D adalah Rp. 55.045.560,00.
- Pelapisan 2 lembar *chopped strand matt* 300 menggunakan lem *epoxy* merupakan variasi terbaik dibandingkan variasi pelapisan yang lain. Hal tersebut ditinjau dari aspek teknis dimana variasi tersebut memiliki nilai tegangan tekuk paling besar. Tinjauan

teknis yang lain adalah variasi tersebut memiliki daya tahan resap air paling baik. Tinjauan yang lain adalah aspek ekonomis dimana investasi biaya yang dikeluarkan tidak sebesar biaya pelapisan dengan 3 lembar *chopped strand matt* dan 1 lembar *woven roving*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.J Hodge, R. K. (2000). Sandwich Composite, Synthetic Fom Core based applications for space structure. 45 international SAMPE Symposium (pp. 2293-2304). Covina, CA: Long Beach SAMPE.
- [2] A.K Noor, W. B. (1996). Computation Models for Sandwich panels and Shells. 155-198.
- [3] ASTM. (1999). American Society for Testing and Material c-393. West Conshohocken, PA, US: ASTM International.
- [4] Putra, G. L. (2012). Perancangan Galangan Boat system vacuum Infusion.
- [5] Vinson, J. (1999). The behaviour of Sandwich Structures of isotropic and Composite Material. Technomic. Lancaster.

Halaman ini sengaja dikosongkan