

# METODE PEMELIHARAAN YANG TEPAT LAMBUNG KAPAL TYPE PATROLI V30 BERBAHAN FIBERGLASS

Amir Marasabessy<sup>1</sup>, Iswadi Nur, dan Bambang Sudjasta

Program Studi Teknik Perkapalan, FT, UPN "Veteran" Jakarta

Jl. R.S. Fatmawati Pondok Labu, Jakarta Selatan - 12450

Telp. 021 7656971

---

## Abstract

The presence of V<sub>30</sub> type of patrol boat made of fiberglass which has been used for three (3) years need a very good maintenance since it is easily broken on its hull. It happens as a result of osmosis due to the bad laminating during the production process or due to some oysters that grow in the ship's hull area below the water line. It will damage the gelcoat in the form of pitting defects which cause dampness in the fiberglass fiber. The division of shipyard until now has not yet done the proper maintenance on the ship's patrol boat. This study aims at applying the method of an appropriate maintenance on the ship's hull below the water line that is by preparing the specimen plate and to connect the plate of the old ship to the new one. There is a method of connecting issued by the Indonesian Classification Bureau saying that the connection plate lamination process is using polyester resins and epoxy to determine the strength of the connection in cropping maintenance or the replacement of the ship's hull plate. Tensile and bend testing must be in accordance with ISO 527-4:1997 and 527-4:1997. Measuring the water content to determine the moisture level of fiberglass fiber boat hull below the water line, especially in areas where there are concentrations of oyster growth. Percentage of laminate tensile strength connection plate with epoxy resin 8.5 % more than polyester resins, epoxy resins strong bend 43 % more than polyester resin. Ultrasonic Antifouling System Installation on the ship's hull to prevent the growth rate of oysters and oyster cleaning is done every 3 (three) months as the prevention and prediction maintenance actions to avoid the replacement of the ship's hull plate wider.

**Key Words:** maintenance, moisture, ship's hull

---

## PENDAHULUAN

Saat ini keberadaan kapal patroli untuk pemenuhan kegiatan survei di berbagai pulau di Indonesia terutama pulau-pulau terpencil masih kurang. Kapal patroli berbahan *fiberglass* memiliki keunggulan teknis dan ekonomis, konstruksinya ringan, biaya produksi murah dan proses produksi cepat, galangan kapal tidak memerlukan investasi besar, teknologinya sederhana, dan tidak memerlukan kualifikasi tenaga kerja yang tinggi sehingga kebutuhannya terus meningkat (Buana Ma'ruf, 2011).

Untuk pemenuhan jumlah kapal patroli yang beroperasi, Pemerintah saat ini sedang melaksanakan pembangunan kapal patroli type V<sub>30</sub> berukuran ± 10 meter. Pembuatan kapal menggunakan metode laminasi dengan tahapan

*gelcoat* sebagai lapisan pertama dan selanjutnya laminasi serat penguat *Copped Strand Mat* dan *Woven Roving* dengan jumlah *layer* sesuai perhitungan desain yang mengacu pada standarisasi Biro Klasifikasi Indonesia.

Seiiring dengan keberadaan kapal patroli type V<sub>30</sub> berbahan *fiberglass* yang telah beroperasi selama 3 (tiga) tahun maka pemeliharaan kapal perlu menjadi perhatian karena sangat rentan terhadap kerusakan/ retak terutama pada *zona* lambung di bawah garis air. Kapal berbahan *fiberglass* tidak mengalami keausan seperti kapal baja, namun kerusakan/retak diduga telah terjadi peristiwa osmosis sehingga menimbulkan kelembaban dan kerapuhan serat *fiberglass*.

Laminasi serat *fiberglass* *zona* lambung di bawah garis air saat pembangunan kapal dilakukan secara manual, laminasi resin sebagai media pengikat serat tidak merata dan kurang penekanan karena menggunakan kuas roll dan kuas tangan,

---

\* Prodi Kontak Person : Amir Marasabessy  
Prodi Teknik Perkapalan, FT UPNV Jakarta  
Telp. 021 7656971

hal ini berpeluang menimbulkan *air trap* dan dalam waktu tertentu menimbulkan kelembaban. Kelembaban membentuk kekuatan yang kemudian menekan *gelcoat* berbentuk *blister* (lepuh) dan dapat mengakibatkan penyerapan air ke dalam serat *fiberglass*.

Tiram yang menempel pada *zona* lambung bawah garis air merusak *gelcoat* berbentuk cacat *pitting* sehingga berpeluang terjadi peristiwa osmosis. Pihak galangan sebagai pelaksana pemeliharaan kapal hingga saat ini dalam pemeliharaan *zona* lambung hanya berupa sekrap tiram, pencucian dengan air tawar, *water jet/wire brush*, pendempulan areal cacat *pitting*, amplas dan *gelcoat painting*.

Metode pemeliharaan yang tepat dilakukan pengukuran kandungan air (H<sub>2</sub>O) *zona* lambung, laminasi *cropping* atau penggantian pelat menggunakan resin *polyester* dan *epoxy* guna mengetahui media resin yang sesuai untuk kekuatan sambungan. Spesimen pelat untuk pengujian mekanis adalah sambungan pelat bangunan kapal lama dan laminasi pelat baru sesuai standard Biro Klasifikasi Indonesia.

Mengingat hingga saat ini belum ada yang meneliti kekuatan sambungan pelat *zona* lambung dalam pemeliharaan *cropping* atau penggantian pelat *fiberglass*, maka penelitian ini dilakukan untuk menerapkan metode pemeliharaan yang tepat untuk mempertahankan kekuatan konstruksi, juga sebagai pedoman *preventive* dan *predictive maintenance* untuk memperpanjang umur operasional kapal.

Pembangunan kapal berbahan *fiberglass* masih dilakukan secara manual, laminasi serat *fiberglass* yang tidak merata dapat menimbulkan *blister*. Tiram laut yang menempel pada *zona* lambung di bawah garis air dapat merusak *gelcoat* berbentuk cacat *pitting* sehingga berpeluang terjadi peristiwa osmosis.

Pemeliharaan yang selama ini dilakukan pihak galangan tidak melakukan pengukuran kelembaban serat *fiberglass* *zona* lambung, bagian yang mengalami kerusakan/cacat *pitting* dibersihkan dengan air tawar, di *wire brush*, *digrinding*, didempul, dihaluskan (ampelas) dan *gelcoat painting*.

Penelitian tentang metode pemeliharaan yang tepat dibatasi pada pelat *zona* lambung di bawah garis air kapal patroli type V<sub>30</sub> berbahan *fiberglass* dengan ketebalan pelat ± 7 mm dan jumlah layer 1G + 1CSM<sub>300</sub> + 3CSMV<sub>450</sub> + 3 WRV<sub>800</sub>.

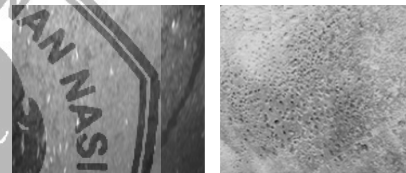
Penelitian ini bertujuan untuk (1) menerapkan

metode pemeliharaan yang tepat untuk mempertahankan kekuatan konstruksi dan menghindari terjadinya keretakan pelat, (2) sebagai pedoman *preventive* dan *predictive maintenance* bagi pemilik kapal (owner) untuk memperpanjang umur pengoperasian kapal, dan (3) sebagai sumber informasi kepada pihak konsultan pengawas dan pihak galangan yang terkait dalam kegiatan pembangunan atau perawatan kapal berbahan *fiberglass* serta sebagai referensi untuk institusi perguruan tinggi bidang teknik perkapalan.

### Peristiwa Osmosis

Peristiwa osmosis secara umum dapat didefinisikan sebagai kekuatan pergerakan fluida cair untuk menembus lapisan dinding (*membrane*). Untuk kapal dengan bahan *fiberglass*, peristiwa osmosis merupakan penyerapan air laut kedalam serat *fiberglass*.

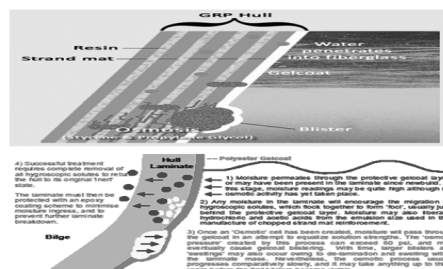
Tiram yang menempel pada *zona* lambung di bawah garis air dapat merusak *gelcoat* berbentuk cacat *pitting* atau lokal sebagaimana di perlihatkan pada gambar 1.



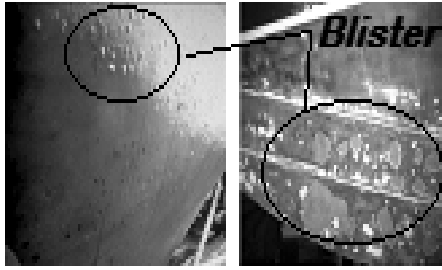
Gambar 1.

Tiram pada *zona* lambung merusak *gelcoat* (cacat *pitting*)

Peristiwa osmosis sebagaimana yang di perlihatkan gambar 2, bukan penyerapan air laut kedalam serat penguat GRP (*Glass Reinforced Polyester*) melalui *gelcoat*, melainkan akibat proses laminasi yang kurang baik saat produksi. Laminasi serat *fiberglass* yang dilakukan secara manual berpeluang menimbulkan *air trap*, yang kemudian akan menimbulkan kelembaban dan dalam waktu tertentu akan membentuk kekuatan menekan *gelcoat* sehingga terjadi *blister* sesuai gambar 3 dan hal ini yang menyebabkan terjadi penyerapan air laut kedalam serat *fiberglass* (Nigel Clegg, 2011).



Gambar 2. Peristiwa osmosis laminasi GRP



Gambar 3. Blister pada zona lambung

Data teknis visual kelembaban serat fiberglass saat terjadi peristiwa osmosis, sebagaimana yang diperlihatkan tabel 1.

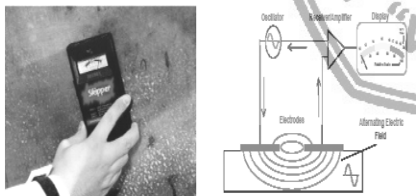
Tabel 1. Kondisi kelembaban fiberglass

Warna serat	Kandungan air (%)	Kondisi
Coklat	18-19	Terjadi kelembaban
Hijau Muda	> 14-15	Gejala kelembaban

### Ambang Batas Kandungan air

Standard ambang batas kandungan air hull fiberglass menurut Badan Klasifikasi *Germanischer Lloyd* adalah 12 % H<sub>2</sub>O, Standard SAMS (*Society of Accredited Marine Surveyors*), kandungan air hull fiberglass berada pada level (10–12) H<sub>2</sub>O.

Alat yang digunakan untuk mengukur kandungan air adalah *Electrophysics* atau *Skipper* sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 4, alat ini ditempelkan pada titik-titik pengukuran yang telah ditandai dan hasil pengukuran dapat terbaca pada indikator dengan besaran angka dalam prosentase.



Gambar 4. Alat ukur kelembaban fiberglass

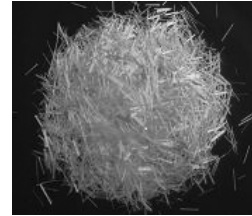
Ketebalan *gelcoat* dalam perencanaan harus mampu menahan kelembaban serat fiberglass, untuk kapal patroli type V<sub>30</sub> ketebalan *gelcoat* antara 0,6-1,0 mm.

### Konsep Pemeliharaan

Agar dapat mempertahankan sebagian atau seluruh mutu awal dari bagian-bagian konstruksi lambung kapal, maka tindakan perawatan yang dilakukan secara periodik mutlak dilakukan dengan memperhatikan kualitas perawatan untuk memulihkan kembali kondisi mutu awal terhadap konstruksi lambung kapal.

### Pengertian dan Bahan Utama *Fiberglass*

*Fiberglass* adalah serat gelas yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005– 0,01 mm sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 5. Serat ini dapat dipintal menjadibenang, yang kemudian diresapi resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan karosi untuk dipergunakan dalam pembuatan kapal (David Fecko, 2002).



Gambar 5. Serat glass fiberglass

Bahan utama fiberglass yang di gunakan dalam perawatan zona lambung sebagaimana yang diisratkan kelas BKI antara lain: *Chopped Strand Mat (CSM)* 300 gr/cm<sup>2</sup> dan 450 gr/cm<sup>2</sup> merupakan konfigurasi serat acak yang digunakan sebagai lapisan pengikat antara (laminasi awal dan akhir dengan tujuan agar bagian permukaan yang dilaminasi menjadi rata. dan *Woven Roving (WR)* 800 gr/cm<sup>2</sup> terbentuk dari serat kaca yang berukuran panjang yang dianyam dalam satu kesatuan dengan arah yang saling tegak lurus, digunakan sebagai laminasi utama yang dapat memberikan kekuatan tarik yang tinggi. Serat fiberglass chopped strand mat dan woven roving sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 6. Serat fiberglass yang diisratkan adalah jenis rendah alkali yaitu type E (>2 %), sebagaimana yang diperlihatkan pada tabel 2.



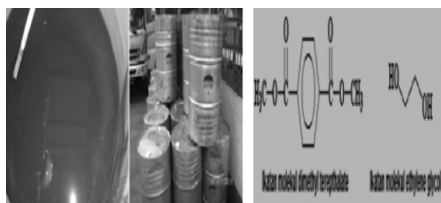
Gambar 6. Serat fiberglass CSM dan WR

Tabel 2. Type E-glass serat fiberglass

BAHAN	Grafiti Spesifik	Kuat Tarik	Kuat Tekuk
	Ton/m <sup>3</sup>	MPa	MPa
Polyester resin (tidak diperkuat)	1,28	55	140
Polyester dengan Laminasi	1,4	100	150
Chopped Strand Mat 30% E-glass			
Polyester dengan Laminasi	1,6	250	150
Woven Rovings 45% E-glass			
Polyester dengan Laminasi Satin	1,7	300	250
Weave Cloth 55% E-glass			

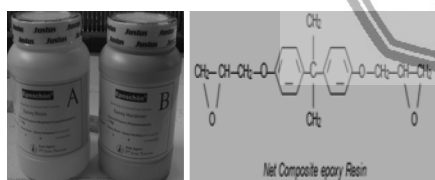


Matriks resin, di mana resin adalah material cair sebagai pengikat serat *fiberglass*. Resin dengan type polyester (*Orthophthalic*) merupakan cairan base yang tahan terhadap korosi air laut dan larutan asam, mampu menahan resapan air (*adhesion*) tetapi mempunyai kekuatan tarik dan kekakuan yang rendah. Resin *polyester* berasal dari bahan nabati yang terdiri dari *Dimethyl Therephthalate acid* dengan formula kimia  $C_6H_4(COOH)_2$  dan Ethylene Glycol  $C_2H_6O_6$  sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. Resin polyester dengan ikatan molekul

Resin dengan type *epoxy* terdiri dari cairan base dan *hardiner* sebagai pengeras, yang dibentuk dari rangkaian panjang struktur terdiri dari group *epoxy*. Molekul *epoxy* menyimpan dua group cincin pada titik tengahnya sesuai gambar 8, yang dapat menyerap baik tekanan maupun temperatur sehingga memiliki ketangguhan, kekakuan, dan ketahanan terhadap panas serta memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, peningkatan kemampuan penyerapan (*adhesive*) dan ketahanan terhadap air membuat resin *epoxy* cocok digunakan untuk membuat badan kapal berbahan *fiberglass*.



Gambar 8. Resin epoxy dengan struktur kimia ideal

Katalis adalah sejenis bahan yang berfungsi sebagai katalisator dan akselerator pada proses pengeringan. Bahan katalis sebagaimana terlihat pada gambar 9.



Gambar 9. Cairan katalis

*Gelcoat* termasuk salah satu jenis polyester yang berfungsi untuk membuat permukaan lambung

kapal menjadi halus mengkilap sekaligus sebagai pewarna (*colour*). *Gelcoat* merupakan lapisan terluar laminasi untuk melindungi serat penguat *fiberglass* CSM dan WR dengan ketebalan antara 0,6 s/d 1,0 mm yang disesuaikan dengan perencanaan, sehingga harus memiliki ketahanan yang baik terhadap cuaca dan kondisi lingkungan terutama terpengaruh sinar *ultraviolet*. Bahan adukan *gelcoat* sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 10.

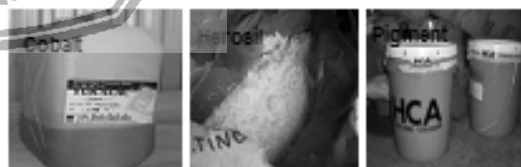


Gambar 10. Gelcoat hasil adukan

Bahan pendukung untuk membuat *gelcoat* selain resin adalah *accelerator cobalt*, *herosil* dan *pigment* sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 11.

*Cobalt*, adalah jenis bahan kimia dalam bentuk cairan, yang berfungsi untuk mengatur ketahanan *gelcoat* agar tidak cepat mengering karena pengaruh *pigment*.

*Pigment* adalah zat yang terdapat di permukaan suatu benda sehingga bila disinari dengan cahaya putih sempurna akan memberikan sensasi warna tertentu yang mampu ditangkap mata, dalam hal ini sebagai pewarna lambung kapal. *Herossil* adalah bahan bubuk yang berfungsi untuk mengatur kekentalan *gelcoat* agar tidak mudah retak setelah proses laminasi.



Gambar 11. Bahan pembuatan gelcoat

### Komposisi Laminasi fiberglass

Komposisi bahan *fiberglass* untuk proses laminasi sebagaimana yang di isyaratkan standarisasi Biro Klasifikasi Indonesia, sesuai tabel 3

Tabel 3. Komposisi Laminasi fiberglass

JENIS LAMINASI	MATERIAL FIBERGLASS	PERBANDINGAN TERHADAP RESIN (Kg)
LAMINASI SERAT FIBERGLASS	- Katalis	{1 s/d 1,5} %, kondisi tertentu 2 %
	- CSM <sub>300</sub>	(0,9 - 1,0) kg/m <sup>2</sup>
	- CSM <sub>650</sub>	(1,1 - 1,2) kg/m <sup>2</sup>
	- WR	(1,5 - 1,6) kg/m <sup>2</sup>
PEMBUATAN GELCOAT	- Pigment	(8 - 10) %
	- Herosil	---
	- Cobalt	(1,0 - 1,5) %

## Kekuatan Serat Fiberglass

Berdasarkan *Rules BKI (Rules for Non Metallic Materials Part 1, Edisi 2006)*, Uji tarik bertujuan untuk menentukan nilai *tensile strength*, *fracture strain* dan *modulus of elasticity*.

KEKUATAN TARIK		KUAT TEKUK (LENGKUNG) (N/mm <sup>2</sup> )
KUAT TARIK (N/mm <sup>2</sup> )	MODULUS ELASTISITAS N/mm <sup>2</sup>	
100	6000	150

*Tensile strength* dapat ditentukan

$$\text{dengan formula: } \frac{P_{\text{maks}}}{A} ; \text{ N/mm}^2$$

dimana:

$P_{\text{max}}$  = beban maksimum yang diperlukan sehingga spesimen pelat putus; N

$A$  = Luas penampang spesimen; mm<sup>2</sup>

*Modulus of elasticity* dapat ditentukan dengan formula:

$$E = \frac{\sigma_u}{\epsilon} \text{ N/mm}^2$$

dimana:

$\sigma_u$  = Tegangan tarik; N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon$  = Regangan, perbandingan antara pertambahan panjang spesimen setelah pengujian tarik dengan

$$\text{panjang awal} = \frac{AL}{Lo}$$

Uji tekuk bertujuan untuk menentukan nilai *bending strength* dan *modulus of elasticity*. *Bending strength* dapat di tentukan dengan formula:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2} ; \text{ N/mm}^2$$

dimana:

$F$  = Beban maksimum yang diperlukan sehingga spesimen pelat patah; N

$L$  = Jarak antar penumpuh (span); mm

$h$  = Tinggi/tebal spesimen; mm

$b$  = Lebar spesimen; mm

Untuk spesimen *fiberglass* yang menggunakan serat penguat mat dan roving dengan ketebalan pelat 7 dengan jumlah layer 1G + 1M<sub>300</sub> + 3M<sub>450</sub> + 3WR<sub>800</sub> nilai kekuatan uji tersebut adalah:

Kuat Tarik (*tensile strength*),

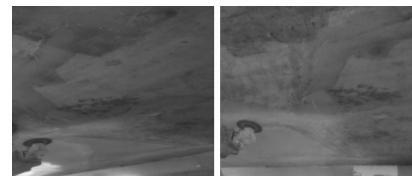
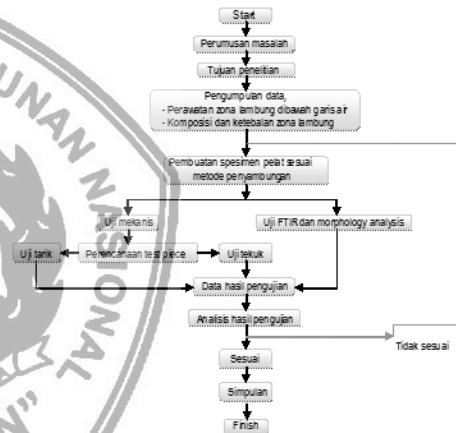
$$R_z = 107\varnothing^2 - 510\varnothing + 102; \text{ N/mm}^2$$

Kuat Tekuk (*bending Strength*),

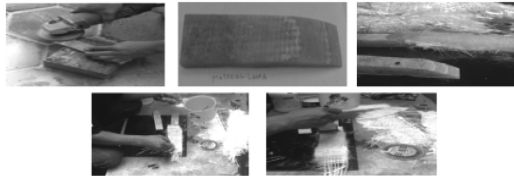
$$RB = 302,2 + 106,8; \text{ N/mm}^2$$

dimana:  $\varnothing$  = *percentage of fibre volume content*:  
 $0,2 \leq \varnothing \leq 0,6$ , ditetapkan  $\varnothing = 0,2$  sesuai ketebalan pelat lambung minimal.

Kekuatan serat *CSM* dan *WR* lambung kapal yang diisyaratkan klas BKI untuk kapal-kapal

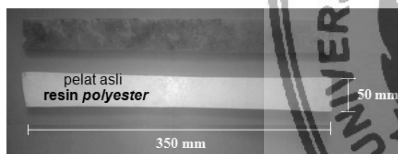


lambung kapal patroli type V<sub>30</sub>, jumlah layer 1G + 1M<sub>300</sub> + 3M<sub>450</sub> + 3WR<sub>800</sub> dengan ketebalan pelat ± 7 mm. Laminasi menggunakan resin polyester dan resin epoxy yang dilakukan secara manual (*hand lay up*) karena sesuai dengan kenyataan pembangunan kapal fiberglass di galangan dengan mengikuti ketentuan standarisasi Biro Klasifikasi Indonesia. Proses pembuatan spesimen pelat sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 14.



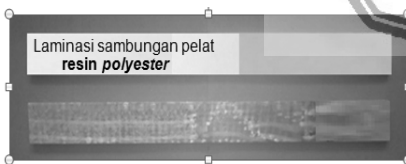
Gambar 14. Proses penyambungan pelat

Jumlah spesimen pelat 6 (enam) buah, terdiri dari: (1) 2 (dua) spesimen pelat zona lambung bangunan kapal lama, laminasi resin polyester sesuai gambar 15, (2) 2 (dua) spesimen penyambungan pelat bangunan kapal lama dengan pelat baru, laminasi resin polyester sesuai gambar 16, dan (3) 2 (dua) spesimen penyambungan pelat bangunan kapal lama dengan pelat baru, laminasi resin epoxy sesuai gambar 17.



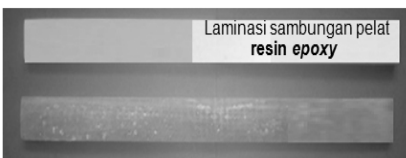
Gambar 15.

Spesimen pelat bangunan kapal lama



Gambar 16.

Laminasi sambungan pelat (*resin polyester*)

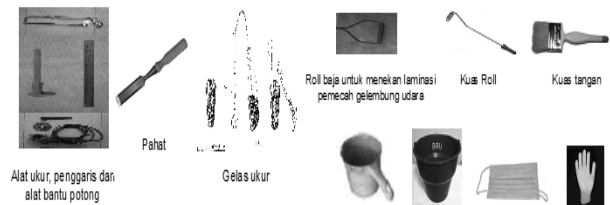


Gambar 17.

Laminasi sambungan pelat (*resin epoxy*)

### Peralatan Laminasi

Peralatan yang digunakan untuk laminasi sambungan pelat fiberglass terdiri dari peralatan utama dan peralatan bantu, sesuai gambar 18.

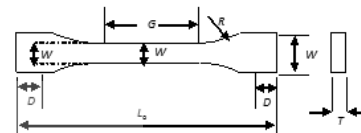


Gambar 18.

Peralatan utama dan bantu laminasi pelat fiberglass

### Perencanaan dan Pengujian Mekanis

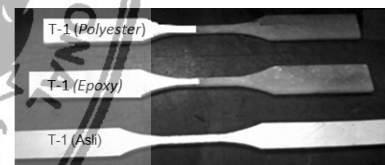
Pengujian mekanis spesimen pelat sesuai standar "ISO 527-4:1997" untuk uji tarik dan "ISO 14125:1998" untuk pengujian tekuk. Perencanaan dimensi spesimen uji tarik, perencanaan dimensi spesimen pelat untuk pengujian tarik sesuai gambar 19 dan tabel 4. Visual spesimen pelat sesuai gambar 20.



Gambar 19. Dimensi pengujian tarik

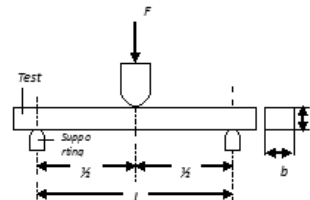
Kode Sampel	T-1 (Asli) Laminasi dengan resin Polyester	T-1 (Epoxy)- Laminasi penyambungan dengan resin Epoxy	T-1 (Polyester) Laminasi penyambungan dengan resin Polyester
Ukuran (W x T) (mm)	10 x 7	10 x 7	10 x 7
Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	70	70	70
Jumlah Layer	1G + 1M <sub>300</sub> + 3M <sub>450</sub> + 3WR <sub>800</sub>	1G + 1M <sub>300</sub> + 3M <sub>450</sub> + 3WR <sub>800</sub>	1G + 1M <sub>300</sub> + 3M <sub>450</sub> + 3WR <sub>800</sub>

Tabel 5. Dimensi spesimen uji tarik

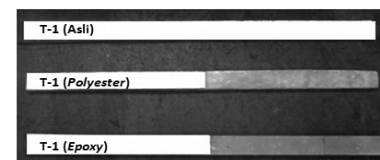


Gambar 20. Visual spesimen pelat uji tarik

Perencanaan dimensi spesimen uji tekuk, perencanaan dimensi spesimen pelat untuk pengujian tekuk sesuai gambar 21 dan tabel 6. Visual spesimen pelat sesuai gambar 22.

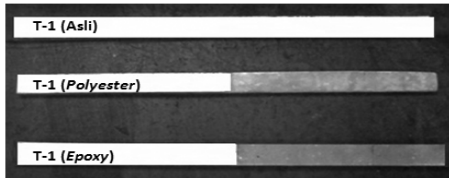


Gambar 21. Dimensi pengujian tekuk



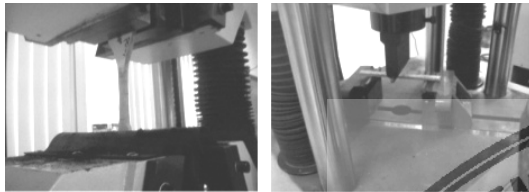
Tabel 6. Dimensi spesimen uji tekuk





Gambar 22. Visual spesimen pelat uji tekuk

Proses pengujian Mekanis, pengujian spesimen pelat dilakukan di Laboratorium Las dan Material PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero), Jl. Yos Sudarso Tanjung Priok Jakarta Utara, telah terakreditasi sesuai ISO 17025:2008 sebagai laboratorium pengujian dari Komite Akreditasi Nasional - KAN (No. LP 442 IDN). Proses pengujian mekanis untuk uji tarik dan tekuk sesuai diperlihatkan pada gambar 23.



Gambar 23. Proses uji tarik dan tekuk

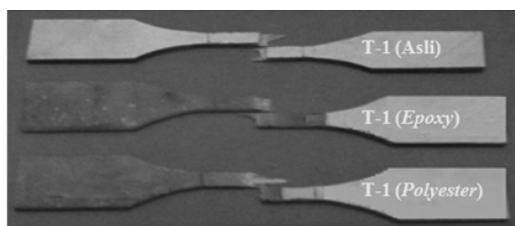
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hasil Pengujian Mekanis

Data hasil uji tarik dan tekuk sebagaimana diperlihatkan pada tabel 7 dan tabel 8, dengan visual patahan spesimen pelat sesuai gambar 24 dan gambar 25.

Tabel 7. Data hasil uji tekuk

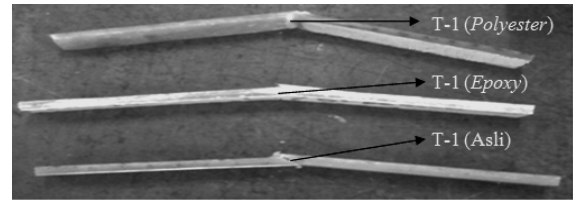
JUMLAH LAYER LAMINASI	KODE SPESIMEN	SPESIFIKASI TEST PIECE					HASIL UJI TARIK	
		L (mm)	Wc (mm)	T (mm)	Wc x T (mm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (N)	Kuat Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	MoE (N/mm <sup>2</sup> )
1G + 1M <sub>300</sub> + 3M <sub>450</sub> + 3WR <sub>300</sub>	T-1 (Asli)	255,0	10,0	7,0	70,0	4228,0	60,40	5787
	T-1 (Epoxy)	255,0	10,0	7,0	70,0	3338,0	47,69	4602
	T-1 (Polyester)	255,0	10,0	7,0	70,0	2988,0	42,68	4124



Gambar 24. Visual patahan spesimen pelat

Tabel 8. Data hasil uji tarik

JUMLAH LAYER LAMINASI	KODE SPESIMEN	SPESIFIKASI TEST PIECE					HASIL UJI	
		L (mm)	Wc (mm)	T (mm)	Wc x T (mm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (N)	Kuat Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	
1G + 1M <sub>300</sub> + 3M <sub>450</sub> + 3WR <sub>300</sub>	T-1 (Asli)	140,0	19,8	7,3	144,54	736,0	147,0	
	T-1 (Epoxy)	140,0	19,8	7,3	144,54	615,0	122,0	
	T-1 (Polyester)	140,0	19,9	7,1	141,29	280,0	59,0	



Gambar 25. Visual patahan spesimen pelat

### Analisis Hasil Pengujian

Presentase kuat tarik dan modulus elastisitas pada penyambungan pelat menggunakan resin epoxy dan resin polyester terhadap pelat asli (bangunan kapal lama) sesuai tabel 9 dan tabel 10.

JUMLAH LAYER LAMINASI	KODE SPESIMEN	KUAT TARIK (σ) (N/mm <sup>2</sup> )	MODULUS ELASTISITAS (MoE) (N/mm <sup>2</sup> )	(% PENURUNAN TERHADAP PELAT ASLI)	
				(σ)	(MoE)
1G + 1M <sub>300</sub> + 3M <sub>450</sub> + 3WR <sub>300</sub>	T-1 (Asli)	60,40	5787	-	-
	T-1 (Epoxy)	47,69	4602	21,00	20,50
	T-1 (Polyester)	42,68	4124	29,50	29,00

Kuat tarik minimum yang diisyaratkan : 42,12 N/mm<sup>2</sup>

Tabel 9.

Presentase kuat tarik dan modulus elastisitas terhadap pelat asli

JUMLAH LAYER LAMINASI	KODE SPESIMEN	KUAT TEKUK (σ) (N/mm <sup>2</sup> )	(% PENURUNAN (σ) TERHADAP PELAT ASLI)
T-1 (Epoxy)	122,0	17,00	
T-1 (Polyester)	59,0	60,00	

Kuat tekuk minimum yang diisyaratkan : 118,88 N/mm<sup>2</sup>

Tabel 10. Presentase kuat tekuk terhadap pelat asli

Dari hasil pengujian kuat tarik, modulus elastisitas, dan kuat tekuk dari spesimen pelat yang dilaminasi resin epoxy lebih baik dibandingkan dengan spesimen pelat yang dilaminasi dengan resin polyester.

Berdasarkan syarat minimum kuat tarik 42,12 N/mm<sup>2</sup>, maka kekuatan sambungan pelat yang dilaminasi dengan resin epoxy masih berada dalam kondisi aman 47,69 N/mm<sup>2</sup> sedangkan kekuatan sambungan pelat yang dilaminasi dengan resin polyester telah berada pada ambang batas 42,68 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan syarat minimum kuat tekuk 118,88 N/mm<sup>2</sup>, maka kekuatan sambungan pelat yang dilaminasi dengan resin epoxy masih berada dalam batas aman 122 N/mm<sup>2</sup> sedangkan kekuatan sambungan pelat yang dilaminasi dengan resin polyester 59 N/mm<sup>2</sup> telah berada di bawah syarat minimum kekuatan sehingga mengindikasikan kekuatan sambungan pelat yang dilaminasi dengan resin epoxy lebih baik dibandingkan dengan resin polyester.

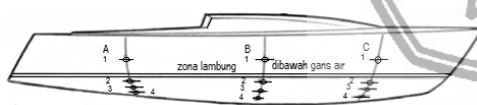
Penurunan kuat tarik dan tekuk dalam hal ini mengingat kapal telah beroperasi selama 3 (tiga) tahun disamping lemahnya konstruksi laminasi yang disebabkan oleh komposisi bahan, laminasi yang tidak sempurna dapat menyebabkan terjadi lepas ikatan antara serat *fiberglass* dan media resin serta proses pengerjaannya yang tidak mengacu pada standarisasi kelas.

### Metode Pemeliharaann yang Tepat Persiapan galangan

Persiapan fasilitas galangan, peralatan kerja terutama peralatan sekrap dan tenaga kerja. Menyediakan material *fiberglass* CSM<sub>300</sub>, CSM<sub>450</sub>, WR<sub>800</sub>, bahan untuk membuat *gelcoat* (*herosil*, *cobalt* dan *pigment*), media resin epoxy dan polyester untuk laminasi sambungan pelat. Peralatan utama dan bantu berupa gelas pengukur, mesin gurinda potong, meteran (5 meter), pahat, kuas roll bulu 4 inchi, kuas roll baja 2 inchi dan 4 inchi, kuas tangan 3 inchi, ember, gayung, sarung tangan, masker dan lain lain.

### Pelaksanaan pemeliharaan

Penyekrapan tiram laut *zona* lambung di bawah garis air sampai bersih, pencucian dengan air tawar untuk menghilangkan kadar garam, dan pengukuran kandungan kelembaban *zona* lambung di bawah garis air dengan metode sistem melingkar, jarak titik pengukuran kiri ke kanan antara 500–600 mm dan jarak atas ke bawah antara 300–400 mm sesuai gambar 26.



Gambar 26.

Pengukuran kandungan air *zona* lambung

Hasil pengukuran di record dalam format pengukuran sesuai tabel 11. Jika hasil pengukuran ada bagian *zona* lambung yang mengalami kelembaban, lakukan *local marking* disekitar daerah pengukuran.

Tabel 11. Format record pengukuran kelembaban

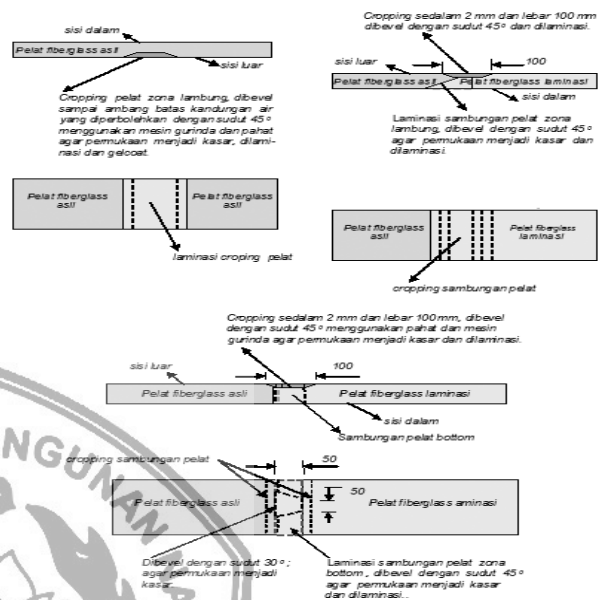
No	Value (%)		Remarks	
A	PS	PB	Syarat minimum $\leq 12\% \text{ H}_2\text{O}$	Visual serat fiberglass
1				
2				
3				
4				
B				
1				
2				
3				
4				
C				
1				
2				
3				
4				

Keterangan:

Prosentase kandungan air max.14 % H<sub>2</sub>O  
 Prosentase kandungan air > 14 % H<sub>2</sub>O, tindakan pemeliharaan penggantian pelat atau *cropping*.

### Penyambungan pelat

Perawatan *cropping*/ penggantian pelat *zona* lambung dan bottom menggunakan metode penyambungan sesuai gambar 27.

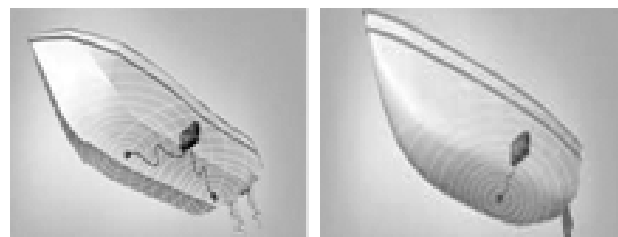


Gambar 27.

Metode penyambungan pelat *zona* lambung, *bottom* dan *cropping*

### Preventive dan Predictive Maintenance

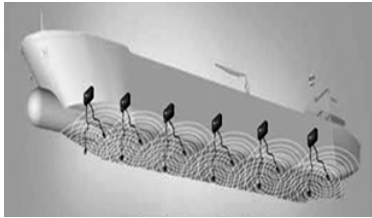
Sebagai tindakan *preventive* dan *predictive maintenance* menghindari pemeliharaan penggantian pelat *zona* lambung dibawah garis air yang lebih luas, maka perlu dipasangsang *ultrasonik antifouling system* dibagian dalam lambung kapal seperti yang diperlihatkan pada gambar 28.



Gambar 28. Ultrasonik Antifoulin System

*Ultrasonik antifouling system* di hubungkan ke arus listrik AC, prinsip kerja sebagai bolak gelombang suara frekuensi tinggi dan rendah untuk memecah ganggang sesuai gambar 29, guna mencegah laju pertumbuhan tiram.





**Gambar 29.**

Bolak gelombang frekwensi *ultrasonic antifouling system*

Untuk menghindari laju pertumbuhan tiram laut dalam jumlah yang banyak maka selain pemeliharaan tahunan (*annual survey*), pemeliharaan zona lambung dilakukan setiap 3 (tiga) bulan sekali karena di prediksi dalam waktu tersebut telah terjadi penumbuhan tiram.

### **Pertimbangan Ekonomi Pemeliharaan Zona Lambung**

Mengingat harga resin epoxy  $\pm 238\%$  > resin polyester maka pemeliharaan *cropping* atau penggantian pelat zona lambung di bawah garis air, areal penyambungan pelat  $\pm 100$  mm dilaminasi dengan resin epoxy sedangkan areal lainnya dilaminasi dengan resin polyester sebagaimana diperlihatkan pada gambar 30.



**Gambar 30.**

Laminasi kombinasi resin epoxy/ polyester perawatan *cropping* atau penggantian pelat zona lambung

Sebagai pertimbangan ekonomi mengingat harga resin epoxy  $\pm 238\%$  > resin polyester maka pemeliharaan *cropping* atau penggantian pelat zona lambung di bawah garis air, menggunakan kombinasi resin epoxy/polyester dimana pada areal sambungan pelat  $\pm 100$  mm dilaminasi dengan resin epoxy untuk mempertahankan kekuatan sambungan sedangkan areal lainnya menggunakan resin polyester dengan metode penyambungan pelat sesuai standar Biro Klasifikasi Indonesia

Tindakan *preventive* dan *predictive maintenance* untuk menghindari penggantian pelat zona lambung yang lebih luas, maka pihak owner perlu memasang *ultrasonic antifouling system* dibagian dalam lambung kapal untuk mencegah pertumbuhan tiram, disamping melakukan pemeliharaan pembersihan tiram setiap 3 (tiga) bulan karena diprediksi dalam waktu tersebut telah terjadi penumbuhan tiram.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Buana Ma'ruf, 2011, *A Study on Standardization of Fiberglass Ship's Hull Lamination Constructio*, Maret 2011.

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 2006, *Rules for Non Metallic Materials Part 1*, Edisi 2006.

David Fecko, 2002, *Advanced Glassfiber Yarns LLC, Huntingdon, Optimized Racing Boat Design Using Uniquehigh Strenth Fiberglass*, 2002.

Nigel Clegg, *A short Guide to Osmosis and its Treatment*, Januari 2011.

S. Alameda St. Compton, 2001, *Fiberglass and Composite Material Design Guide*, Januari, 2001.

Soekarsono N.A, 1992, *Olah Gerak Kapal*, Universitas Darma Persada.

U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards, *Control Techniques Guidelines for Fiberglass Boat Manufacturing Materials–September*, 2008.

West System, Inc, Bay City, Michigan, USA- *Fiberglass Boad Repair and Maintenance, 14th Edition-* December, 2006.

Germanisher Lloyd (GL), *Glass Fibre Reynforced Polyester Hulls*, 2003

### **SIMPULAN**

Prosentase kuat tarik laminasi penyambungan pelat dengan resin epoxy 8,5% > resin polyester, kuat tekuk resin epoxy 43% > resin polyester. Syarat minimum kuat tarik 42,12 N/mm<sup>2</sup> dan kuat tekuk 118,88 N/mm<sup>2</sup>.

Penurunan kuat tarik dan tekuk mengingat kapal patroli type V<sub>30</sub> berbahan fiberglass telah beroperasi selama  $\pm 3$  tahun, disamping lemahnya konstruksi laminasi karena pemakaian komposisi bahan tidak sesuai dapat menyebabkan terjadi lepas ikatan antara serat fiberglass dan media resin.

Untuk pemeliharaan kapal patroli type V<sub>30</sub> berbahan fiberglass, pihak galangan perlu melakukan pengukuran kandungan air zona lambung di bawah garis air untuk mengetahui kelembaban serat fiberglass guna menghindari keretakan pelat saat terjadi impact.