

# Pengaruh *Coating Hydrophobic* terhadap Tingkat Penyerapan Air pada Material *Fiberglass*

Prima Mandana Achmadi dan Yuli Setiyorini

Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* yulisetiyorini@yahoo.com

**Abstrak**— Blister disebabkan oleh osmosis, di mana air laut menyusup ke dalam laminasi struktur fiberglass komposit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencegah osmosis dalam struktur fiberglass dengan menambahkan coating hydrophobic dengan lima variasi rasio dari dua monomer, yaitu TMOMS (hydrophobic) dan PAM (salinity resistant). Kelayakan coating diketahui dengan melakukan beberapa pengujian, antara lain uji penyerapan air dengan variasi temperatur 15°C, 30°C, dan 40°C dengan monitoring 1 bulan, 2 bulan, dan 3 bulan. Hasil analisa dan pengujian menunjukkan penambahan rasio TMOMS, sifat hydrophobic meningkat dan menurunkan tingkat penyerapan air. Untuk mengetahui ikatan gugus fungsi yang terbentuk, dilakukan uji FTIR sampel hasil coating, sedangkan efek coating terhadap sifat hydrophobicnya didapatkan dari hasil uji visual. Dari hasil keseluruhan pengujian, coating dapat bekerja mengurangi penyerapan air laut dan pencampuran antara TMOMS dan PAM berhasil.

**Kata Kunci**—fiberglass, hydrophobic, PAM, TMOMS

## I. PENDAHULUAN

Telah banyak penelitian mengenai penggunaan fiberglass dalam composite yang telah dilakukan oleh para peneliti, khususnya mengenai performa fiberglass dalam air. Hal ini dilakukan karena composite fiberglass sering diaplikasikan dalam struktur yang mengalami interaksi dengan air, misalnya aplikasi marine.

Penggunaan material *fiberglass* untuk aplikasi *marine* sangatlah menguntungkan karena *fiberglass* memiliki sifat tahan korosi dan ringan sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam bahan bakar, muatan, dan kecepatan karena kerja dari motor/mesin penggerak baling baling pendorong/kipas bekerja secara maksimal. Kapal fiber biasanya digunakan sebagai kapal Patroli, kapal pribadi, atau kapal untuk transportasi laut atau sungai. Penggunaan fiberglass untuk dunia industri laut atau biasa dikenal dengan FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) sudah berjalan sejak lama. Diawali pada tahun 1940an di Amerika, fiberglass digunakan sebagai material untuk kapal militer Amerika Serikat. Fiberglass digunakan untuk lambung kapal dengan meletakkan kain fiber pada bagian luar cetakan (*mold*) yang terbuat dari kayu dan mengecat resinnya. Untuk mengeraskannya, digunakan cahaya matahari karena saat itu belum ada teknologi katalis yang dapat mempercepat pengerasan dan penguatan atau biasa disebut dengan "*curing*" [1]. Saat ini, dengan adanya katalis maka pembuatan kapal dengan *fiberglass* jauh lebih cepat dan efisien.

Proses pembuatan kapal *fiberglass* yang paling umum adalah *hand lay-up process* dan *vacuum bag moulding process*[2]. Kualitas dari kapal *fiberglass* yang dihasilkan sangat bergantung pada tiga hal, yaitu :

1. Kualitas serat yang dipilih.
2. Tipe konstruksi
3. Kemampuan pekerja terhadap pembuatan kapal

Material fiberglass sebagai bahan utama untuk body perahu atau kapal memiliki sebuah kelemahan, yaitu sifat dari epoxy yang water resistant-nya tidak terlalu baik sehingga tidak dapat bekerja maksimal bila berada di dalam air terlalu lama. Hal ini adalah masalah yang biasa terjadi pada kapal yang terbuat dari fiberglass. Adanya air yang meresap masuk ke konstruksi laminasi ikatan fiberglass dengan resin akan menurunkan kekuatan dari kapal tersebut secara perlahan. Hal ini disebut dengan peristiwa osmosis. Sebuah penelitian yang dilakukan selama 15 tahun terhadap konstruksi laminasi fiberglass membuktikan bahwa osmosis yang berlangsung terus menerus dapat menyebabkan blister, yaitu timbulnya tonjolan-tonjolan pada permukaan laminasi [3]. Cepat lambatnya tingkat difusi dan terjadinya blister bergantung pada lapisan untuk finishing yang diberikan pada pembuatan kapal fiberglass, yaitu gel coat. Gel coat adalah gel yang berbahan dasar resin yang berfungsi untuk membuat kapal fiberglass menjadi terlihat glossy. Namun, gel coat memiliki kelemahan dimana material ini tidak tahan terhadap paparan sinar matahari dengan temperatur yang hangat dan mengandung uap air [4]. Air dapat masuk ke dalam laminasi karena air memiliki ukuran molekul yang sangat kecil sehingga mudah masuk. Melihat dari sifat dasar laminasi fiberglass yang menyerap air dan sensitif terhadap perubahan lingkungan disekitarnya, hal ini sangatlah mudah terjadi. Air yang menyerap masuk ke dalam laminasi fiberglass bersatu dengan chemical solution yang disebut dengan WSM atau Water Soluble Materials yang ada pada resin di gel-coat dan laminasi, yaitu seperti asam phthalics, glycol, dan styrene yang pada saat proses pengerasan belum 100% mengalami curing [5].

Problema utama mengapa pengerasan belum 100% karena kapal terlalu besar untuk diberi perlakuan "post curing" karena alasan ekonomi. Post curing dilakukan pada temperatur 80°C setelah initial curing di dalam cetakan agar polyester resin dapat curing sepenuhnya. Di dalam laminasi yang belum 100% curing terdapat 10%-15% polyester resin yang masih belum curing[6]. Pada saat air mulai masuk ke laminasi, air menyebabkan laminasi ekspansi dan menimbulkan tekanan



disekitarnya. Tekanan tersebut biasa disebut dengan osmotic pressure. Dengan adanya ekspansi dari laminasi dan tekanan, menyebabkan space yang memungkinkan untuk dimasuki air semakin besar dan terjadi proses selanjutnya, yaitu hidrolisis pada laminasi, oleh sebab itu menyebabkan blister atau delaminasi pada outer layer.

Blister ditandai dengan adanya tonjolan-tonjolan kecil yang bisa merata di bagian permukaan body fiberglass dan sifatnya terlokalisasi pada titik-titik tertentu saja. Timbulnya blister setelah kapal di-immersikan ke dalam air tidak dapat ditentukan secara pasti karena banyak faktor yang mempengaruhi cepat lambatnya dan besar kecilnya blister yang muncul. Jika proses pembuatan kapal sangat baik, blister akan tetap ada, namun muncul dalam jangka waktu yang cukup lama[7]. Proses manufaktur mempengaruhi proses adanya blister salah satu faktornya karena adanya fiberglass matt dibawah gelcoat menyebabkan serat menjadi bersifat capillaries untuk air bisa lebih mudah masuk ke laminasi akibat arah serat yang tidak beraturan dari CSM.

Atas dasar permasalahan ini, diperlukan adanya suatu lapisan pada konstruksi fiberglass yang dapat mencegah atau mengurangi penyerapan air pada fiberglass. Salah satu caranya adalah memberikan coating yang bersifat *hydrophobic*. *Hydrophobic* merupakan sifat yang dimiliki oleh beberapa material. Suatu material dikatakan bersifat hydrophobic apabila saat permukaannya dikenai air, maka tidak terjadi penyerapan kedalam material tersebut dan permukaan material tersebut tidak basah. Ketentuan dari suatu material digolongkan sebagai material yang *hydrophobic* adalah mengetahui sudut yang terbentuk antara permukaan dan air atau biasa disebut dengan *contact angle* ( $\theta$ )[8]. Material hydrophobic memiliki contact angle di atas  $90^\circ$ .

Pada penelitian ini, dipilih material yang bersifat hydrophobic, yaitu Silane. Silane merupakan ikatan monomer silikon dan oksigen yang dapat dipadukan (dicoupling) dengan polimer lain. Silane juga biasa disebut dengan Silane Coupling Agent yang bisa menghasilkan silane dengan sifat hydrophobic atau hydrophilic. Selain itu, silane coupling agent dapat memperkuat ikatan antara coating dan adhesive terhadap pengaruh kelembaban dan lingkungan. Jenis silane yang dipilih pada penelitian ini adalah Trimethoxymethylsilane (TMOMS), yaitu silane yang bersifat hydrophobic[8] yang dikombinasikan dengan material yang memiliki sifat ketahanan salinity yang bagus, yaitu Polyacrylamide (PAM). Polyacrylamide adalah polymer yang dapat larut dalam air dengan nama molekul  $C_3H_5NO$ [9].

## II. METODE PENELITIAN

### A. Material

Bahan yang dikombinasikan menggunakan produk dari Sigma Alrich-Singapore, antara lain Trimethoxymethylsilane (TMOMS) 95% produk yang bersifat hydrophobic dan Polyacrylamide (PAM) 50% dalam H<sub>2</sub>O dengan Molecular Weight (Mw) rata-rata 10.000 yang bersifat tahan lingkungan garam. Accelerator yang digunakan adalah Poly(Acrylic Acid) (AA) 35% dalam H<sub>2</sub>O dengan Molecular Weight (Mw) rata-rata 250000. Bahan coating ini diaplikasikan pada sampel

fiberglass composite berukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm dan 4 cm x 4 cm x 1 cm.

### B. Persiapan Coating

Untuk membuat *coating hydrophobic*, dilakukan pencampuran dengan variasi komposisi antara TMOMS dan PAM dengan variasi yang disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1.  
Kode coating berdasarkan komposisi ratio

Kode Coating	Solvent	Monomer		Accelerator
	Aquades (ml)	TMOMS (ml)	PAM (ml)	AA (ml)
0A100B	10	-	10	0.25
25A75B	10	2.5	7.5	0.25
50A50B	10	5	5	0.25
75A25B	10	7.5	2.5	0.25
100A0B	10	10	-	0.25

Langkah awal yang dilakukan adalah mencampurkan aquades dengan TMOMS komposisi yang sesuai dan diaduk selama 10 menit dengan kecepatan sedang menggunakan. Setelah homogen, ditambahkan monomer PAM dan accelerator AA sesuai variasi rasionya dan diaduk kembali dengan waktu dan kecepatan yang sama. Kemudian, coating dioleskan pada semua sisi sampel kecuali sisi bawah dan di-curing pada temperatur  $60^\circ\text{C}$  selama 10 menit. Lakukan pengolesan coating pada sisi yang bawah dan curing lagi pada temperatur dan waktu yang sama.

### C. Pengujian Water Absorption

Pada penelitian ini, perendaman sampel dilakukan untuk mensimulasi operasional dari kapal. Sampel dengan coating dan tanpa coating direndam seluruh permukaannya di air laut buatan NaCl 3% dengan volume 50 mL. Sampel direndam dalam gelas kaca yang kedap dengan disegel menggunakan parafilm seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 untuk menghindari penguapan. Pengamatan dilakukan guna mengetahui penyerapan air laut dan ketahanan terhadap air laut dengan pengaruh variasi temperatur  $15^\circ\text{C}$ ,  $30^\circ\text{C}$ , dan  $40^\circ\text{C}$  dan variasi durasi pengamatan selama 1 bulan, 2 bulan, dan 3 bulan. Standar pengujian ini berdasarkan standar ASTM D570[10].

### D. Pengujian FTIR

Uji FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) dilakukan pada range  $500\text{cm}^{-1}$  -  $4000\text{cm}^{-1}$ . Pengujian FTIR menunjukkan gugus fungsi apa saja yang terbentuk pada setiap sampel hasil coating. Pengujian ini dilakukan dengan Thermo Scientific-Nikolet iS10. Dalam uji FTIR, dianalisa pula bagaimana tren yang terbentuk dari komposisi coating.

### E. Uji Visual

Uji visual dilakukan sebagai pengganti pengujian contact angle untuk mengetahui sifat *hydrophobic*-nya. Pengujian dilakukan dengan water drop test menggunakan air yang sudah diberi pewarna pada enam sample fiberglass, yaitu sampel tanpa coating dan lima sampel yang sudah di coating dengan kelima variasi komposisi.

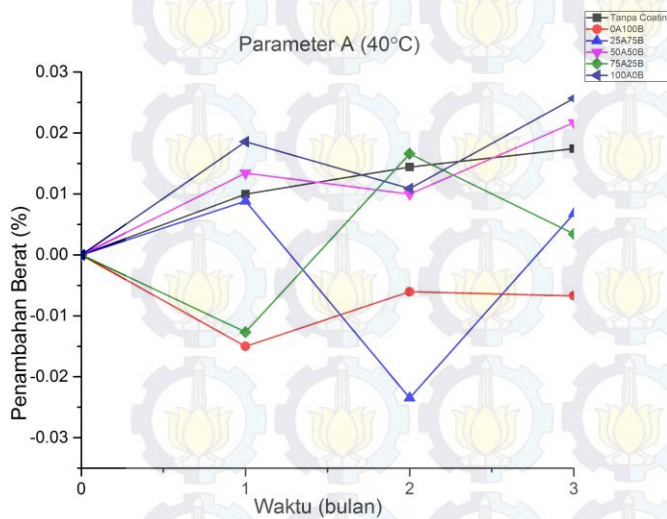


III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Water Absorption

Dari hasil uji water absorption dengan tiga parameter temperatur, dapat dilihat bahwa spesimen tanpa coating menyerap lebih banyak air laut seiring dengan berjalannya waktu. Sebagai perbandingan, spesimen yang diberi coating mengalami penurunan penyerapan air laut, meskipun tidak terjadi pada semua komposisi.

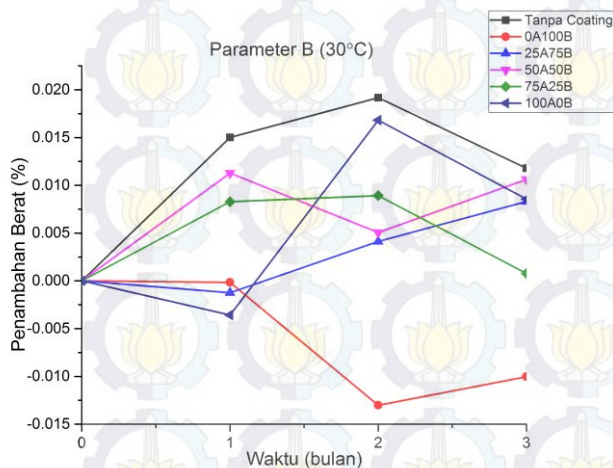
Pada parameter A (Temperatur 40°C) yang ditunjukkan pada gambar 1, spesimen dengan coating komposisi 100A0B



Gambar 1. Perbandingan hasil uji water absorption pada temperatur 40°C

dan 50A50B memiliki kecenderungan untuk menyerap lebih banyak air laut jika dibandingkan dengan spesimen tanpa coating. Spesimen dengan tiga komposisi lainnya, menunjukkan penurunan penyerapan air laut. Meskipun demikian, ketiga komposisi coating ini mengalami pengurangan massa sample. Hal ini terjadi karena polimer pada sampel pecah, keluar dari struktur komposit dan tertantakan oleh air [1].

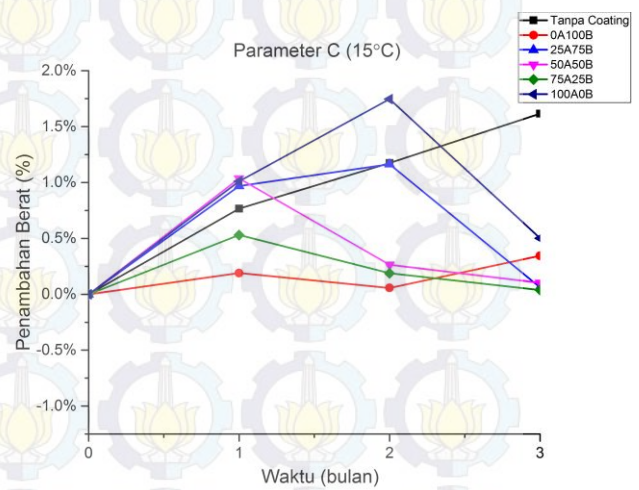
Gambar 2 menggambarkan perbandingan tingkat



Gambar 2. Perbandingan penambahan berat pada temperatur 30°C

penyerapan air laut pada parameter B (Temperatur 30°C). Semua sample dengan coating menunjukkan tingkat penyerapan dibawah sample tanpa coating. Penurunan penyerapan dan massa paling drastis dialami oleh sample dengan coating 0A100B. Tingkat penyerapan air dari sampel dengan coating 75A25B memiliki tren yang identik dengan spesimen tanpa coating dan menunjukkan penurunan penyerapan air laut dibandingkan tanpa coating.

Pada parameter C (Temperatur 15°C) yang diilustrasikan pada gambar 3 menunjukkan bahwa spesimen tanpa coating menunjukkan tren peningkatan seiring bertambahnya waktu.



Gambar 3. Perbandingan hasil uji water absorption pada temperatur 15°C

Komposisi 75A25B dan 0A100B menunjukkan penurunan tingkat penyerapan air. Namun, tiga komposisi lainnya menunjukkan kenaikan tingkat penyerapan air laut.

Dari uji absorpsi dapat disimpulkan bahwa tanpa coating, sample menyerap lebih banyak air, sedangkan jika dengan coating sample mengalami penurunan tingkat penyerapan air. Bisa dikatakan, komposisi yang memiliki performance terbaik adalah komposisi 75A25B.

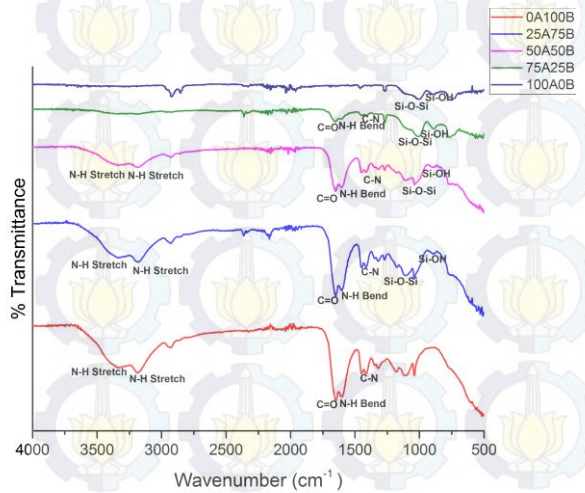
B. Uji FTIR

Uji FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dilakukan pada range 500 cm<sup>-1</sup> - 4000 cm<sup>-1</sup>. Pengujian FTIR menunjukkan gugus fungsi apa saja yang terbentuk. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada gambar 4.

Komposisi dengan kandungan 100% monomer A ditunjukkan pada grafik berwarna biru tua dalam komposisi 100A0B dan monomer B ditunjukkan pada grafik berwarna merah dalam komposisi 0A100B. Karakteristik yang membedakan antara kedua komposisi disajikan dalam tabel 2, dimana komposisi 100A0B menunjukkan gugus fungsi dari monomer A saja, salah satunya adalah Si-O-Si yang berada pada range 1130 cm<sup>-1</sup> - 1000 cm<sup>-1</sup> [11] dan komposisi 0A100B menunjukkan gugus fungsi dari monomer B saja, yaitu ikatan N-H stretch, C=O stretch, dan C-N stretch [12]. Pada komposisi campuran keduanya, semakin bertambahnya komposisi monomer B, maka makin banyak gugus dari monomer B yang muncul dan memiliki tren grafik FTIR yang sangat identik. Sebaliknya, semakin sedikit kandungan



monomer B, maka gugus fungsi yang muncul adalah dominasi dari monomer A seperti yang ditunjukkan pada komposisi 25A75B dan 75A25B.



Gambar 4. Perbandingan hasil uji FTIR

Tabel 2. Perbandingan FTIR Komposisi 100A0B dan 0A100B

Kode Coating	Wavenumber Range (cm-1)	Wavenumber Coating (cm-1)	Gugus Fungsi
100A0B	2935-2915	2920.30	C-H stretch
	2865-2845	2052.07	C-H stretch
	1470-1450	1454.35	C-H bend
	1275-1245	1264.38	Si-CH3
	1130-1100	1004.01	Si-O-Si
	950-810	887.68	Si-OH
	860-720	760.16	Si-C stretch
	3100-3500	3342.43	N-H stretch
	3100-3500	3189.17	N-H stretch
	0A100B	1690-1630	1647.68
1650-1590		1601.31	N-H bend
1448.78			C-H bend
1335-1250		1319.84	C-N bend
1335-1250		1039.99	C-N bend
1250			

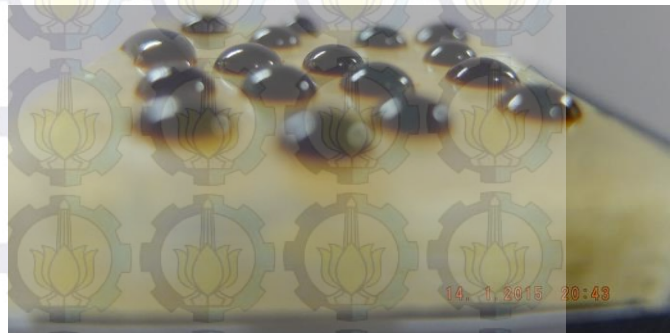
C. Uji Visual

Dari hasil uji visual didapatkan hasil dimana semakin besar dominasi monomer A, maka makin baik sifat hydrophobicnya. Perbedaan kontras sangat terlihat antara komposisi 100A0B dan 0A100B pada gambar 6 dan gambar 7. Pada sampel dengan coating 0A100B, bentuk water droplet hampir sama dengan sampel tanpa coating, sedangkan pada sampel dengan coating 100A0B terdapat water droplet dengan bentuk nyaris bulat. Pada sampel komposisi perpaduan keduanya, coating

75A25B menghasilkan *water droplet* yang hampir mirip dengan 100A0B. Semakin bulat hasil water droplet, maka makin besar contact angle yang terbentuk, hal ini menandakan sifatnya semakin hydrophobic[13]. Hal ini sekaligus menunjukkan bahwa hasil coating yang hydrophobicitynya paling baik adalah komposisi 75A25B seperti yang ditunjukkan pada gambar 10.



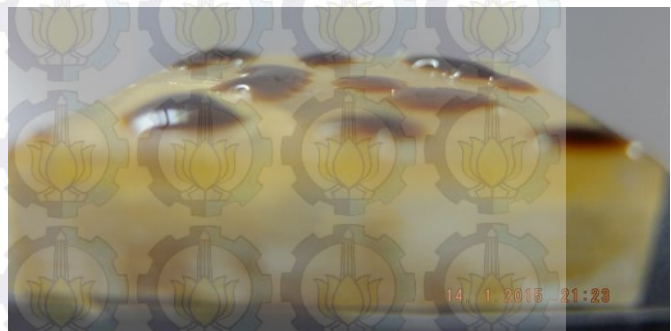
Gambar 5. Hasil uji visual pada sampel tanpa coating



Gambar 6. Hasil uji visual pada sampel coating 100A0B

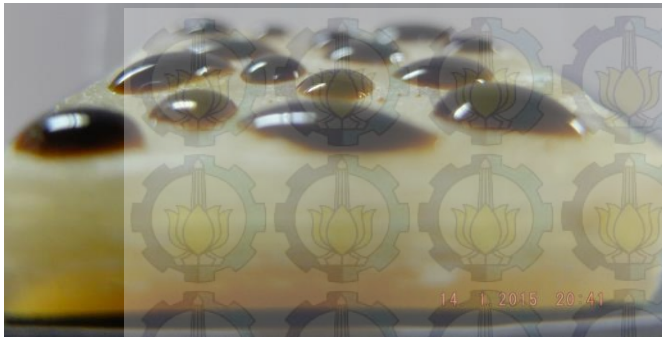


Gambar 7. Hasil uji visual pada sampel coating 0A100B

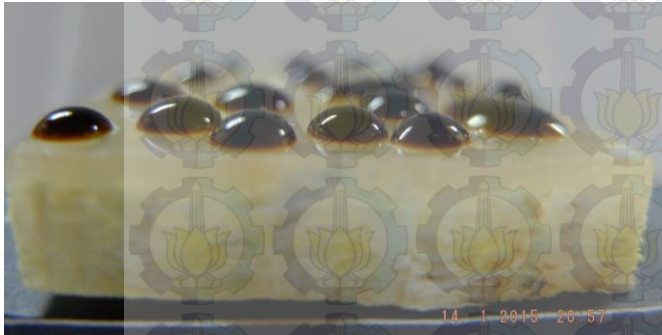


Gambar 8. Hasil uji visual pada sampel coating 25A75B





Gambar 9. Hasil uji visual pada sampel coating 50A50B



Gambar 10. Hasil uji visual pada sampel coating 75A25B

#### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Perpaduan Trimethoxymethylsilane (TMOMS) dan Polyacrylamide (PAM) telah berhasil dilakukan melalui bukti analisa komposisi kimia melalui uji FTIR. Dengan bertambahnya monomer A, maka sifat hydrophobic semakin baik yang ditunjukkan dari hasil uji visual dan uji water absorption. Dari keseluruhan hasil uji, komposisi yang dapat berkerja dengan baik adalah 75A25B.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis P.M.A mengucapkan terima kasih kepada Tuhan YME yang telah memberikan rahmat dan kebaikannya. Terima kasih kepada Biro Krasifikasi Indonesia (BKI) yang telah memberikan hibah dana untuk melakukan penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada segenap keluarga, teman-teman, dosen dan karyawan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, ITS atas motivasi, doa, dan dukungannya. Serta tak ketinggalan pacar penulis, Albertus Gian yang selalu menyediakan waktu dan memberi semangat kepada penulis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. K. Chawla, Composite Materials Science and Engineering, New York: Springer-Valeg, 2012.
- [2] K. d. P. Kepala Pusat Penyuluhan, "www.pusluh.kkp.go.id/index.php/.../1-gabung.pdf/," [Online]. [Accessed 2014].
- [3] I. Corporation, "A 15-Year Study of the Effective Use of

Permeation Barriers in Marine Composites to Prevent Corrosion and Blistering," Interplastic Corp., St.Paul,MN, 2006.

- [4] C. Bumgamer, "Blisters & Laminate Hydrolysis," Zahniser's Yachting Center, 2014.
- [5] B. Blomberg, OSMOSIS-Myth and Reality About Hydrolyse Blistering and Delamination in FRP Boat Hulls, 2000.
- [6] E. G. Associates, Marine Composites Second Edition, Annapolis: Eric Greene Associates, Inc., 1999.
- [7] N. Clegg, A Short Guide to Osmosis & its Treatments, Durham: The Manor House, 2006.
- [8] Shin-Etsu, "Silane Coupling Agents," Shin-Etsu Silicones, Tokyo, 2011.
- [9] [Online]. Available: [www.zlpam.com/wp-content/.../About-Polyacrylamide-Fact-Sheet.pdf](http://www.zlpam.com/wp-content/.../About-Polyacrylamide-Fact-Sheet.pdf). [Accessed 18 September 2014].
- [10] A. International, "Standard Test Method for Water Absorption of Plastics," ASTM International, West Conshocken, PA, 1999.
- [11] P. J. Launer, "Infrared Analysis of Organosilicon Compounds : Spectra-Structure Correlations," Laboratory For Materials, Inc, New York.
- [12] J. Coates, "Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach," John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 2000.
- [13] P. Hansson, "Hydrophobic Surfaces: Effect of Surface Structure on Wetting and Interaction Forces," YKI Publication, Stockholm, 2012.