

ANALISIS TEKNO-EKONOMI LAMINASI KAPAL PSP 01 DI PALABUHAN RATU, JAWA BARAT

Techno-Economy Analisis of PSP 01 Boat Lamination In Palabuhan Ratu, West Java

Oleh:

Mohammad Imron¹, Deni Achmad Soeboer², Rahmad Ramadhoni³

¹ Staf Pengajar Departemen PSP-FPIK-IPB

² Staf Pengajar Pascasarjana TPL-Dep PSP-FPIK-IPB

³ Mahasiswa Program Studi Teknologi dan Manajemen Perikanan Tangkap

Korespondensi: denisoeboer@gmail.com

ABSTRAK

Laminasi kapal adalah proses pelapisan kapal kayu dengan menggunakan FRP, yang bertujuan untuk memperbaiki, memperkuat, mencegah kebocoran, dan menambah umur teknis kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan teknik laminasi kapal PSP 01, membuat formulasi untuk menghitung kebutuhan bahan laminasi kapal, dan menghitung biaya proses laminasi kapal PSP 01. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses laminasi kapal terdiri atas 3 tahapan utama yakni pendempulan, pelapisan FRP, dan pengecatan. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengolahan data hasil laminasi, didapatkan formula untuk menghitung kebutuhan lembar *fiberglass non overlay* (T_{ln}) = Luas badan kapal/1,2 meter, formula untuk menghitung lembar *fiberglass overlay* ($T_{overlay}$) = $(T_{ln} - 1) \times 0,44 \text{ m} / 1,2 \text{ m}$. Rumus yang digunakan untuk menghitung total kebutuhan lembar *fiberglass* (T_{lfix}) = $T_{ln} + T_{overlay}$. Berdasarkan hasil perhitungan jumlah resin, didapatkan rata-rata resin dipakai (NSKB) sebesar $1099,27 \text{ cm}^3$ perlembar *fiberglass*, sehingga dapat diaplikasikan untuk menghitung jumlah kebutuhan resin total (T_{bresin}) resin dengan rumus = $(NSKB \text{ resin} \times T_{lfix})$. Total kebutuhan katalis dapat dihitung dengan mengalikan total kebutuhan resin dengan nilai standar 2%. Total biaya yang dipakai untuk laminasi kapal PSP 01 adalah Rp 11.851.000.

Kata kunci : *fiberglass*, kapal, laminasi, PSP 01.

ABSTRACT

Boat lamination was a coating process of wooden boat using fibreglass reinforced plastic which aims to improve the strength, prevent the leakage, and improve the technical life of the boat. This research aims to describe the lamination technique of PSP 01 boat, calculate the lamination's material need, and calculate the cost of PSP 01 boat lamination process. The results of research showed that the ship lamination process consists of three main stages such as body repair, FRP coating, and painting. Based on calculations and data processing results, were found a formula to calculate the non-overlay fiberglass sheets need (T_{ln}) = large of ship body / 1.2 meters, the formula for calculate the fiberglass overlay sheet need ($T_{overlay}$) = $((T_{ln} - 1) \times 0,44 \text{ m}) / 1.2 \text{ meters}$, and The formula that used to calculate the total of fiberglass sheets need (T_{lfix}) = $T_{ln} + T_{overlay}$. Based on the use of resin, are found the value of resin need (NSKB) = 1099.27 cm^3 per sheet of fiberglass, so it can be applied to calculate the total amount of resin needs (T_{bresin}) using the formula = $(T_{lfix} \times NSKB \text{ resin})$. The need of catalis can be found by using the formula = $(\text{need of resin} \times 2\%)$. Total cost that used for PSP 01 boat lamination is Rp 11.851.000.

Keywords: *Boat, fibreglass, lamination, PSP 01.*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu dan pengetahuan tentang teknologi pembuatan kapal saat ini sudah terjadi dengan pesat. Hal ini dapat dilihat dari perubahan dan perkembangan penggunaan bahan baku pembuatan kapal yang semakin baik. Kayu yang dahulu menjadi salah satu bahan utama pembuatan kapal namun kini mulai banyak digantikan, karena semakin langkanya kayu dan dianggap mengganggu kelestarian hutan serta membuka peluang ilegal logging. Bahan kayu mulai digantikan dengan bahan jenis besi. Bahan jenis besi dipilih karena memiliki konstruksi yang sangat kuat, sehingga sangat aman dan efektif didalam pengoperasiannya. Kelemahan dari kapal berbahan besi adalah bahan bakunya sangat mahal dan mengalami proses pengkaratan (korosi), sehingga ada keterbatasan dalam umur teknisnya. Mengingat akan hal tersebut, kemudian diciptakan kapal dengan bahan baku FRP (*fibreglass reinforced plastic*) (Anwar, 2010). Kapal dengan bahan FRP memiliki beberapa keunggulan bila dibandingkan dengan bahan baku lain, diantaranya tahan terhadap benturan (elastisitas tinggi), tidak mengalami korosi, bahan baku ringan dan mudah didapat dengan harga terjangkau, umur teknis kapal lebih panjang/lama (Nurchayadi Moh, 2010).

Teknologi penggunaan bahan FRP ini juga dapat diaplikasikan untuk perbaikan dan pembuatan kapal kayu. Salah satu teknologi penggunaan FRP pada kapal kayu yang mulai banyak dikenal adalah dengan cara laminasi kapal. Laminasi kapal adalah proses pelapisan badan kapal kayu dengan menggunakan FRP, yang bertujuan untuk memperbaiki, memperkuat, menutup kebocoran, dan meningkatkan umur teknis kapal (Wave Train, 2011). Laminasi kapal banyak dipilih oleh para pemilik kapal kayu untuk menambah umur teknis karena biaya laminasi yang semakin terjangkau. Selain itu, proses laminasi terbukti sangat baik dan teruji bagi kapal perikanan berbahan kayu setelah dilaminasi dapat menambah umur teknis dan mengurangi biaya perawatan kapal. Saat ini banyak pengusaha perikanan yang memiliki unit kapal penangkap ikan berbahan kayu mulai melakukan laminasi terhadap kapal-kapalnya.

Pengerjaan laminasi kapal juga sudah banyak dikuasai oleh pekerja tradisional, sehingga laminasi kapal kayu dapat dilakukan dimanapun. Namun didalam pengerjaannya para pekerja tradisional hanya menggunakan metode kira-kira baik penentuan jumlah bahan yang dibutuhkan maupun metode laminasi yang digunakan. Sehingga proses pengerjaan laminasi kapal menjadi kurang efektif dan efisien juga dalam memperkirakan biaya dan waktu pengerjaan. Karena ketidakpahaman dalam menganalisis pengerjaan laminasi kapal baik pengusaha perikanan maupun pekerjanya maka dapat menyebabkan proses laminasi kapal menjadi tidak efisien, baik dari segi waktu maupun biaya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian mengenai analisis tekno-ekonomi laminasi pada kapal PSP-01 ini sangatlah penting untuk meningkatkan efisiensi didalam proses laminasi kapal, sehingga dapat menjadi acuan bagi para pengusaha perikanan yang akan melakukan laminasi dapat menentukan biaya, jumlah alat dan bahan yang dibutuhkan serta lamanya pengerjaan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji proses laminasi kapal PSP 01, membuat formulasi kebutuhan alat dan bahan untuk laminasi per satuan luas (meter persegi) badan kapal, serta menghitung biaya proses laminasi kapal PSP 01.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di area doking Pelabuhan Perikanan Nusantara Palabuhanratu, peralatan yang digunakan dalam penelitian ini seperti disajikan pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Daftar peralatan yang digunakan

Alat dan Bahan	Fungsi
Alat ukur (penggaris & meteran)	Mengukur ukuran dan volume alat serta bahan yang dipakai dalam laminasi.
Kalkulator	Alat bantu hitung untuk penjumlahan bahan laminasi dilapang serta analisis data.
Tali rafia	Alat bantu untuk mengukur alat dan bahan laminasi.
Alat tulis	Mencatat semua data yang dibutuhkan.
Kamera	Mendokumentasikan proses laminasi.
Software Corel X4	Membuat proyeksi gambar kapal 2 dimensi.
Microsoft Excel	Mengolah data.
Software maxsurf	Menghitung luas badan kapal
Google Sketchup	Memuat proyeksi gambar kapal 3 dimensi.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Observasi langsung, dengan obyek yang diteliti yaitu KM PSP 01. Metode ini digunakan untuk memberikan gambaran secara detail tentang teknik, tahapan, dan biaya dari proses laminasi kapal PSP 01.

Pengumpulan Data

Berdasarkan jenisnya, jenis data yang diambil terdiri dari data primer dan sekunder :

- 1) Data primer pada penelitian ini terdiri atas material laminasi, tahapan dan teknik laminasi, kebutuhan bahan per satuan luas (meter) badan kapal, waktu pengerjaan dan tempat laminasi, serta biaya laminasi. Data tersebut didapat melalui observasi, wawancara, dan pengukuran langsung proses laminasi. Data mengenai harga alat dan bahan yang dibutuhkan diperoleh dari toko penjual bahan *fibreglass*.
- 2) Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah data mengenai desain dan konstruksi kapal PSP 01 untuk mengetahui luasan badan kapal, standar penggunaan bahan, dan metode standar pengerjaan pembuatan kapal FRP oleh FAO. Data ini diperoleh dari buku *training manual on construction of FRP beach landing boats* yang diterbitkan oleh FAO, serta literatur lain yang berkaitan dengan penelitian ini.

Pengolahan dan Analisis Data

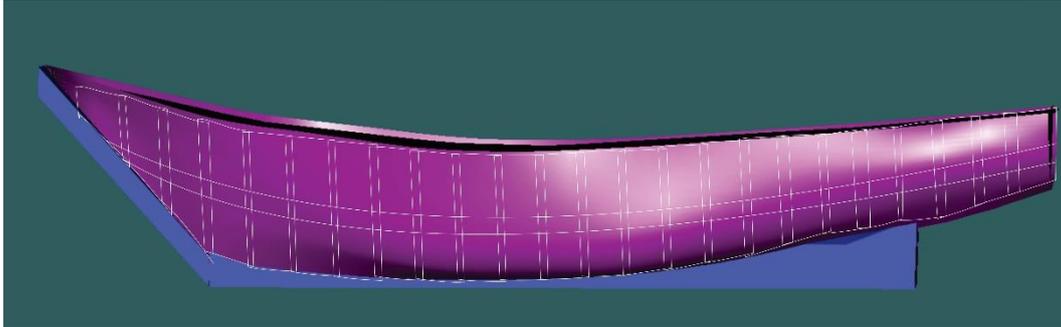
Data yang telah diperoleh diolah dengan cara merangkum hasil wawancara dan observasi di lapangan, mentabulasikan hasil pengukuran, menggambarkan proses laminasi, dan mentabulasikan daftar barang serta biaya yang diperlukan dalam proses laminasi per satuan luas (meter²) badan kapal PSP 01. Data mengenai hasil pengukuran alat dan bahan yang dibutuhkan proses laminasi per satuan luas (meter²) badan kapal, tahapan proses laminasi, dan hasil wawancara tersebut selanjutnya dianalisis secara deskriptif, dan dilakukan perhitungan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan laminasi per satuan luas (meter²) badan kapal, sedangkan untuk data daftar barang serta biaya disusun dalam tabel dan dihitung total keseluruhannya.

Analisis deskriptif

Analisis deskriptif pada penelitian ini digunakan untuk menjelaskan informasi mengenai tahapan laminasi KM PSP 01 di Palabuhanratu. Hasil olahan data dalam bentuk rangkuman hasil wawancara, pengukuran langsung, dan observasi mengenai tahapan laminasi kapal dipaparkan secara deskripsi. Analisis ini dilakukan dengan menyajikan informasi mengenai tahapan laminasi kapal, mulai dari material yang dibutuhkan, pra pengerjaan laminasi, proses laminasi, dan penyelesaian akhir dilengkapi dengan gambar dan foto.

Pembuatan formulasi kebutuhan bahan

Pembuatan formulasi kebutuhan bahan laminasi dilakukan dengan cara menghitung alat dan bahan laminasi yang dibutuhkan persatuan luas (meter) badan kapal seperti pada Gambar 1, dan akan didapatkan formulasi mengenai kebutuhan laminasi kapal.



Gambar 1 pembagian luas kapal permeter

Perhitungan kebutuhan laminasi dilakukan dengan cara mencari nilai standar kebutuhan bahan laminasi terlebih dahulu. Untuk mendapatkan nilai standar kebutuhan laminasi, dilakukan dengan cara menghitung volume/ banyaknya bahan utama yang dipakai untuk melaminasi 1 meter badan kapal. Pada penelitian ini, juga dicari formulasi kebutuhan dempul kapal, dan formulasi kebutuhan laminasi kapal berdasarkan luasan badan kapal. Nilai standar kebutuhan laminasi dibagi atas beberapa jenis yakni :

1. nilai standar kebutuhan resin (Volume Resin dalam ml)
2. nilai standar kebutuhan *mat* (Luasan *mat* dalam meter)
3. nilai standar kebutuhan katalis (Volume katalis dalam ml)

Setelah semua data tersebut didapatkan, maka didapatkan nilai standar kebutuhan bahan untuk melaminasi badan kapal 1 lapis per 1 meter. Kemudian nilai tersebut dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan laminasi pada kapal dengan formulasi yang didapatkan pada saat penelitian dilapangan. Untuk menghitung banyaknya bahan yang dipakai, dilakukan pengambilan data 10 sampel lembar *fibreglass* per lapis, dan kemudian dirata-ratakan agar mendapat nilai standar kebutuhan bahan.

Perhitungan Biaya Laminasi

Perhitungan biaya laminasi pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui besaran Modal tetap (*fixed investment*) yakni dana yang dibutuhkan untuk membiayai pengadaan barang modal. Biaya yang dihitung dalam analisis ini yakni

1. Upah tenaga kerja
2. biaya total alat dan bahan

Semua biaya yang ada, ditabulasikan dan dihitung biaya totalnya sehingga dapat menjadi referensi biaya laminasi.

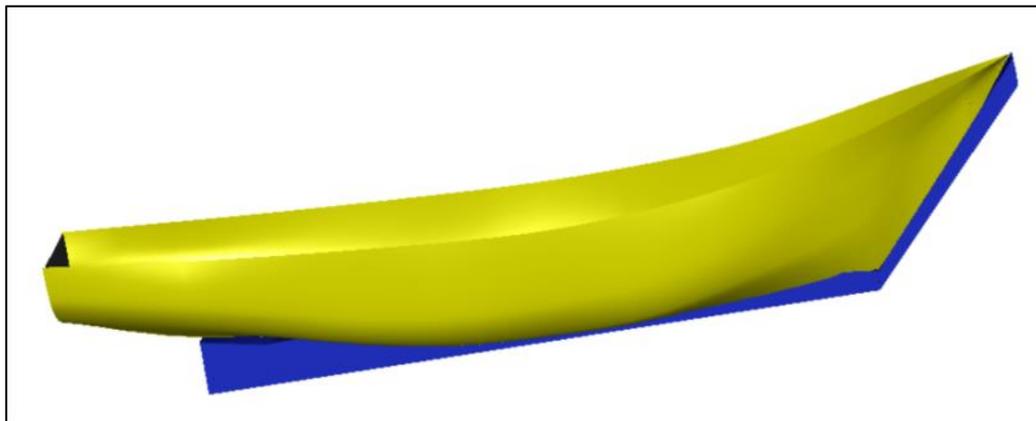
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapal PSP 01 merupakan kapal penangkap ikan yang memiliki desain kasko berupa *round-bottom* tipe *mono hull*. Kapal PSP 01 merupakan kapal penangkap ikan yang dibangun dalam rangka pengembangan kompetensi Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan FPIK IPB yaitu *teaching farm industry* berbasis perikanan tangkap Kapal yang pembuatannya ditujukan bagi kepentingan riset (penelitian) dan usaha penangkapan ikan ini dibiayai oleh Program A3 dan resmi diluncurkan pada bulan Juni Tahun 2008 (Susanto, 2010). Spesifikasi teknis dari kapal PSP 01 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1 Spesifikasi kapal PSP 01

No	Keterangan	
1	Nama	PSP 01
2	Tahun pembuatan	2008
3	Bahan	Kayu
4	LOA	14,30 meter
5	LPP	12,41 meter
6	Lebar (B)	3,12 meter
7	lebar pada garis air (BWL)	3,03 meter
8	dalam (D)	1,20 meter
9	Draft (d)	0,96 meter
10	Tonase	9,5 GT
11	Tenaga Penggerak	mitsubishi 4D30, 80 PS

Untuk mencari luas badan kapal PSP 01, digunakan *software* “maxsurf”. Cara mendapatkannya adalah dengan memasukkan semua data panjang kapal, jarak ordinat, dan ukuran kelengkungan tiap ordinat kapal yang didapat dari lines plan. Setelah memasukkan semua data pada software, maka akan didapat hasil sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

**Gambar 2** Bentuk 3D kapal PSP 01

Jika semua data sudah diinput dan gambar sudah terbentuk, kita tinggal mengklik fitur data-*calculate area*. Dari fitur tersebut, akan keluar luas area kapal sebagaimana pada gambar berikut:

Surface	Area m ²	LCG m	VCG m	TCG m	I - roll m ⁴
1 Cylinder	73,412	-0,246	1,015	0,000	124,412
2 BoxTop	18,725	0,079	0,324	0,000	1,105
3 BoxBottom	8,239	-0,739	-0,046	0,000	0,307
4 BoxEndBack	0,354	-5,227	0,308	0,000	0,025
5 BoxEndFront	0,127	4,758	0,044	0,000	0,003
6 BoxTop	2,676	6,040	1,615	0,000	1,857
7 BoxBottom	2,318	5,980	1,290	0,000	1,471
8 BoxEndBack	0,095	4,742	0,023	0,000	0,002
9 BoxEndFront	0,185	7,189	2,829	0,000	0,006
10 Transverse Plane	2,166	-7,103	1,927	0,000	0,990
11 Total	108,299	-0,069	0,853	0,000	149,486

Area: Total Above DWL Below DWL

Projection: 3D true surface area 2D Lateral plane projected area 2D Frontal plane projected area 2D Horizontal plane projected area

Please refer to the manual for important information on how the projected areas are calculated.

Close

Gambar 3 Hasil perhitungan luas area pada maxsurf

Dari hasil perhitungan, didapatkan hasil luas badan/kulit kapal PSP 01 sebesar 108,2 meter persegi.

Material Laminasi Kapal

Proses laminasi kapal membutuhkan beberapa alat dan bahan utama seperti diperlihatkan pada Tabel 3 berikut ini:

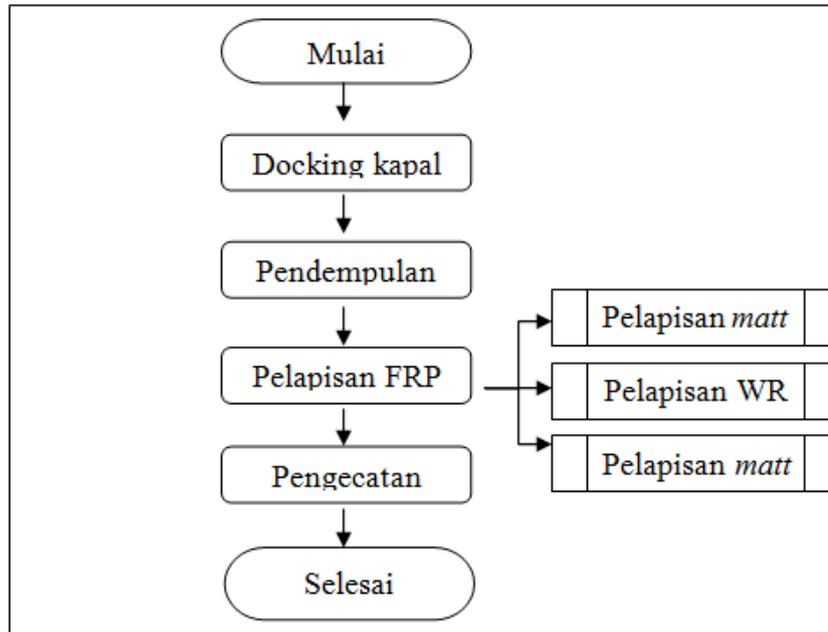
Tabel 2 Alat dan Bahan Laminasi

Alat dan bahan	keterangan
Resin	Resin adalah media pengikat fiber dan sering dijumpai dalam bentuk cair, kental, dan bening.
<i>Mat</i> dan <i>roving</i> (serat kaca)	Kaca serat (<i>fiberglass</i>) atau sering diterjemahkan menjadi serat kaca adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm - 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi untuk digunakan sebagai badan mobil dan bangunan kapal.
Talc	Talc merupakan sejenis bubuk kapur yang berfungsi sebagai dempul setelah dicampur dengan resin dan katalis.
Erosil	Erosil merupakan Bubuk yang sangat halus, Bahan ini memiliki fungsi sebagai perekat bahan <i>mat</i> sehingga <i>fiberglass</i> memiliki kekuatan dan tidak mudah patah atau pecah, dan berfungsi agar adonan resin menjadi lembut dan hasilnya lebih mengkilap.
Katalis	Katalis adalah sejenis bahan yang berfungsi sebagai penyebab reaksi kimia. Bahan ini berfungsi sebagai katalisator dan akselerator pada proses pengeringan. <i>Fiberglass</i> yang terlalu cepat dikeringkan, atau terlalu banyak campuran katalisnya akan lebih mudah pecah. Sifat dari katalis diantaranya mudah meledak karena kandungan O ₂ nya dinonaktifkan
Baut/mur	Baut berfungsi untuk memperkuat lapisan dasar laminasi serta sambungannya, sehingga tidak mudah lepas dari kayu
Pigmen warna resin	Pigmen adalah campuran yang digunakan untuk memberikan warna pada lapisan luar <i>fiberglass</i> yang dikehendaki
Mesin gerinda tangan	Mesin gerinda adalah mesin yang berfungsi untuk memotong atau menggerinda. Didalam laminasi, gerinda berfungsi untuk menghaluskan permukaan kapal dan memotong bagian kasko kapal yang sudah kurang bagus.
Kuas roll	Kuas roll ini berfungsi untuk melapis kapal menggunakan resin dan <i>fiberglass</i>
Kape	Kape berfungsi untuk mendempul bagian kapal yang tidak rata
Gayung	Sebagai wadah untuk resin yang akan digunakan

Metode Laminasi Kapal

Metode laminasi kapal terdiri atas 3 tahapan utama, tahap pertama yakni perbaikan dan pendempulan permukaan kapal, tahap kedua yakni pelapisan FRP yang terdiri atas pelapisan *mat*, pelapisan *roving*, dan pelapisan kembali dengan *mat*, serta tahap ketiga yakni pengecatan kapal sebagai penyelesaian akhir. teknik ini menghasilkan lapisan yang sama dengan konstruksi lapisan kapal FRP, namun tekniknya dilakukan secara terbalik. Jika pada beberapa literatur menyebutkan Teknik pembuatan kapal FRP dilakukan dengan melapisi *gelcoat* ke permukaan, kemudian dilapisi dengan *mat* dan *roving* secara berulang sampai didapatkan tebal yang diinginkan, pada laminasi kapal

kayu dilakukan pelapisan *mat* dan *roving* terlebih dahulu sampai didapat tebal yang diinginkan dan diakhiri dengan pelapisan *gelcoat* (Wave Train, 2011).



Gambar 4 Diagram alir pengerjaan laminasi kapal

Tahap 1 : Perbaikan dan pendempulan permukaan kapal

Proses perbaikan ini bertujuan untuk membuat permukaan badan kapal yang akan dilaminasi menjadi rata dan halus, serta menutupi lubang yang ada sehingga tidak menimbulkan gelembung udara saat dilaminasi (Michigan Fibreglass, 2010). Proses perbaikan dimulai dengan menambal bagian kayu lambung kapal yang hilang menggunakan kayu baru, dan mengganti bagian kayu lambung kapal yang sudah sangat lapuk. Setelah itu, dilakukan proses pendempulan bagian kapal yang berlubang atau memiliki celah menggunakan dempul resin. Menurut literatur yang ada, dempul yang digunakan untuk melakukan perbaikan permukaan kapal adalah jenis *gelcoat* atau adonan resin yang dicampur dengan erosil. Namun dempul untuk kapal PSP 01 sendiri dibuat dari campuran resin dan talc, dengan perbandingan yang umum ditetapkan oleh pengrajin *fiberglass* sebagai berikut (Performance Yacht System, 2010):

Formula

1 kg resin : 2 kg semen talc : 2% katalis

Tujuan penggunaan dempul resin dan talc sebagai bahan untuk mendempul adalah :

- Lebih murah dan efisien dibandingkan dempul mobil
- Hasil dempul lebih ringan.
- Lebih menempel erat dengan FRP laminasi karena merupakan bahan sejenis.



Gambar 5 Kapal sudah didempul



Gambar 6 Kapal Sebelum didempul

Tahap 2 : Pelapisan FRP

Proses pelapisan menggunakan dua jenis bahan serat kaca yang berupa *mat* dan *roving*. *Mat* dan *roving* memiliki beberapa jenis susunan, bentuk, dan berat serat yang berbeda, namun yang paling membedakan antara *mat* dan *roving* adalah susunan seratnya. *Mat* memiliki susunan serat acak seperti jerami dan dibentuk seperti lembaran. Menurut FAO, didalam pembuatan kapal *fiberglass* digunakan jenis *mat* dan *roving* yang beragam untuk menyesuaikan kebutuhan dari kapal, seperti penggunaan *mat* 300 untuk lapisan permukaan agar halus, dan menggunakan *mat* 450 untuk memperkuat lapisan. *Roving* yang digunakan adalah perpaduan *roving* 600 dan 800 agar terbentuk lapisan yang kokoh namun tetap halus.

Untuk Jenis *Mat* yang digunakan untuk laminasi PSP 01 adalah *mat* 450. Penggunaan *mat* jenis ini sesuai dengan Literatur lainnya yang menyebutkan bahwa *mat* yang cocok untuk laminasi kayu adalah jenis *mat* 450. *Mat* yang disiapkan Pada laminasi kapal PSP01 sebanyak 1 roll dengan spesifikasi lebar 1 meter dan panjangsekitar 75 meter.

Roving merupakan serat kaca yang memiliki susunan serat seperti karung. *Roving* merupakan serat kaca yang mudah dibentuk karena susunannya yang fleksibel. Pada pengerjaan laminasi kapal PSP01, Jenis *roving* yang digunakan adalah *roving* 600.

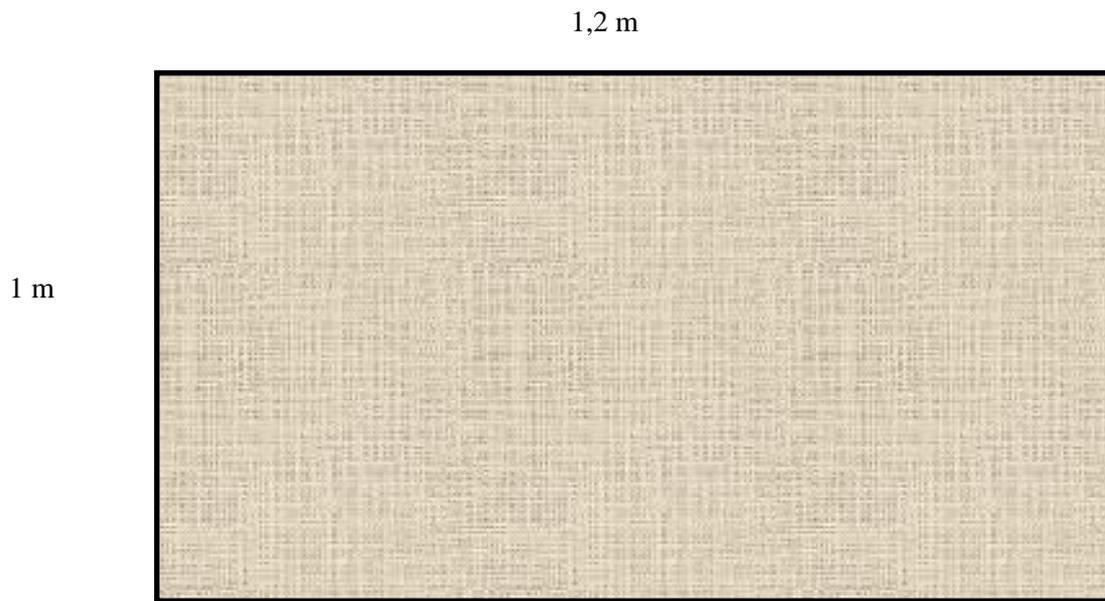


Gambar 7 mat

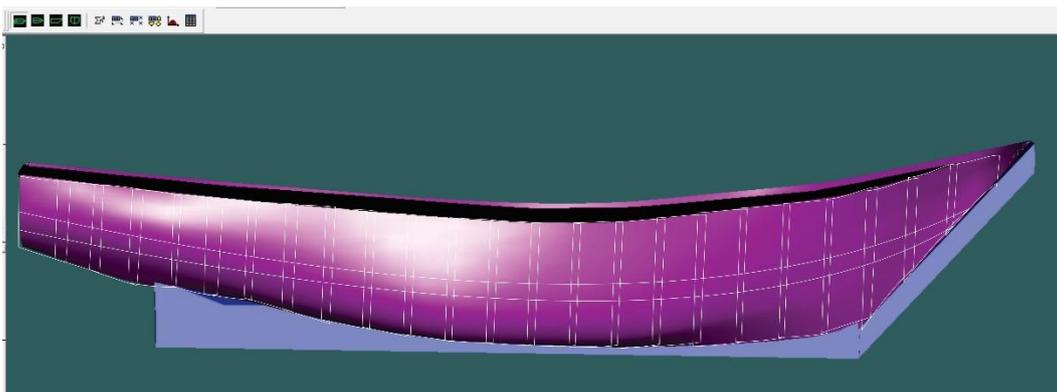


Gambar 8 Roving

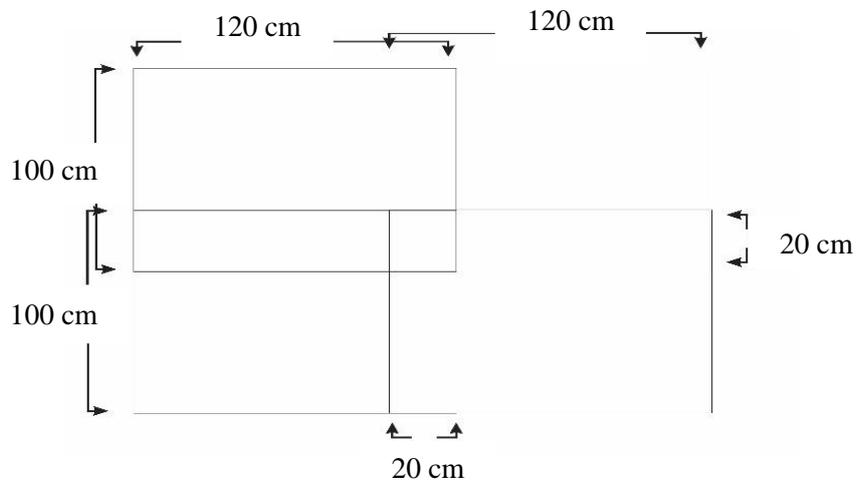
Roving yang disiapkan untuk laminasi kapal ini sebanyak 1 roll, dengan spesifikasi lebar 1 meter dan panjang 75 meter. Untuk laminasi kapal, *mat* dan *roving* dipotong dengan ukuran 1 meter x 1,2 meter seperti pada Gambar 7. Hal ini bermaksud agar tiap serat kaca memiliki sambungan 20 cm dengan serat kaca lainnya.



Gambar 9 ukuran potongan fibreglass



Gambar 10 Skema kerja laminasi



Gambar 11 Bentuk dan ukuran potongan *fibreglass* yang ditempel

Menurut FAO, jumlah lapisan untuk kapal *fiberglass* dibedakan untuk tiap bagian kapal. Jumlah lapisan yang paling tebal yakni 12 lapis untuk bagian *bottom*, dengan menggunakan *mat* dan *roving* secara bergantian, dan *gelcoat* sebagai lapisan terluar. Kapal PSP-01 dilaminasi dengan 3 lapisan. Lapisan pertama menggunakan *mat* sebagai dasar FRP, lapisan kedua menggunakan *roving*. Lapisan ketiga kapal menggunakan *mat* agar permukaan lebih halus, dan dicat dengan resin sehingga lebih rapi. Tebal ketiga lapisan laminasi tersebut adalah sekitar 4-5 mm.

Pelapisan dengan *mat* I

Kapal dilapisi dengan *mat* yang sudah dipotong dengan ukuran 1 meter x 1,2 meter. Teknik melapisnya yakni dari bagian bawah lambung kapal, tepatnya dari setengah lunas terlebih dahulu, menuju bagian atas. Pertama, bagian yang ingin dilaminasi dilapisi resin yang sudah dicampur katalis terlebih dahulu sampai basah, kemudian *mat* ditempel kebagian tersebut. Tujuan dari teknik pelapisan tersebut yakni agar *mat* menempel sehingga memudahkan pekerjaan, dan agar tidak menimbulkan gelembung udara saat dilapis. Menurut literatur yang ada, permukaan kayu yang bergelombang, berlubang, dan tidak rata dapat menyebabkan hasil laminasi berongga karena terjadi oksidasi dan reaksi pelepasan udara didalam lapisan *fiberglass* (Vendik 2010). Setelah menempel, *mat* kemudian dilapisi kembali dengan resin hingga terlihat transparan dan menyatu dengan kayu lambung kapal.



Gambar 12 pelapisan dengan *mat*



Gambar 13 Pelapisan dengan *mat*

Pelapisan dengan *roving*

Kapal dilapisi dengan *roving* yang sudah dipotong dengan ukuran 1 meter x 1,2 meter. Pelapisan *roving* dilakukan ketika lapisan *mat* pertama sudah mengeras dan kering sempurna. Menurut Sari (2010), Pelapisan dengan menggunakan *roving* bertujuan untuk menambah nilai modulus elastisitas (MOE) dan modulus patahnya (MOR), sehingga menghasilkan perpaduan serat yang lentur dan kuat. Teknik pelapisan *roving* sama dengan saat pelapisan pertama, yakni dengan melapisi bagian yang akan dilaminasi dengan resin, kemudian ditempel dengan *roving*. *Roving* yang sudah menempel kemudian dilapisi dengan resin sampai menyatu dengan lapisan pertama.

Gambar 14 Pelapisan dengan *roving*Gambar 15 Pelapisan dengan *roving*

Pelapisan dengan *mat* II

Kapal yang sudah dilapisi *roving* kemudian ditutup dengan *mat* selagi kondisi *roving* masih belum mengering. Hal ini bertujuan agar lapisan FRP menjadi rapi, dan pori-pori yang ada pada *roving* tertutupi. Teknik melapis yang digunakan sama dengan lapisan sebelumnya. Lama waktu kering untuk sebuah lapisan FRP dipengaruhi oleh banyaknya katalis, suhu, serta cuaca. FAO memberikan standar waktu untuk pengeringan sempurna *fiberglass* yakni 24 jam pada suhu 40 derajat *celcius*. Menurut literatur yang ada, didalam selang waktu beberapa jam, terkadang ada bagian dari hasil *fiberglass* yang belum kering sempurna, sehingga mesti ditunggu hingga 24 jam agar semua bagian sudah kering secara merata.

Gambar 16 Pelapisan dengan *mat*Gambar 17 pelapisan dengan *mat*

Tahap 3 : Pengecatan

Proses terakhir dari laminasi kapal adalah pengecatan sebagai lapisan terluar. Pengecatan dilakukan dengan menggunakan *gelcoat* yang dibuat agak encer. Hal ini mengacu pada kapal FRP yang memiliki lapisan *mat*, *roving*, *mat* dan *gelcoat* pada bagian terluarnya (Ma'ruf B. 2010). Pengecatan badan kapal berfungsi untuk memperindah kapal, membuat daya tahan kapal dari pembusukan, menutup pori-pori kapal yang dapat menyebabkan kebocoran, serta mencegah fiber pada kapal terkelupas atau rusak dengan cepat. proses pengecatan kapal menggunakan bahan-bahan seperti pigment resin, resin, katalis, dan erosil. Penggunaan cat yang berbahan dasar resin, kobalt, erosil, dan pigment warna berfungsi agar daya rekat cat lebih kuat, dan dapat menambah kekuatan serta daya tahan hasil laminasi. Hasil pengecatan menggunakan bahan tersebut juga tidak akan mudah terkelupas seperti kapal kayu lainnya, sehingga mengurangi biaya perawatan pengecatan kapal.



Gambar 18 Pigmen warna



Gambar 19 Erosil

Pembuatan cat resin ini dilakukan dengan cara mencampurkan resin dengan pigmen warna, lalu ditambah dengan erosil secukupnya. Pada pengecatan kapal PSP-01, digunakan pigmen warna putih dan biru seperti pada Gambar 21.



Gambar 20 pengecatan kapal



Gambar 21 Pencampuran bahan cat

Dari hasil pengerjaan laminasi kapal tersebut, didapatkan perbandingan antara pengerjaan laminasi di lapangan dengan teknik laminasi yang sesuai standar. Perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan Kesesuaian Kerja Laminasi (McVeagh et al, 2010)

	standar pengerjaan	temuan dilapangan	sesuai/tidak
Pendempulan	bahan dempul menggunakan gelcoat	bahan dempul menggunakan talc dan resin	tidak
	semua celah dan pori-pori ditutup	semua celah dan pori-pori ditutup.	ya
Pelapisan FRP	<i>mat</i> menggunakan perpaduan CSM 350, CSM 450.	<i>mat</i> menggunakan CSM 450	tidak
	<i>roving</i> menggunakan perpaduan WR 450, WR 600, WR 800	<i>roving</i> menggunakan WR 600	tidak
	urutan hasil lapisan : gelcoat, <i>mat</i> , <i>roving</i> , <i>mat</i> .	urutan hasil lapisan : gelcoat, <i>mat</i> , <i>roving</i> , <i>mat</i>	ya
	teknik lapis : resin, fiber, resin	teknik lapis : resin, fiber, resin	ya

	standar pengerjaan	temuan dilapangan	sesuai/tidak
Pengecatan	penggunaan jenis resin : yucalac/polyester resin	penggunaan jenis resin : eterna	tidak
	penggunaan katalis = 2% menggunakan gelcoat yang diberi pigmen warna	penggunaan katalis = 4-5% menggunakan gelcoat yang diberi pigmen warna	tidak
	tertutup, berventilasi dan <i>exhaust system</i> , memiliki	terbuka, becek, tidak memiliki	ya
Tempat kerja	ruangan penyimpanan sarung tangan, kacamata,	tempat penyimpanan	tidak
Keselamatan kerja	masker, <i>wearpak</i> , sepatu boot, penutup telinga.	tidak menggunakan alat keselamatan sama sekali	tidak

Formulasi Kebutuhan Bahan Laminasi

Untuk mencari jumlah kebutuhan bahan, kita harus mencari banyaknya lembaran *fiberglass* yang dibutuhkan. Jumlah lembaran *fiberglass* yang digunakan dapat kita cari dengan membagi luasan kapal yang ada dengan standar luasan *fiberglass*, ditambah dengan total luas lembar *overlay*. Luas badan kapal dapat kita cari dengan memasukkan data *lines plan* kedalam *software* “maxsurf”, sehingga kita bisa mendapatkan luas areanya. Standar ukuran *fiberglass* yang digunakan untuk laminasi kapal adalah 1 meter x 1,2 meter atau menyesuaikan luasan *fiberglass* yang digunakan untuk laminasi. Dari data tersebut, maka dapat diformulasikan rumus untuk mencari jumlah kebutuhan lembaran *fiberglass* sebagai berikut berikut :

$$TL_n = LBK/1,2m$$

- Ket : TL_n : total lembaran *fiberglass* (tanpa *overlay*)
 1,2m : luas standar *fiberglass* laminasi.
 LBK : luasan total badan kapal yang akan dilaminasi (dihitung menggunakan *software maxsurf*).

Rumus diatas digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan *fiberglass*, namun belum secara keseluruhan (belum ditambah luas *fiberglass overlay*). Luas dari *fiberglass overlay* perlembar adalah 0,44 meter. pada *fiberglass* pertama disetiap lapisan, serat *overlay* tidak dihitung karena tidak ada *overlay* yang dipakai. Dari data tersebut, maka dapat diformulasikan rumus total lembaran *overlay* sebagai berikut :

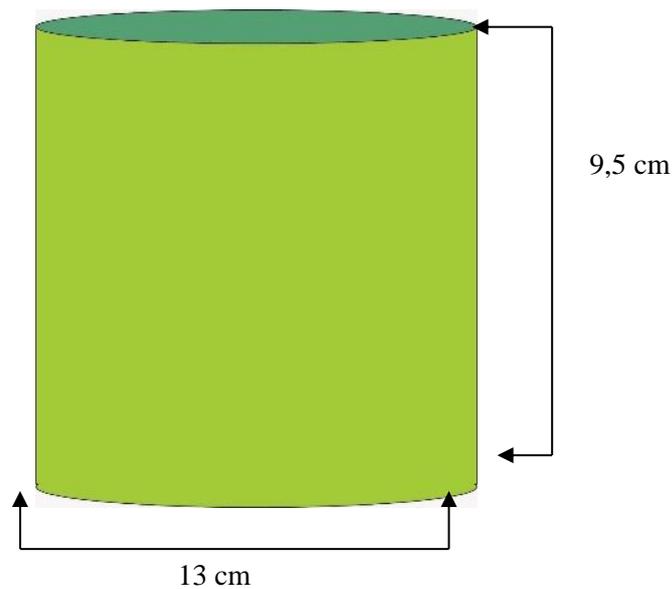
$$TL_{overlay} = \frac{(TL_n - 1) \times 0,44m}{1,2 m}$$

- Ket : TL_{overlay} : total lembaran *fiberglass overlay*
 TL_n : total lembaran *fiberglass* (tanpa *overlay*)

Dari rumus diatas, maka dapat kita hitung kebutuhan total lembaran *fiberglass* dengan menjumlahkan TL_n dan TL_{overlay}.

$$TL_{fix} = TL_n + TL_{overlay}$$

- Ket : TL_{fix} : total semua lembaran *fiberglass* yang dibutuhkan
 TL_n : total lembaran *fiberglass* (tanpa *overlay*)
 TL_{overlay} : total lembaran *overlay*



Gambar 22 Ukuran wadah resin untuk laminasi

Pengukuran dilakukan terhadap jumlah resin dalam wadah yang terpakai perlembar *fiberglass*, dan Pada proses laminasi ini, gayung digunakan sebagai wadah resin. Berikut pada Tabel 3 diperlihatkan hasil pengukuran dari penggunaan resin di tiap lapisan (Fibreglassite, 2010).

Tabel 5 Volume pemakaian resin perlembar *fiberglass*

Resin lapisan 1 (cm ³)	Resin lapisan 2 (cm ³)	Resin lapisan 3 (cm ³)
1260,31	1008,25	1260,31
945,23	1260,31	1134,28
1008,25	945,23	1008,25
945,23	1008,25	1260,31
1008,25	1260,31	1260,31
1260,31	1008,25	1008,25
1008,25	1260,31	882,22
1008,25	1134,28	1008,25
1134,28	1260,31	1134,28
1064,26	1127,28	1106,27

Dari lapisan pertama, didapatkan rata-rata resin yang habis sebesar 1064,26 cm³. Rata-rata resin habis pada lapisan kedua sebesar 1127,28 cm³, dan rata-rata resin habis pada lapisan ketiga adalah sebesar 1106,27 cm³. Dari hasil tersebut, kemudian kita rata-ratakan ketiganya, sehingga didapatkan hasil nilai standar kebutuhan resin (NSKB resin) sebesar **1099,27cm³**. Dengan didapatnya hasil tersebut, dapat kita formulasikan rumus kebutuhan resin sebagai berikut:

$$TB_{resin} = NSKB_{resin} \times TL_{fix}$$

- Ket : TB resin : total kebutuhan resin
 NSKB : nilai standar kebutuhan bahan resin
 Tlfix : total semua lembar *fiberglass* yang dibutuhkan

Katalis merupakan senyawa yang berfungsi sebagai katalisator dan akselerator pada proses pengeringan. *Fiberglass* yang terlalu cepat dikeringkan, atau terlalu banyak campuran katalisnya akan lebih mudah pecah. Standar maksimal penggunaan katalis yang ditetapkan produsen resin dan standar FAO adalah 2%, agar hasil *fiberglass* menjadi bagus dan kokoh. Untuk menghitung nilai kebutuhan katalis, dapat kita gunakan rumus sebagai berikut :

$$TB_{\text{katalis}} = 2\% \times TB_{\text{resin}}$$

Ket : TB katalis : total kebutuhan katalis
TB resin : total kebutuhan resin

Perhitungan Biaya Laminasi

Bahan yang digunakan selama proses laminasi disajikan pada Tabel 4 berikut :

Tabel 6 Biaya laminasi

Bahan	Jumlah	Harga/pcs (Rp)	Total (Rp)
chopped s mat450	1 roll	720.000	720.000
Roving 600	1 roll	660.000	660.000
resin merah	10 jerigen	290.000	2.900.000
Katalis	2 kg	54.000	108.000
talcum powder	2 karung	60.000	120.000
Erosil	10 kg	92.000	920.000
kuas 2,5 inch	10 pcs	7.000	70.000
kuas roll	5 pcs	15.000	75.000
Roll	30 pcs	2.000	60.000
Gayung	5 pcs	4.000	20.000
Mur	1 ons	10.000	10.000
pigmen warna blue cw	1 kg	105.000	105.000
pigmen warna white	1 kg	83.000	83.000
Upah tenaga kerja			6.000.000
Total			11.851.000

Perhitungan biaya laminasi ini berguna untuk menghitung perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk satu kali laminasi. Untuk menghitung besaran biaya yang dibutuhkan per bahan, dapat menggunakan rumus:

$$TC_i : TB_i \times \text{harga barang } i$$

Ket : TC_i : total cost bahan i TB_i : total kebutuhan bahan i

Proses laminasi kapal PSP 01 terdiri atas tiga tahapan utama yang terdiri atas perbaikan dan pendempulan permukaan kapal, pelapisan FRP, dan pengecatan kapal sebagai penyelesaian akhir. proses perbaikan dan pendempulan satu sisi kapal PSP 01 membutuhkan waktu tiga hari. Proses ini berlangsung cukup lama karena banyaknya bagian kasko kapal yang rusak dan berlubang, sehingga dilakukan banyak perbaikan. Banyaknya bahan yang dibutuhkan untuk Pendempulan tergantung pada tingkat kerusakan dan besarnya celah antar kayu kasko. Dempul yang digunakan seharusnya adalah jenis *gelcoat* agar hasilnya menjadi sangat kuat, namun hasil temuan lapang menunjukkan bahwa perbaikan dan pendempulan yang dilakukan untuk kapal PSP 01 menggunakan campuran resin dan talc.

Pelapisan FRP dilakukan sebanyak tiga lapisan yang berupa pelapisan *mat*, *roving*, dan *mat*. pelapisan *mat* yang pertama bertujuan untuk menutup semua kayu kasko kapal sehingga pori-pori dan lubang yang terdapat pada kayu tertutup dengan baik. Pada proses pelapisan pertama ini juga dilakukan penanaman baut setelah lapisan pertama kering. Hal ini bertujuan agar lapisan pertama menjadi lebih menempel erat dengan kasko dan mencegah lepasnya lapisan FRP dari kasko kapal. Pelapisan kedua dilakukan dengan menggunakan *roving* 600, yang berfungsi memperkuat lapisan FRP. Pelapisan ketiga dilakukan dengan menggunakan *mat*, yang berfungsi menutup semua pori-pori yang ada pada *roving*, sehingga lebih membuat kapal menjadi kedap air. *mat* 450 dan *roving* 600 digunakan pada laminasi karena perpaduan antara *mat* dan rovin jenis ini memiliki nilai MOE dan MOR yang tinggi (Sari, 2010), sehingga sangat kuat dan bagus untuk laminasi kapal. Jenis *mat* 450 dan *roving* 600 yang digunakan sudah sesuai dengan standar dari FAO dan literatur lainnya, karena menghasilkan perpaduan yang pas dari segi kedap air, elastisitas dan kekuatannya.

Pelapisan FRP dilakukan setelah semua bagian kapal telah rata dan halus. Hal ini bertujuan agar tidak ada gelembung udara akibat proses oksidasi resin yang timbul pada hasil FRP. Pada pekerjaan laminasi dilapangan, ketika ditemukan bagian dari laminasi yang bergelembung, maka bagian tersebut akan langsung dipotong dan dilaminasi ulang. Dari hasil pengamatan lapang, bagian FRP yang bergelembung tersebut cenderung tidak menempel pada dinding atau kasko kapal, sehingga dapat menyebabkan resiko retak dan lepas yang tinggi.

Lapisan *Mat* dan *roving* digunakan didalam laminasi kapal. Kedua bahan ini memiliki kontur serat dan ketebalan yang berbeda. *Roving* memiliki ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan *mat*, dan seratnya tersusun seperti karung sehingga banyak yang mengasumsikan bahwa *roving* membutuhkan lebih banyak resin. Namun pada penelitian lapang, didapatkan data penggunaan bahan resin untuk lapisan pertama, kedua, dan ketiga yang memiliki selisih yang sedikit. Dari hasil pengujian penulis, didapatkan fakta bahwa *mat* memiliki sifat menyerap resin, sehingga membutuhkan resin yang cukup banyak, sedangkan untuk *roving* yang memiliki ketebalan yang lebih besar membutuhkan jumlah resin yang hampir sama dengan *mat*. hal ini terjadi karena susunan serat kaca *roving* yang disusun rapat seperti karung, namun memiliki pori-pori atau celah diantara susunan serat, sehingga *roving* tidak bersifat menyerap resin seperti *mat*.

Didalam proses laminasi, bahan Resin membutuhkan katalisator untuk membuat resin mengeras, dan besaran standar katalis untuk resin yang diterapkan oleh pabrik resin, FAO, dan beberapa literatur adalah 2%. pada proses laminasi PSP 01, pekerja menggunakan jumlah katalis hampir 4-5%. Penggunaan katalis dengan jumlah tersebut disebabkan karena kondisi alam dilokasi laminasi yang tidak stabil, sehingga para pekerja ingin mempercepat proses pengeringan FRP agar tidak diguyur hujan saat kondisinya masih belum kering. Pemakaian katalis yang berlebihan dapat membuat reaksi panas pada resin, sehingga dapat mengurangi kualitas serta kekuatan resin.

Proses laminasi kapal membuat semua bagian kasko kapal tertutup, sehingga membuat kondisi kasko menjadi kedap air. Namun karena kondisi kasko yang sudah sangat kedap air, membuat air yang masuk dari bagian atas kapal kedalam palka terjebak didalamnya. Kayu kasko atau palka yang mengandung air juga tidak dapat menguapkan airnya, sehingga dapat mempercepat pembusukan kayu. Untuk mengatasi ini, seharusnya laminasi dilakukan di luar dan dalam kapal, sehingga mencegah pembusukan kayu kapal yang terjadi.

Didalam Laminasi kapal PSP01, didapatkan data jumlah kebutuhan bahan untuk satu kali laminasi. Dari data tersebut, penulis lalu membuat formulasi kebutuhan bahan utama laminasi berupa serat kaca, resin, dan katalis. Untuk Pembuatan formulasi ini membutuhkan data standar kebutuhan serat, nilai standar kebutuhan resin per lembar serat, dan nilai kebutuhan katalis yang diambil dari sampel laminasi kapal PSP01. Dari hasil penelitian, didapatkan luas standar serat *mat* dan rovin adalah 1,2 meter. Setelah diambil 10 sampel lembar serat dari lapisan *mat*, rovin, dan *mat*, didapatkan nilai standar kebutuhan bahan (NSKB) resin sebesar 1099,27cm³perlembar serat. Selain itu, penggunaan

software maxsurf untuk menghitung luasan badan kapal digunakan didalam pembuatan formulasi ini, sehingga didapatkan rumus kebutuhan lembar serat *mat* dan rovin. Untuk mencari kebutuhan bahan utama laminasi (resin, serat, dan katalis), dapat dilakukan dengan cara menghitung luas badan kapal yang akan dilaminasi, lalu memasukkan data luas kapal tersebut kedalam formula yang sudah dibuat sehingga kita akan mendapatkan jumlah kebutuhan lembar serat *non-overlay* dan luas serat *overlay*.

Pengerjaan laminasi kapal PSP 01 sempat mengalami kehabisan bahan, sehingga membuat proses laminasi kapal menjadi tertunda. Kehabisan bahan laminasi disebabkan oleh kurangnya pengetahuan mengenai kebutuhan bahan. Kejadian seperti ini dapat dihindari dengan menghitung kebutuhan bahan laminasi menggunakan formula yang sudah dibuat, sehingga efisiensi waktu, biaya, dan tenaga dapat ditingkatkan.

Pelapisan yang dilakukan oleh pekerja orang yang sudah berpengalaman didalam laminasi kapal, maupun pembuatan kapal FRP, namun para pekerja ini masih belum dapat memperkirakan banyaknya bahan yang dibutuhkan untuk laminasi kapal. Hal ini membuat proses laminasi beberapa kali tertunda karena material yang habis. Selain itu kondisi alam yang tidak stabil dan hujan yang turun sangat lama membuat pengerjaan laminasi tertunda sampai beberapa hari. Para pekerja ini juga tidak menggunakan peralatan keselamatan seperti sarung tangan, masker, kaca mata kerja, dan sepatu boot. Padahal, material seperti resin, katalis, talc dapat menyebabkan iritasi jika terkena kulit dan dapat menyebabkan kanker jika terhirup oleh paru-paru. Selain itu peralatan listrik yang ditaruh digalangan yang becek dapat mengakibatkan resiko para pekerja tersetrum. Hal ini sangat tidak sesuai dengan prosedur keselamatan standar yang sangat memperhatikan akibat dari pengerjaan dan bahan laminasi kapal (Latief, 2013).

KESIMPULAN

Laminasi kapal terdiri atas tiga tahapan utama yang berupa perbaikan dan pendempulan permukaan kapal, pelapisan FRP, dan pengecatan kapal. Tempat laminasi kapal dilakukan digalangan PPN Palabuhan ratu. Kondisi galangan yang terbuka membuat proses laminasi kapal menjadi terhambat oleh cuaca yang tidak stabil sehingga waktu laminasi kapal yang ditargetkan hanya 10 hari kerja menjadi hingga 20 hari kerja. Luas standar lembar serat yang dibutuhkan untuk laminasi adalah 1,2 meter. Nilai standar kebutuhan bahan (NSKB) resin yang didapatkan adalah sebesar 1099,27cm³. Untuk mencari kebutuhan bahan laminasi suatu kapal, dapat dilakukan dengan memasukkan data luas kapal kedalam formula yang sudah dibuat sehingga kita akan mendapatkan jumlah kebutuhan lembar serat *non-overlay* dan luas serat *overlay*. Dari data tersebut dapat dicari jumlah kebutuhan resin dan katalis yang diperlukan. Dari data tersebut juga dapat diperkirakan total biaya yang dibutuhkan untuk satu kali laminasi dengan menggunakan rumus yang sudah ada. Dari hasil penelitian, dan pengamatan saat penelitian juga dapat disimpulkan bahwa dari prosedur, tempat, komposisi material, dan keselamatan kerja saat laminasi banyak yang tidak sesuai dengan standar pengerjaan laminasi yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar K. 2012. Analisis Produksi Kapal Perikanan Berbahan Dasar Kayu dan *Fiberglass* [Skripsi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Fiberglasssite. 2010. How much resin do i need. [internet]. [diunduh 2014 jul 15]. Tersedia pada <http://www.fiberglasssite.com/servlet/the-Learning-Cln-How-Much-Resin/Categories>.

- Latief PV. 2013. Identifikasi keselamatan kerja pada proses pembuatan perahu *fiberglass*. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ma'ruf B. 2010. Modernisasi Dan Standarisasi Teknologi Pembangunan Kapal Sephull Berbahan *Fibreglass*. Surabaya : BPPH-BPPT Institut Teknologi Sepuluh November
- McVeagh J, Anmarkrud T, Gulbrandsen O, Ravikumar R, Danielsson P, Gudmundsson A. 2010. *Training manual on The Construction of FRP Beach Landing Boat*. Rome: FAO.
- Michigan Fibreglass. 2010. Tips and repair methods to avoid. [internet]. [diunduh 2014 jul 15]. Tersedia pada :<http://www.michiganfibreglass.com/gelcoat.jb/mustreadrepairtips.htm>.
- Nurchayadi Moh. 2010. Tekno Ekonomi Pembuatan Perahu *Fiberglass* Didesa Cikahuripan Kecamatan Cisolok, Sukabumi. [Skripsi]. Bogor : Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Institut Pertanian Bogor.
- Performance Yacht System. 2010. Choosing The Right Resin – Polyester Resin.[internet]. [diunduh 2014 jul 15]. Tersedia pada : <http://www.pyacht.com/evercoat-laminating-resin.htm>.
- Sari RP. 2010. Nilai Kekuatan Mekanis Material *Fiberglass* Pada Contoh Uji Kombinasi *Matt* Dan *Roving* [Skripsi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Susanto A. 2010. Evaluasi Desain Dan Stabilitas Kapal Penangkap Ikan Di Palabuhanratu (Studi Kasus Kapal Psp 01) [Skripsi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Wave Train. 2011. Fibreglass Boat Building : Cored Lamination. [internet]. [diunduh 2014 jul 15]. Tersedia pada : <http://www.wavetrain.net/boats-a-gear/243-fiberglass-boatbuilding-cored-laminates%5C>.