

ANALISIS KERETAKAN PELAT ZONA LAMBUNG KAPAL BERBAHAN FIBER GLASS

Amir Marasabessy^{1*}, Saut Siagian²

¹ Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta

² Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta
Jl. RS.Fatmawati No.1 Pondok Labu Jakarta Selatan-12450

*Email:amir141161@gmail.com

INTISARI

Produksi kapal fiber glass di berbagai galangan kapal di Indonesia proses laminasi masih dilakukan secara manual (*hand lay-up*) di areal terbuka, hal ini sangat rentan terjadi udara terperangkap (*air trap*) yang dapat menimbulkan lepuh (*blistering*). Perawatan *pitting defect* akibat *blistering*, oleh galangan kapal hanya disekrap, dibersihkan, didempul, diratakan/dihaluskan dan *gelcoat painting*. Tujuan penelitian adalah menyelidiki penyebab kerusakan/keretakan pelat zona lambung berkaitan dengan *blistering*. Metode yang digunakan adalah mengamati proses produksi dan pemeliharaan zona lambung kapal fiber glass dan pengujian pelat *blistering* zona lambung yang dibandingkan dengan pelat asli menggunakan peralatan uji FTIR sesuai standar ASTM E1252-07 dengan metode ATR dan *Morphology Analysis*. Sesuai pengamatan lapangan, galangan kapal tidak melakukan pengukuran kandungan air di area *blistering* yang terdapat *pitting defect* sehingga terjadi peristiwa osmosis sebagaimana ditunjukkan pada spektrum FTIR yakni terjadi penurunan intensitas bilangan gelombang dari gugus puncak 1724 cm^{-1} ke 1722 cm^{-1} di samping terdapat puncak tambahan pada sampel pelat blister akibat reaksi hidrolisa pada serat penguat, juga terdapat kerusakan yang signifikan pada pelat *blistering* dan terdapat rongga sehingga menimbulkan kelembaban dalam serat penguat. Dalam waktu (2 s/d 3) tahun serat penguat akan menjadi rapuh/getas sehingga jika terjadi benturan dengan gelombang laut atau objek lain dapat menyebabkan kerusakan/keretakan.

Kata kunci: laminasi, *blistering*, zona lambung, fiber glass, keretakan

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebijakan Pemerintah Indonesia untuk memberdayakan kelompok nelayan di berbagai wilayah di Indonesia yang diwujudkan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia melalui program pembangunan 3000 unit kapal ikan berbahan fiber glass dengan berbagai jenis dan ukuran, hal ini selain untuk meningkatkan produksi hasil tangkapan ikan secara nasional juga dapat meningkatkan tarap kehidupan dan kesejahteraan masyarakat kelompok nelayan. Kapal ikan yang diproduksi menggunakan bahan fiber glass memiliki keunggulan teknis dan ekonomis yakni konstruksinya ringan, biaya produksi murah, proses produksi cepat (menggunakan *moulded*), galangan kapal tidak memerlukan investasi yang besar, teknologinya sederhana, dan tidak memerlukan kualifikasi tenaga kerja yang tinggi sehingga kebutuhannya terus meningkat.

Kapal berbahan fiber glass sering terjadi kecelakaan saat kegiatan pengoperasian, pelat zona lambung di bawah garis air sering mengalami keretakan atau kebocoran saat terjadi benturan (*impact*) dengan gelombang laut atau dengan objek lain. Hal ini diduga adanya proses produksi dan pemeliharaan/ perawatan kapal secara teknologi dapat dikatakan belum memenuhi faktor teknologi yang baik. Sebagaimana diketahui bahwa kelayak lautan suatu kapal tidak hanya tergantung dari aspek desain, akan tetapi sangat tergantung dari aspek produksi dan perawatan[8]. Proses produksi yang dilakukan diberbagai galangan kapal di Indonesia masih dilakukan secara manual yakni proses pengecoran/laminasi serat penguat fiber glass pada *moulded* dilakukan dengan menggunakan tangan (*hand lay up process*) disamping areal produksinya yang terbuka. Laminasi serat penguat Mat dan Roving dengan Resin polyester sebagai media pengikat, biasanya menggunakan kuas tangan dan kuas roll bulu dengan areal produksi yang terbuka. Kondisi seperti ini sangat berpeluang terjadinya *air trap* (udara terperangkap) pada lapisan serat penguat Mat dan Roving, dan ketika produksi kapal selesai hingga kapal dioperasikan maka udara yang terperangkap

akan membentuk suatu kelembaban dan semakin lama akan mengumpul membentuk suatu kekuatan dimana kekuatan tersebut suatu saat akan semakin besar yang dapat melebihi kekuatan *gelcoat* (proses waktu yang lama \pm 3 s/d 4 tahun), sehingga terjadi blistering (lepuh) pada bagian luar *gelcoat*, sehingga membuat rongga udara yang berpeluang terjadi peristiwa osmosis. Dilain pihak galangan kapal sebagai pelaksana pemeliharaan kapal fiber glass hingga saat ini belum melakukan perawatan kapal fiber glass secara baik dan benar, dalam hal ini tidak melakukan pengukuran kelembaban zona lambung di bawah garis air sehingga tidak diketahui kandungan air serat penguat fiber glass yang dapat membuat kelembaban dan dapat mengarah pada kerapuhan. Konsep keretakan “*Jika terjadi kelembaban pada suatu material, dalam waktu tertentu material tersebut akan jadi rapuh sehingga jika terjadi benturan dengan objek lain (impact) dapat menimbulkan keretakan*”

Penelitian tentang analisis keretakan pelat kapal yang telah dilakukan adalah analisis keretakan pelat zona lambung kapal patroli fiber glass sebagai akibat adanya laju pertumbuhan tiram laut (Amir Marasabessy, 2014 Dosen Fakultas Teknik Prodi teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta), selain itu membuat proyek inovasi desain dan produksi kapal patroli *Out Board Engine* (OBM) 2 x 85 HP (Amir Marasabessy, 2013) yang telah didaftarkan sebagai HKI desain industri dengan nomor pendaftaran: A00201403010, 2014 dan desain kapal ikan sederhana berbahan fiber glass (Amir Marasabessy, 2009) serta metode perawatan yang tepat zona lambung kapal fiber glass di bawah garis air (Amir Marasabessy, 2014).

Hingga saat ini penelitian tentang keretakan pelat zona lambung kapal fiber glass di bawah garis air belum ada yang meneliti terutama yang berkaitan dengan *blistering* (lepuh) dan mengingat telah diproduksi kapal ikan fiber glass dalam jumlah yang besar oleh pemerintah serta berkaitan dengan keselamatan jiwa manusia di laut maka hasil dari penelitian diharapkan akan menjadi pedoman bagi pihak pemilik kapal dan galangan kapal fiber glass di Indonesia dan khusus kepada pemerintah untuk menerapkan regulasi produksi dan perawatan/pemeliharaan kapal berbahan fiber glass untuk peningkatan mutu dan kualitas guna memperpanjang waktu pengoperasian kapal (*Long time ship operation*).

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian menyelidiki penyebab kerusakan/keretakan pelat zona lambung kapal fiber glass di bawah garis air berkaitan dengan proses produksi (laminasi serat penguat fiber glass yang dilakukan secara manual) dan metode pemeliharaan yang tidak tepat. Sedangkan manfaat penelitian adalah:

- Sebagai pedoman bagi galangan kapal fiber glass di Indonesia, owners dan owners surveyor untuk peningkatan mutu (kualitas) produksi dan pemeliharaan/perawatan kapal-kapal berbahan fiber glass;
- Sebagai pedoman bagi pemerintah untuk menerapkan regulasi berkaitan dengan produksi dan pemeliharaan/perawatan kapal-kapal fiber glass.
- Sebagai bahan referensi kapal berbahan fiber glass di lingkungan Fakultas Teknik, program studi teknik perkapalan, teknik mesin serta teknik kelautan dan transportasi laut.

2. METODOLOGI

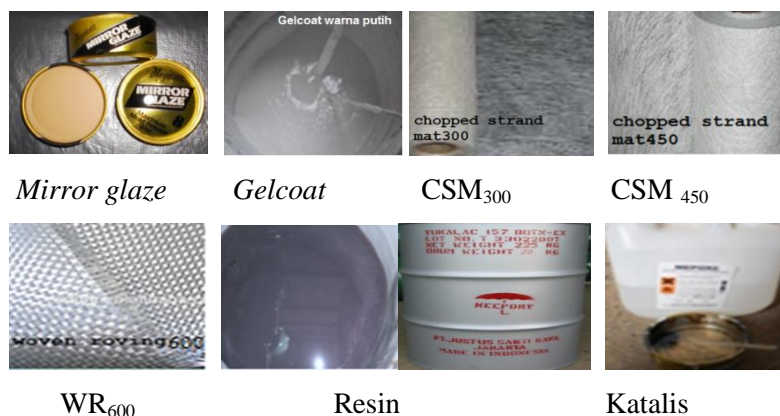
2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di galangan kapal fiber glass CV. Cisanggarung Putra Mandiri di Marunda Jakarta Utara sesuai Gambar 1, dengan kegiatan usaha di bidang pelayanan jasa produksi bangunan baru dan reparasi kapal berbahan fiber glass.

2.2 Bahan dan Alat

2.2.1 Bahan

Bahan fiber glass yang diperlukan untuk laminasi pelat pelat zona lambung sesuai desain, antara lain: *Mirror glaze*, *Gelcoat*, *Choped Strand Mat* 300 dan 450, *Woven Roving* 600, Resin polyester dan katalis, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Bahan fiber glass

2.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk membuat spesimen pelat uji antara lain roll baja, kuas roll, kuas tangan, gelas ukur, gayung, ember, masker kain, sarung tangan, majun, mesin gurinda potong, pahat, gunting, palu dan cutter, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Peralatan untuk membuat spesimen uji

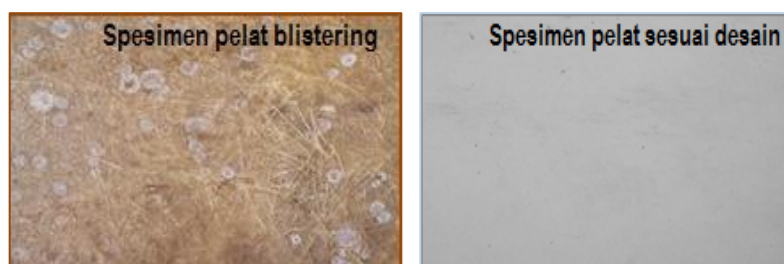
2.2.4 Survei ke Galangan Kapal

Survei ke galangan kapal fiber glass untuk menunjang pelaksanaan kegiatan penelitian meliputi antara lain:

- Mengikuti dan mengamati proses produksi dan perawatan kapal fiber glass.
- Dokumentasi dan mengamati kondisi *blistering* dan visual keretakan pelat zona lambung kapal fiber glass

2.2.5 Pembuatan Spesimen Uji

Pembuatan spesimen uji yang terdiri dari pelat zona lambung bangunan kapal, dilaminasi dengan jumlah layer disesuaikan dengan desain dan pengambilan pelat zona lambung di bawah garis air yang terdapat *blistering* (lepuh), dimana masing-masing dibentuk sesuai ukuran 150 x 100 x 7 mm, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 4.

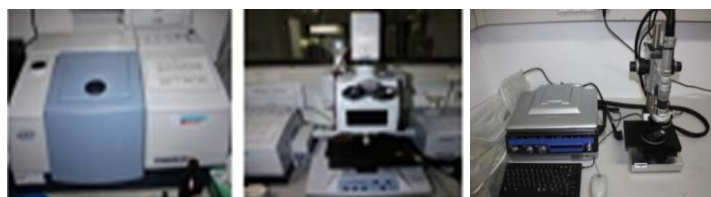


Gambar 4 Spesimen pelat *blister* dan pelat asli (sesuai desain)

2.2.6 Pengujian FTIR dan Morphology Analysis

Pengujian spesimen pelat zona lambung kapal masing-masing spesimen pelat yang telah mengalami *blister* dan spesimen pelat yang dilaminasi sesuai desain, dilakukan di laboratorium Sentra Teknologi Polimer (STP) – BPPT Gedung 460 Kawasan PUSPIPTEK Tangerang Selatan – Provinsi Banten yang telah terakreditasi ISO 9091 oleh CERT sebagai laboratorium pengujian polimer.

Pengujian dilaksanakan pada tanggal 01 – 09 Agustus 2016 berupa pengujian FTIR *microscope* menggunakan metode ATR (*Attenuated Total Reflectance*) sesuai standar uji ASTM E 1252-07 dan *Morphology Analysis* menggunakan *digital microscope* dengan peralatan mesin uji sesuai gambar 5.



Gambar 5 Peralatan mesin uji FTIR dan digital *microscope*

2.2.7 Parameter dan Kondisi Uji

Parameter dan kondisi uji spesimen pelat zona lambung fiber glass untuk analisis gugus fungsi dengan FTIR dan morphology analysis dengan digital *microscope* sebagaimana diperlihatkan pada tabel.1

Tabel.1 Parameter dan kondisi uji

Jenis Pengujian	Parameter Uji		Peralatan Uji
Analisa Gugus Fungsi dengan FTIR	Preparasi	Cutting	Tensor 27 coupled with Hyperion 2000 FTIR
	Metode	ATR	
Analisa Morfologi dengan Digital Microscope	Pembesaran	50X, 150 X	Digital Microscope Hirox KH 7700
		dan 350X	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengamatan di Galangan Kapal

Proses produksi dan pemeliharaan/perawatan *blistering* zona lambung kapal fiber glass, sebagaimana yang di perlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6 Proses produksi kapal fiber glass

Dalam hal ini, proses laminasi serat penguat fiber glass *Chopped Strand Mat* dan *Woven Roving* dengan resin polyester sebagai media pengikat dilakukan secara manual menggunakan kuas tangan dan kuas roll bulu (*hand lay up*) serta dilakukan di areal terbuka.



Gambar 7 Kondisi *blistering* dan perawatan zona lambung kapal fiber glass

Dalam hal ini zona lambung kapal yang mengalami *blistering* (lepuh) dibersihkan, di *wire brush*, bagian yang mengalami *pitting defect* didempul dan digrinding/dihaluskan kemudian dilakukan *gelcoat painting*. Galangan kapal fiber glass tidak ada yang melakukan pengukuran kelembaban pada zona lambung yang mengalami *blistering*.

3.2 Hasil Pengujian FTIR dan Morphology Analysis

Hasil pengujian spesimen pelat zona lambung *blister* bercak putih, *blister* non bercak, dan pelat asli dengan menggunakan FTIR dan *Morphology Analysis* dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.2.1 Hasil Pengujian FTIR

Hasil pengujian FTIR berupa identifikasi intensitas bilangan gelombang spesimen pelat zona lambung *blister* bercak putih, *blister* non bercak, dan pelat asli sesuai Tabel 2. yang mengacu pada referensi *hummel* no. 5430 *unsaturated polyester resin based on phtalate maleate polyester* (*Roskydal* 550).

Tabel 2 Hasil analisis gugus fungsi dengan FTIR

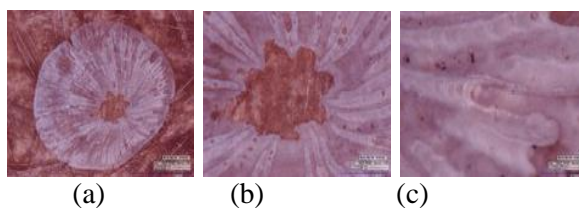
Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Keterangan
Plat Asli	Plat Blister (non bercak)	
(3061, 3028)	-	C-H olefin
(2924, 2853)	(2924, 2854)	CH ₂ /CH ₃ alifatik
1724	1722	C=O
-	1634	C=C atau C=O amida
(605, 1586)	1579	C=C aromatik
1495	1493	C=C aromatik
1452	1452	CH ₂
1379	1381	CH ₃
1289	-	Ar-O atau C-N atau C-O-C atau C-H
1236	1263	C-O
1154	-	C-O-C
1072	-	C-O-C
	1034	C-O-C
1005	-	CH=CH ₂
	913	CH=CH ₂
832	-	=C-H
760	-	Substitusi cincin aromatik (mono- substitusi atau di substitusi)
	743	Substitusi cincin aromatik (disubsti- tusi)
733	-	Substitusi cincin aromatik (mono- substitusi)
701	699	C-H aromatik
649	-	O-C=O atau C-OH atau C-C-CHO
	(bercak putih)	
	(1395,874,713)	Calcium carbonate (CaCO ₃), referensi Hummel no. 5430
		C-O
	(1795,1139,1084)	
	1649	C=C

3.2.2 Hasil Pengujian *Morphology Analysis*

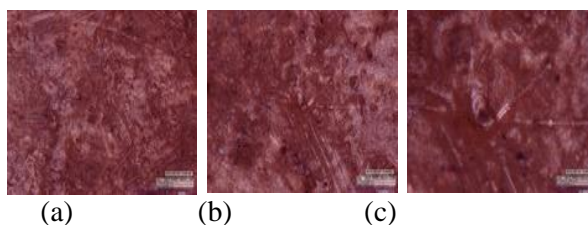
Hasil pengujian morphology analysis spesimen pelat zona lambung *blister* bercak putih, *blister* non bercak, dan pelat asli sebagaimana yang diperlihatkan pada Tabel 3 yakni melakukan pengamatan mikro struktur serat penguat fiber glass pada peralatan digital *microscope* dilakukan dengan pembesaran 50X, 150X dan 500X sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.

Tabel 3 Hasil analisis gugus fungsi dengan *morphology*

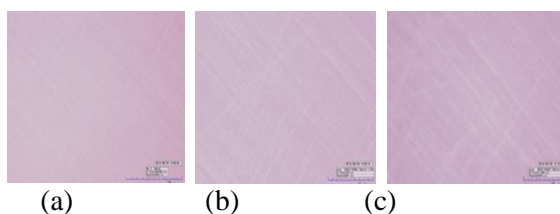
No	Jenis Uji	Analisis Gugus Fungsi	Hasil Analisis Morphology
1.	Sampel Pelat Asli	Aromatik polyester resin atau polyester resin dengan gugus aromatik	Halus
2.	Sampel Pelat <i>Blister</i> Non Bercak	Aromatik polyester resin atau polyester resin dengan gugus aromatik	Kasar, permukaan tanpak mmengalami kerusakan
3.	Sampel Pelat <i>Blister</i> Bercak Putih	Calcium carbonate (CaCO ₃)	Kasar, permukaan tanpak mengalami kerusakan/terdapat rongga



Gambar 8 Morphology sampel pelat *blister* bercak putih dengan perbesaran 50X (a), 150X (b) dan 350X (c)



Gambar 9 Morphology sampel plat *blister* non bercak dengan perbesaran 50X (a), 150X (b) dan 350X (c)



Gambar 10 Morphology sampel plat asli dengan Perbesaran 50X (a), 150X (b) dan 350X (c)

3.2.3 Hasil Analisis Keretakan Pelat Zona Lambung

Blistering (lepuh) yang menimbulkan *pitting defect* pada zona lambung kapal fiber glass adalah sebagai akibat dari proses produksi (laminasi serat penguat) dilakukan secara manual di

areal terbuka. Di sisi lain perawatan/pemeliharaan *pitting defect blistering* dilakukan dengan menutupi *pitting defect* dengan dempul, diratakan/dihaluskan dan *gelcoat painting*.

Sesuai hasil pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), terdapat perbedaan gugus fungsi pada sampel plat asli dan plat *blister* non bercak terlihat pada puncak 1722 cm^{-1} yang merupakan puncak untuk gugus C=O (karboksil), di mana pada sample plat *blister* non bercak puncak tersebut mengalami penurunan intensitas dibandingkan gugus karboksil pada sampel plat asli. Selain itu terdapat puncak tambahan pada sampel plat *blister* non bercak pada bilangan gelombang 1634 cm^{-1} yang merupakan gugus C=C, 1263 cm^{-1} yang merupakan gugus C-O dan pada bilangan gelombang 1034 cm^{-1} yang merupakan puncak untuk gugus fungsi C(sp³)-O. Perubahan puncak penurunan intensitas bilangan gelombang disebabkan karena reaksi hidrolisa terhadap gugus karboksil *acrylate* yang dapat membentuk senyawa karboksil lainnya sehingga puncak pada 1724 cm^{-1} mengalami pergeseran dan muncul pada daerah puncak sekitar 1722 cm^{-1} .

Sesuai hasil pengujian morphology, terlihat perbedaan signifikan pada permukaan sampel, dimana permukaan plat asli tampak sangat halus, sementara permukaan plat *blister* baik pada bagian bercak maupun non bercak sangat kasar dan tampak mengalami perubahan kerusakan yang signifikan dan terlihat terdapat rongga dalam serat penguat.

Kondisi ini mengindikasikan bahwa pelat zona lambung yang mengalami *blistering* telah terjadi peristiwa osmosis (peristiwa dimana terjadi penyerapan air laut kedalam serat penguat sehingga menyebabkan kandungan air dalam serat penguat menjadi tinggi yang kemudian akan membuat kerapuhan serat penguat dan hal ini yang akan menyebabkan pelat zona lambung dalam waktu tertentu (2 s/d 3) tahun mengalami kerusakan/keretakan sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 11 jika terjadi benturan dengan gelombang laut atau objek lain.



Gambar 11 Visual kerusakan/keretakan pelat zona lambung

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Produksi kapal fiber glass (laminasi serat penguat) dilakukan secara manual diareal terbuka, berpeluang terjadinya *air trap* dan menimbulkan *blistering*.
- Perawatan/pemeliharaan *pitting defect blistering* yang dilakukan di galangan kapal, menutupi *pitting defect* dengan dempul, diratakan/dihaluskan dan *gelcoat painting*. Tidak melakukan pengukuran kandungan air serat penguat sehingga hal ini berpeluang terjadi kegagalan dalam perawatan zona lambung kapal fiber glass.
- Terdapat penurunan gugus fungsi pada sampel plat asli dan plat *blister* non bercak terlihat pada puncak 1724 cm^{-1} menjadi 1722 cm^{-1} yang merupakan puncak untuk gugus C=O (karboksil), Selain itu terdapat puncak tambahan pada sampel plat *blister* non bercak pada bilangan gelombang 1634 cm^{-1} yang merupakan gugus C=C, 1263 cm^{-1} yang merupakan gugus C-O dan pada bilangan gelombang 1034 cm^{-1} yang merupakan puncak untuk gugus fungsi C(sp³)-O. Hal ini disebabkan karena adanya reaksi hidrolisa terhadap gugus karboksil *acrylate* yang dapat membentuk senyawa karboksil lainnya.
- Terdapat perbedaan signifikan pada permukaan sampel, dimana permukaan plat asli tampak sangat halus, sementara permukaan plat *blister* baik pada bagian bercak maupun non bercak

sangat kasar dan tampak mengalami perubahan kerusakan yang signifikan dan terlihat terdapat rongga dalam serat penguat.

- e. Pelat zona lambung yang mengalami blistering telah terjadi peristiwa osmosis sehingga menyebabkan kandungan air dalam serat penguat menjadi tinggi yang kemudian akan membuat kerapuhan serat penguat, dan dalam waktu tertentu (2 s/d 3) tahun[4] pelat zona lambung dapat mengalami kerusakan/keretakan jika terjadi benturan dengan gelombang laut atau objek lain.

5.2 Saran

- a. Untuk meminimalisir *air trap* yang dapat mengakibatkan terjadinya blistering maka dalam proses produksi kapal fiber glass, selain menggunakan kuas tangan dan kuas roll bulu untuk laminasi serat penguat agar menggunakan kuas roll baja untuk menekan serat penguat secara utuh dan sempurna.
- b. Untuk menghindari kerusakan/keretakan pelat fiber glass, lakukan pengukuran kandungan air pada areal blistering pelat zona lambung. Jika kandungan air serat penguat fiber glass telah melebihi ambang batas (10-12) % H₂O maka lakukan tindakan treatment berupa *crooping* atau penggantian pelat sesuai ketentuan Badan Klasifikasi.
- c. Jika galangan kapal tidak melakukan pengukuran kandungan air, maka *pitting defect blistering* sebelum didempul/ditutupi dibiarkan dahulu ± selama 1 (satu) minggu agar keberadaan air dalam serat penguat akibat dari peristiwa osmosis dapat keluar yang kemudian dibantu dengan proses pemanasan zona lambung dengan menggunakan lampu sorot.

DAFTAR PUSTAKA

- Alameda, S., Compton, S., 2011, *Fiberglass and Composite Material Design Guide*, Belgia
- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 2006, *Rules for Non Metallic Materials Part 1*, Jakarta
- Clegg, N., 2011, *A Short Guide to Osmosis and its Treatment*, Nederland
- Fecko, D., 2002, *Huntingdon, Optimized Racing Boat Design Using Uniquehigh Strenth Fiberglass, Advanced Glassfiber Yarns LLC*
- Ma'ruf, B., 2011, *A Study on Standardization of Fiberglass Ship's Hull Lamination Construction*, BPPT Jakarta.
- Marasabessy, A., 2014, Metode Perawatan yang Tepat kapal fiber glass, *Jurnal Bina Widya, Majalah Ilmiah UPN "Veteran" Jakarta*, ISSN 0853-2621, Volume 25 No.2, Jakarta
- Marasabessy, A., 2009, Desain Kapal Ikan Sederhana Fiber glass, *Jurnal Bina Widya, Majalah Ilmiah UPN "Veteran" Jakarta*, ISSN 0853-2621, Volume 20 No.3, Jakarta
- U.S.Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards, 2008, *Control Techniques Guidelines for Fiberglass Boat Manufacturing Materials*, USA
- West System, Inc., Bay City, 2006, *Fiberglass Boad Repair and Maintenance, 14th Edition*, Michigan, USA