



**LAPORAN TUGAS AKHIR TL-141584**

***COATING HYDROPHOBIC* SEBAGAI PENCEGAHAN  
OSMOSIS PADA MATERIAL *FIBERGLASS* UNTUK  
APLIKASI *MARINE MATERIALS*.**

Prima Mandana Achmadi  
NRP 2711 100 059

Pembimbing  
Yuli Setiyorini,ST.,M.Phil  
Dr. Agung Purniawan,ST.,M.Eng  
Dr.Eng, Fredhi Agung Prasetyo,ST.,M.Eng (BKI)  
Siti Komariyah,ST.,M.Si.(BKI)

**JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2015**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT REPORT TL-141584**

***HYDROPHOBIC COATING AS OSMOSIS PREVENTION  
FOR FIBERGLASS MATERIAL FOR MARINE  
MATERIALS APPLICATION.***

Prima Mandana Achmadi  
NRP 2711 100 059

Supervisors

Yuli Setiyorini, ST., M.Phil

Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng

Dr. Eng. Fredhi Agung Prasetyo, ST., M.Eng (BKI)

Siti Komariyah, ST., M.Si. (BKI)

**MATERIALS AND METALLURGICAL  
ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF  
TECHNOLOGY  
SURABAYA 2015**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**COATING HYDROPHOBIC SEBAGAI PENCEGAHAN  
OSMOSIS PADA MATERIAL FIBERGLASS UNTUK  
APLIKASI MARINE MATERIALS.**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**PRIMA MANDANA ACHMADI**  
NRP. 2711 100 059

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Yuli Setiyorini, ST., M.Phil  
(Pembimbing Utama)

Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng  
(Ko-Pembimbing I)

Dr. Eng. Fredhi Agung Prasetyo, ST., M.Eng  
(Ko-Pembimbing II)

Siti Komariyah, ST., M.Si.  
(Ko-Pembimbing III)

*Penelitian ini didanai oleh hibah penelitian BKI (Biro  
Klasifikasi Indonesia) 2014.*

**SURABAYA**  
**2015**



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

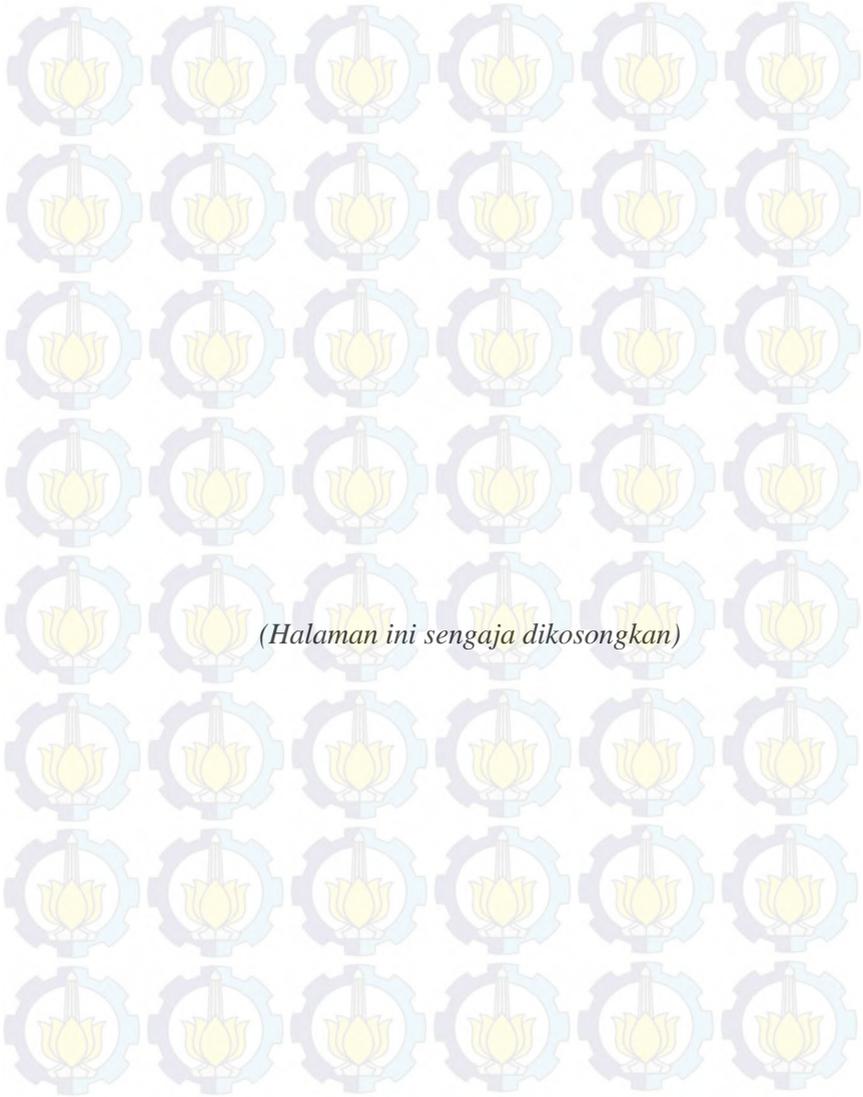
**COATING HYDROPHOBIC SEBAGAI PENCEGAHAN  
OSMOSIS PADA MATERIAL FIBERGLASS UNTUK  
APLIKASI MARINE MATERIALS.**

**Nama/NRP : Prima Mandana Achmadi / 2711100059**  
**Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi, FTI-ITS**  
**Pembimbing Utama : Yuli Setiyorini,ST.,M.Phil**  
**Ko-Pembimbing :**  
**Dr. Agung Purniawan,ST.,M.Eng**  
**Dr.Eng,Fredhi Agung P.,ST.,M.Eng (BKI)**  
**Siti Komariyah,ST.,M.Si. (BKI)**

**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, uji morfologi dengan SEM dan visual, serta analisis komposisi kimia dengan FTIR dan EDX, uji kekerasan, dan analisa termal dengan TGA/DSC. Hasil analisa dan pengujian menunjukkan penambahan rasio TMOMS, meningkatkan ketahanan termal dan sifat hydrophobic. Dari uji kekerasan menunjukkan bahwa perendaman fiberglass pada air laut dapat menurunkan kekerasan. Dari hasil keseluruhan pengujian, coating dapat bekerja mengurangi penyerapan air laut dan terbukti TMOMS dan PAM bercampur dengan baik.

**Kata kunci : blister, osmosis, fiberglass, hydrophobic,PAM,TMOMS**



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**HYDROPHOBIC COATING AS OSMOSIS PREVENTION  
FOR FIBERGLASS MATERIAL FOR MARINE  
MATERIALS APPLICATION.**

**Name/NRP : Prima Mandana Achmadi / 2711100059**  
**Departement : Materials and Metallurgical Engineering,  
FTI-ITS**  
**Supervisor : Yuli Setiyorini,ST.,M.Phil**  
**Co-Supervisor :**  
**Dr. Agung Purniawan,ST.,M.Eng**  
**Dr.Eng, Fredhi Agung P.,ST.,M.Eng (BKI)**  
**Siti Komariyah,ST.,M.Si. (BKI)**

**ABSTRACT**

Blister caused by osmosis, in which sea water seeping into the fiberglass composite laminate structure. The purpose of this study is to prevent osmosis in fiberglass structure by adding a hydrophobic coating with variation of ratios of the two monomers, namely TMOMS (hydrophobic) and PAM (salinity resistant). Feasibility of the coating are known by some testings, such as water absorption test with temperature variation 15°C, 30°C, and 40°C by 1 month , 2 months , and 3 months monitoring, morphology test by SEM and visual, as well as composition analysis chemistry with FTIR and EDX, hardness, and thermal analysis by TGA/DSC. Results of analysis and testing showed the addition of TMOMS ratio, increasing the thermal resistance and hydrophobic properties. Also determined that water absorption causes the hardness and stiffness of fiberglass decreased by hardness testing. From the overall results, the coating can reduce the absorption of seawater and proven TMOMS and PAM are well mixed .

***Keywords:blister, osmosis, fiberglass, hydrophobic, PAM, TMOMS***



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya persembahkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan bimbinganNya sehingga penulis mampu menyelesaikan proposal Tugas Akhir yang berjudul “*COATING HYDROPHOBIC* SEBAGAI PENCEGAHAN OSMOSIS PADA MATERIAL FIBERGLASS UNTUK APLIKASI *MARINE MATERIALS*”.

Proposal ini disusun untuk memenuhi syarat dalam mengambil mata kuliah Tugas Akhir. Tugas Akhir sendiri merupakan salah satu syarat agar memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Jurusan Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Kedua orang tua, keluarga, dan pacar atas doa, cinta, dan bantuan secara materi maupun moral selama ini.
2. Ibu Yuli Setiyorini,ST.,M.Phil sebagai dosen pembimbing yang berkenan memberikan arahan, masukan, dan pengalaman yang sangat berharga selama pengerjaan proposal ini.
3. Bapak Dr. Agung Purniawan,ST.,M.Eng sebagai ko-pembimbing yang berkenan membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Ibu Siti Komariyah,ST.,M.Si dan Bapak Dr.Eng, Fredhi Agung P.,ST.,M.Eng dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menerima dana beasiswa pengerjaan tugas akhir dan bersedia memberikan bimbingan.

5. Bapak Ir. Moch Farid, DEA. selaku dosen wali yang mendampingi saya selama menempuh perkuliahan di Jurusan Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

6. Bapak Dr. Sungging Pintowantoro, S.T., M.Sc selaku ketua jurusan Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

7. Karyawan dan karyawanwati Jurusan Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah sabar dalam memberikan arahan selama pengerjaan proposal ini.

8. Serta teman-teman seperjuangan yang membuat penulis terus bertahan dan berjuang untuk mengejar cita-cita dari penulis.

Penulis sadar bahwa proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan butuh perbaikan. Bagaimanapun, penulis berharap bahwa pengetahuan dan data yang tertulis disini mampu menjadi hal yang berguna untuk perkembangan bangsa. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis.

Surabaya, September 2014

Penulis



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Fiberglass .....	7
2.2 Fiberglass untuk aplikasi <i>marine</i> .....	9
2.2.1 <i>Hand Lay Up Process</i> .....	10
2.2.2 <i>Vacuum Bag Process</i> .....	13
2.2.3 Spesifikasi Material Fiberglass untuk Kapal Kelas BKI.....	16
2.3 <i>Blister</i> .....	17
2.3.1 Difusi Air Pada Laminasi Fiberglass .....	20
2.3.2 Tegangan pada laminasi fiberglass .....	21
2.4 <i>Hydrophobic</i> .....	27
2.5 Silane.....	30
2.6 PAM(Poly-Acrylamide).....	31
2.7 Standar Pengujian.....	32
2.7.1 Standar Uji Penyerapan Air (ASTM D570).....	32
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	35
3.2 Bahan Penelitian.....	36
3.3 Peralatan Penelitian.....	37
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	38
3.4.1 Preparasi Perendaman Sampel.....	38
3.4.2 Preparasi Coating.....	41
3.5 Analisis.....	41
3.5.1 Pengujian Hasil Coating.....	41
3.5.2 Pengujian Water Absorption.....	43
3.5.2 Pengujian Sampel.....	41
3.6 Rancangan Penelitian.....	45
<b>BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Analisa Komposisi Kimia .....	47
4.1.1 Uji FTIR.....	47
4.1.2 Uji EDX.....	51
4.1.3 Uji DSC.....	57
4.2 Analisa <i>Thermal Stability</i> dengan uji TGA.....	59
4.3 <i>Water Absorption Test</i> .....	61
4.4 Analisa Morfologi .....	64
4.4.1 Uji SEM .....	64
4.4.2 Uji Visual .....	70
4.5 Uji Kekerasan.....	73
<b>BAB V. KESIMPULAN</b>	
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xxiii</b>



## DAFTAR TABEL

2.1 Perbandingan Komposisi pada Fiberglass.....	8
2.2 Perbandingan Antara E-Glass dan S-Glass .....	8
2.3 Standar mechanical properties .....	17
3.1 Kode coating berdasarkan variasi rasio .....	39
4.1 Gugus Fungsi hasil uji FTIR .....	48
4.2 Perbandingan nilai kekerasan pada sampel coating 75A25B .....	73



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

1.1(a) Contoh Kerusakan <i>Blister</i> .....	1
1.1(b) Blister Tampak Lebih Dekat.....	1
1.2 Delaminasi pada Body Kapal Fiberglass.....	2
2.1 Cetakan Lambung Kapal .....	12
2.2 Cetakan lambung yang sudah dipolish .....	12
2.3 Melapisi dengan thin plastic sheet .....	12
2.4 Saat proses laminasi .....	12
2.5 Pemasangan tulang fiber .....	12
2.6 Pelepasan body yang sudah jadi dari cetakan .....	12
2.7 Finishing .....	12
2.8 Hasil yang sudah jadi .....	12
2.9 Skema pengerjaan dengan proses hand lay up .....	13
2.10 Persiapan cetakan .....	15
2.11 Perisapan vacuum bag .....	15
2.12 Pemasangan Tulangan .....	15
2.13 Finishing .....	15
2.14 Kapal hasil vacuum process .....	15
2.15 Laminasi yang mengalami <i>osmotic pressure</i> .....	20
2.16 Struktur laminasi dari FRP : Layer A =Gel Coat, Layer B=Interlayer, Layer C= Substrat Laminasi (Laminate Substrate).....	23

2.17 Finite Element Modeling pada bagian lambung yang mengalami blister .....	24
2.18(a) Perbedaan hydrophobic .....	27
2.18(b) Perbedaan hydrophilic .....	27
2.19 Daun lotus yang bersifat hydrophobic.....	28
2.20 Daun padi dan sayap kupu-kupu yang bersifat hydrophobic .....	28
2.21 Contact angle hydrophobic dan superhydrophobic .....	29
2.22 Pasangan silane dengan senyawa organik(Organosilane) .....	31
3.1 Sampel fiberglass yang belum dipotong .....	36
3.2 Sampel fiberglass yang sudah dipotong .....	36
3.3 Sampel yang sudah di preparasi .....	38
3.4 Sampel di temperatur 15°C .....	40
3.5 Sampel di temperatur 30°C .....	40
3.6 Sampel di temperatur 40°C .....	40
4.1 (a) EDX dari komposisi 100A0B .....	53
4.1 (b) EDX dari komposisi 0A100B .....	53
4.2 (a) EDX komposisi 25A75B tanpa perendaman .....	54
4.2 (b) EDX komposisi 25A75B pada temperature 40°C .....	54
4.2 (c) EDX komposisi 25A75B pada temperature 30°C .....	54
4.2 (d) EDX komposisi 25A75B pada temperature 15°C .....	54
4.3 (a) EDX komposisi 50A50B tanpa perendaman .....	55
4.3 (b) EDX komposisi 50A50B pada temperature 40°C .....	55

4.3 (c) EDX komposisi 50A50B pada temperature 30°C	55
4.3 (d) EDX komposisi 50A50B pada temperature 15°C	55
4.4 (a) EDX komposisi 75A25B tanpa perendaman	56
4.4 (b) EDX komposisi 75A25B pada temperature 40°C	56
4.4 (c) EDX komposisi 75A25B pada temperature 30°C	56
4.4 (d) EDX komposisi 75A25B pada temperature 15°C	56
4.5 (a) SEM sampel tanpa perendaman dari komposisi 0A100B	67
4.5 (a) SEM sampel tanpa perendaman dari komposisi 0A100B	67
4.5 (b) SEM sampel tanpa perendaman dari komposisi 100A0B	67
4.5 (c) SEM sampel tanpa perendaman dari komposisi 25A75B	67
4.5 (d) SEM sampel tanpa perendaman dari komposisi 50A50B	67
4.5 (e) SEM sampel tanpa perendaman dari komposisi 75A25B	67
4.6 (a) SEM sampel terendam dari komposisi 25A75B pada temperatur 40°C	68
4.6 (b) SEM sampel terendam dari komposisi 25A75B pada temperatur 30°C	68
4.6 (c) SEM sampel terendam dari komposisi 25A75B pada temperatur 15°C	68

4.7 (a) SEM sampel terendam dari komposisi 25A75B pada temperatur 40°C .....	68
4.7 (b) SEM sampel terendam dari komposisi 25A75B pada temperatur 30°C .....	68
4.7 (c) SEM sampel terendam dari komposisi 25A75B pada temperatur 15°C .....	68
4.8 (a) SEM sampel terendam dari komposisi 75A25B pada temperatur 40°C .....	69
4.8 (b) SEM sampel terendam dari komposisi 75A25B pada temperatur 30°C .....	69
4.8 (c) SEM sampel terendam dari komposisi 75A25B pada temperatur 15°C .....	69
4.9 (a) Uji Visual pada sampel tanpa coating .....	72
4.9 (b) Uji Visual pada sampel 100A0B .....	72
4.9 (c) Uji Visual pada sampel 0A100B .....	72
4.9 (d) Uji Visual pada sampel 25A75B .....	72
4.9 (e) Uji Visual pada sampel 50A50B .....	72
4.9 (f) Uji Visual pada sampel 75A25B .....	72



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Negara Indonesia adalah negara maritim yang sangat besar. Kebutuhan akan kapal, perahu, dan jasa laut lainnya sangatlah tinggi. Sebagian besar kapal dan perahu Indonesia memakai bahan yang saat ini cukup konvensional, yaitu baja dan kayu. Namun, kedua material tersebut makin lama akan semakin habis sehingga perlu adanya material alternatif, yaitu composite material. Dewasa ini kebutuhan atas material yang ringan, kuat, mudah didapat, murah, dan mudah perawatannya sangatlah *highly demanded*, sehingga *composite material* adalah jawaban yang tepat sebagai material pengganti baja pada perahu. (Krisnan 30/10/2011, [www.boatindonesia.com](http://www.boatindonesia.com))

Dalam aplikasi maritim, kapal yang terbuat dari fiberglass umumnya merupakan type kapal cepat, misalnya kapal yang digunakan sebagai kapal patroli, kapal pribadi (yacht), kapal transportasi sungai, dan kapal ikan. Pemilihan fiberglass pada kapal- kapal ini adalah untuk mengejar properties yang ringan dan cukup kuat, sehingga mesin penggerak dapat bekerja maksimal. Fiberglass yang digunakan adalah jenis E-Glass. Dalam komposit, serat E-Glass berlaku sebagai penguat untuk menunjang sifat mekaniknya dan ditambahkan dengan resin untuk kekakuan bentuk dan kedap air. Resin yang digunakan adalah epoxy. (Miller 2000)

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. Lapisan untuk finishing yang diberikan pada pembuatan kapal fiberglass adalah *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. (Rockett 1987)

Kerusakan pada kapal fiberglass akibat meresapnya air biasa disebut dengan '*blistering*', dimana timbul bercak atau tonjolan pada body kapal seperti yang terlihat di gambar 1.1(a) yang sering kali tidak disadari karena berawal dari ukuran yang cukup kecil. Jika dilihat lebih detail, blister akan nampak seperti gambar 1.1 (b)



Gambar 1.1 (a) Contoh kerusakan blister (b) Blister Tampak Lebih Dekat  
(sumber : google.com)

Jika *blister* semakin parah, maka kekuatan kapal fiberglass tersebut akan semakin menurun dan yang paling fatal adalah terjadinya delaminasi dari konstruksi body kapal seperti pada gambar 1.2.



Gambar 1.2 Delaminasi pada body kapal fiberglass(sumber [http://www.yachtsurvey.com/Fiberglass\\_Boats.htm](http://www.yachtsurvey.com/Fiberglass_Boats.htm))

Selain berasal dari sifat asli dari resin polyester, blister juga dapat disebabkan oleh kualitas pembuatan kapal yang kurang baik dimana proses curing yang kurang sempurna di sela-sela laminasi, menyebabkan adanya reaksi antara air laut yang meresap dengan resin.

Penelitian ini bermaksud untuk dapat mengatasi dan mencegah permasalahan dalam kapal fiberglass dengan membuat suatu coating untuk lapisan terluar pada fiberglass agar lapisan terluar bersifat water proof atau hydrophobic menggunakan material dasar trimethoxymethylsilane (TMOMS) yang hydrophobic dengan polymer yang bersifat tahan terhadap air laut, yaitu PAM.

### 1.2 Rumusan masalah

Bagaimana pengaruh variasi rasio TMOMS dan PAM terhadap performa coating?

### 1.3 Batasan masalah

Untuk menganalisa masalah pada penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu:

1. Ketebalan pelapisan hasil *coating* diabaikan.
2. Semua parameter fisik air laut (misal: ph, gaya hidrodinamis, adanya biota laut) diabaikan.



#### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui komposisi rasio optimal *coating*.
2. Mengetahui ketahanan *coating* terhadap lingkungan air laut.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian adalah menciptakan material baru (*coating*) untuk mencegah terjadinya *blister* akibat osmosis pada kapal fiberglass.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika tugas akhir ini terbagi dalam lima bab, yaitu :

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan hasil penelitian.

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang teori-teori dari literatur yang berhubungan dan menunjang analisa permasalahan dalam penelitian ini.

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi rancangan penelitian, prosedur pelaksanaan, spesifikasi peralatan dan material uji.

##### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi data-data yang diperoleh selama penelitian, pembahasan dari data yang diperoleh sesuai dengan permasalahan yang ditetapkan pada penelitian.

##### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

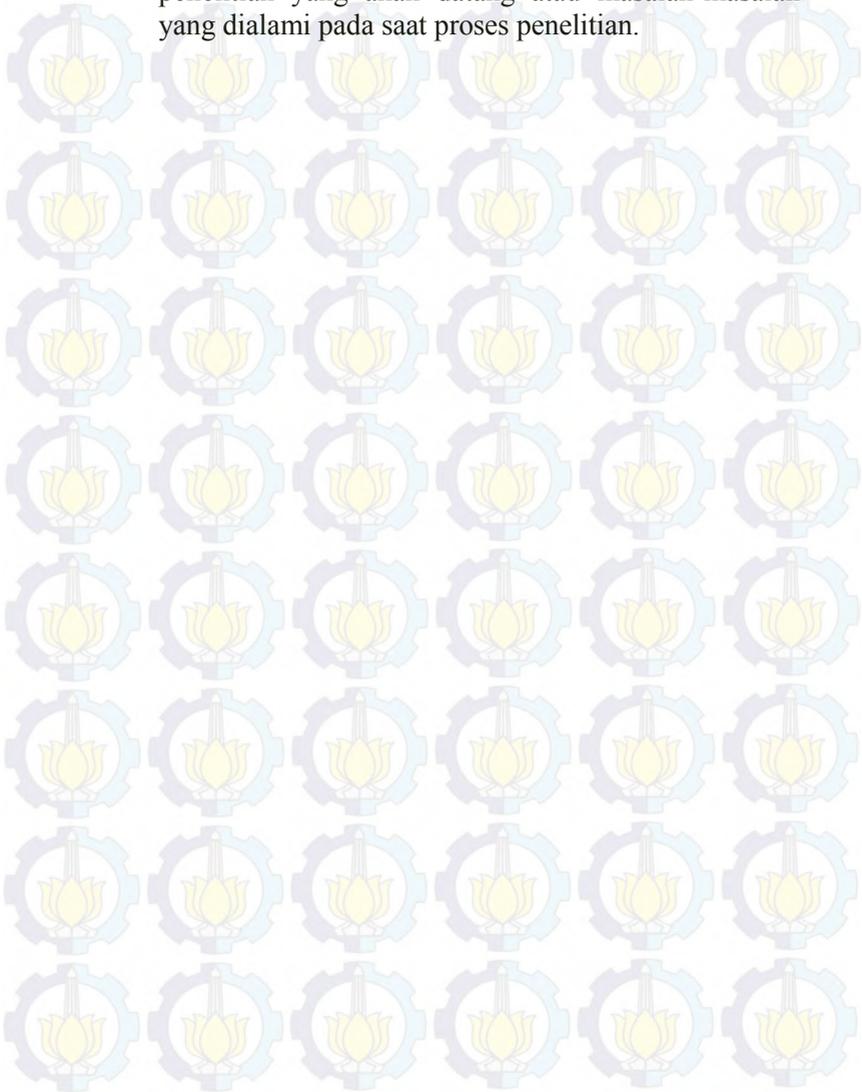
Bab ini berisi kesimpulan dari data-data yang diperoleh dan merupakan jawaban dari permasalahan penelitian.

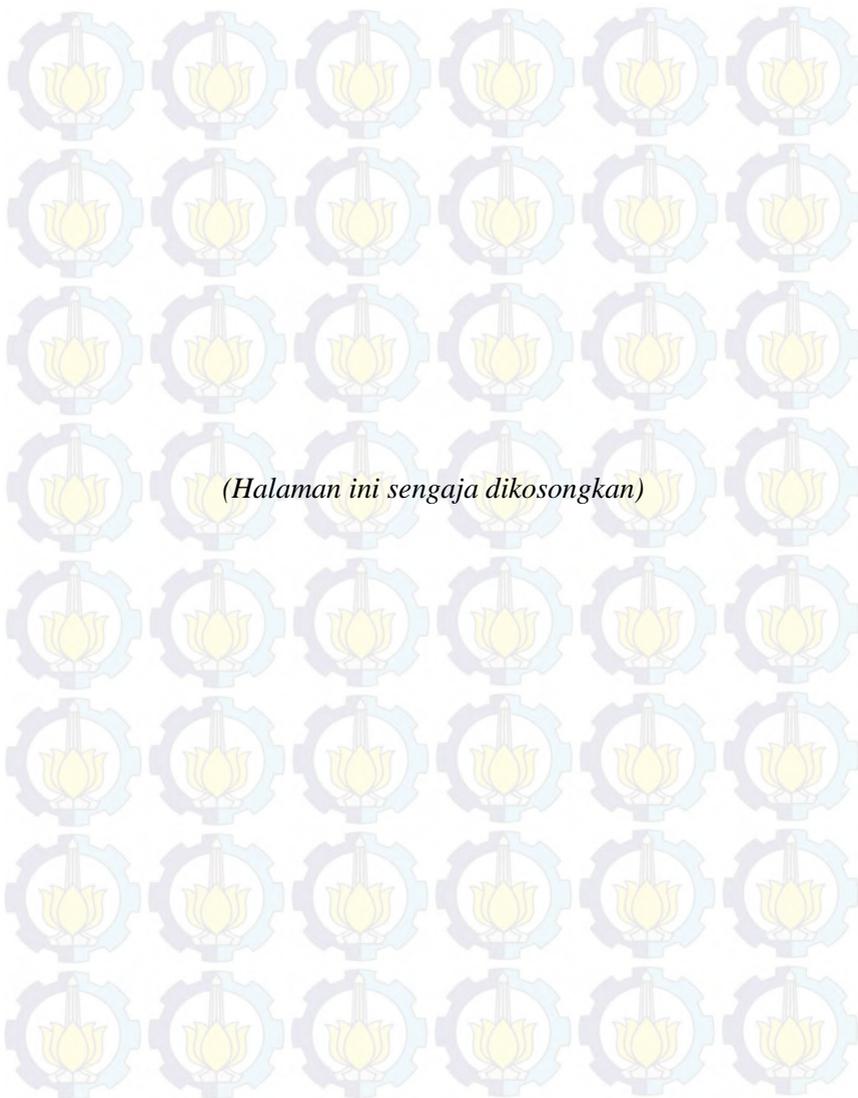


Laporan Tugas Akhir  
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

---

Disertai dengan hal-hal yang sebaiknya dilakukan pada penelitian yang akan datang atau masalah-masalah yang dialami pada saat proses penelitian.







## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Fiberglass*

Glassfiber atau *fiberglass* adalah nama generic pada fiber yang komponen utamanya adalah glass. Mayoritas dari *fiberglass* adalah *silica based* karena mengandung 50-60% silica dan mengandung oksida lain dari kalsium, boron, sodium, aluminium, dan besi seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1. (Chawla,8)

Di pasaran, *fiberglass* dijual dengan tiga jenis fiber, yaitu E-Glass, C-Glass, dan S-Glass. Dimana E-Glass adalah kepanjangan dari *Electrical* karena memiliki sifat insulator yang baik terhadap listrik dengan kekuatan dan keuletan yang baik. Sedangkan C-Glass adalah kepanjangan dari *Corrosion* karena memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi kimia, dan S-Glass menandakan fiberglass tersebut memiliki kandungan silica yang lebih tinggi (*Higher Silica Content*). Meskipun demikian, 90% dari produksi fiberglass adalah E-Glass. Pada umumnya, *fiberglass* memiliki diameter antara 3-20  $\mu\text{m}$ . (Chawla,8)

Karakteristik dari *fiberglass* terletak pada permukaannya (*surface*). Permukaan dari *fiberglass* sangatlah rentan karena jika terjadi kerusakan pada permukaan (*surface flaw*) sedikit saja, akan langsung mempengaruhi kekuatan dari keseluruhan laminasi akan berpengaruh. Permukaan dari *fiberglass* sangat rentan terhadap perubahan lingkungan sehingga kekuatan dari lapisan luar laminasi akan melemah karena berkurangnya kekuatan ikat dari *fiberglass* dengan matrix. Karakteristik lain pada *fiberglass* ada pada strukturnya. *Fiberglass* memiliki struktur yang *amorphous* atau struktur kristalnya tidak teratur. (Callister 2007,597)



Tabel 2.1 Perbandingan Komposisi pada Fiberglass

<b>Perbandingan Komposisi Kimia dalam wt%</b>			
<b>Komposisi</b>	<b>E-Glass</b>	<b>C-Glass</b>	<b>S-Glass</b>
SiO <sub>2</sub>	55.2	65	65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8	4	25
CaO	18.7	14	-
MgO	4.6	3	10
Na <sub>2</sub> O	0.3	8.5	0.3
K <sub>2</sub> O	0.2	-	-
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.3	5	-

Tabel 2.2 Perbandingan Antara E-Glass dan S-Glass

<b>Jenis Fiberglass</b>	<b>Diameter (μm)</b>	<b>Densitas (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Modulus Elastisitas(Gpa)</b>	<b>Tensile Strength (Gpa)</b>
E-Glass	7	2.54	70	3.45
S-Glass	15	2.5	86	4.5

E-Glass banyak digunakan dalam aplikasi industri karena memiliki densitas yang cukup rendah sehingga beratnya ringan dengan kekuatan yang cukup tinggi. Meskipun demikian, Young modulusnya tidak terlalu tinggi dimana menunjukkan bahwa keuletannya rendah seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2. Selain itu, secara komersial fiberglass harganya terjangkau sehingga dapat menghemat biaya produksi. Dalam industri, fiberglass tersedia dalam berbagai variasi,



antara lain chopped fibers, continuous strands, roving (sudah dipintal), dan woven (sudah dianyam).

*Fiberglass* umumnya digunakan sebagai komponen dari *body* alat transportasi seperti kapal feri, perahu nelayan, dan pelampung. Selain itu juga banyak digunakan untuk material perpipaan, *storage containers*, dan *industrial floorings*. *Fiberglass* dapat digunakan sebagai material *storage containers* karena temperatur kerja dari *fiberglass* cukup tinggi, yaitu dibawah 200°C. Selain temperatur kerja, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan *fiberglass*, yaitu tingkat kelembaban pada lingkungan karena kelembaban dalam komponen atau laminasi *fiberglass* dapat menurunkan kekuatannya dan juga beban *fatigue* karena *fiberglass* cukup lemah dalam menahan beban dalam jangka waktu yang lama. (Callister 2007, 598)

## **2.2 *Fiberglass* untuk Aplikasi *Marine***

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*“ . Saat ini, dengan adanya katalis maka pembuatan kapal dengan *fiberglass* jauh lebih cepat dan efisien.

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.

Proses pembuatan kapal *fiberglass* yang paling umum adalah *hand lay-up process* dan *vacuum bag moulding process*. 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

### **2.2.1 Hand Lay Up Process**

Proses *hand lay up* adalah cara yang paling dasar atau sederhana dalam proses pembuatan kapal fiberglass dan cukup umum di Indonesia. Dalam pembuatan kapal *fiberglass*, selain resin dan fiberglass diperlukan beberapa bahan untuk meningkatkan kualitas dari kapal tersebut. Berikut adalah tahapan- tahapan dalam proses *hand lay up* (Gambar 2.1- 2.9) (Modul,2014)

1. Membuat  *mold* atau cetakan dari lambung kapal dengan kayu dan tripleks.
2. Melumasi  *mold* yang sudah jadi dengan  *polish* agar tidak ada polymer yang lengket di  *mold*.
3. Melapisi mold dengan  *thin plastic sheet* (lapisan plastik tipis) di permukaan bawah dan atas mold.
4. Melakukan laminasi pertama dengan fiberglass jenis  *Chopped Strand Mats (CSM)*.



5. Menambahkan thermosetting resin dengan hardener dan diratakan dengan *brush* (kuas roll).
6. Melakukan laminasi kedua dengan serat kasar (*roving*). Dan diratakan lagi dengan *brush* (kuas roll) supaya tidak ada udara yang terjebak diantaranya.
7. Melakukan laminasi ketiga, yaitu dengan dengan CSM lagi.
8. Melapisi semua lapisan dengan minyak resin yang telah dicampur dengan katalis. Pelapisan dilakukan dengan kuas roll.
9. Menunggu proses *curing* dari lambung kapal.
10. Memberi tulangan fiber pada lambung kapal untuk memberikan kekuatan lebih serta memasang plat fiber untuk lantainya.
11. Body kapal yang sudah jadi dilepas dari cetakan.
12. Melakukan finishing berupa pengecatan dan pendempulan.



## Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi



Gambar 2.1 Cetakan lambung kapal  
(sumber : Modul/Materi Penyuluhan,  
Kelautan,dan Perikanan)



Gambar 2.2 Cetakan lambung yang sudah  
dipolish  
(sumber : Modul/Materi Penyuluhan,  
Kelautan,dan Perikanan)



Gambar 2.3 Melapisi dengan *thin plastic sheet*  
(sumber : Triaxis Composites)



Gambar 2.4 Saat proses laminasi  
(sumber : Modul/Materi Penyuluhan,  
Kelautan,dan Perikanan)



Gambar 2.5 Pemasangan tulang fiber  
(sumber : Modul/Materi Penyuluhan,  
Kelautan,dan Perikanan)



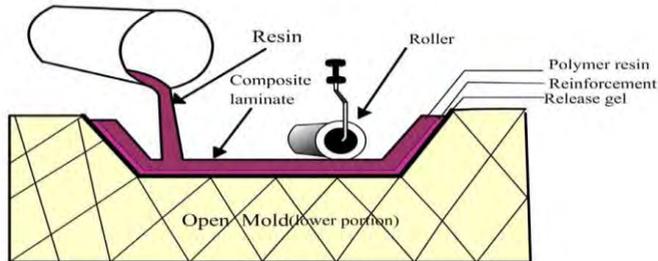
Gambar 2.6 Pelepasan body yang sudah  
jadi dari cetakan  
(sumber : Triaxis Composites)



Gambar 2.7 Finishing  
(sumber : Triaxis Composites)



Gambar 2.8 Hasil yang sudah jadi  
(sumber : Triaxis Composites)



Gambar 2.9 Skema pengerjaan dengan proses hand lay up  
(sumber : [nptel.ac.in/courses/112107085/module5/lecture4/lecture4.pdf](http://nptel.ac.in/courses/112107085/module5/lecture4/lecture4.pdf))

### 2.2.2 Vacuum Bag Process

Proses vacuum bag adalah penyempurnaan dari hand lay up process. Prinsip dari metode ini adalah melakukan proses laminasi dengan mengvakum-kan lingkungan curing agar tidak ada udara yang terjebak saat curing. Hasil dari vacuum bag curing lebih terukur dan lebih mudah untuk dikontrol karena adanya lingkungan vakum tersebut sehingga faktor udara dan debu bisa dieliminasi. Berikut adalah proses pembuatan kapal dengan metode *vacuum bag* (Gambar 2.10-2.14). (Triaxis,2013)

1. Membuat *mold* atau cetakan semi permanent dari lambung kapal dengan kayu dan tripleks.
2. Melumasi *mold* yang sudah jadi dengan *polish* agar tidak ada polymer yang lengket di *mold*.
3. Memasukkan *fiberglass mat*.
4. Memasang *vacuum sealant* sisi diujung-ujungnya
5. Menyiapkan *vacuum bag* dan disegel dengan rapat.
6. Memasukkan resin, hardener kedalam vacuum bag



7. Menunggu waktu curing
8. Memberi tulangan fiber pada lambung kapal untuk memberikan kekuatan lebih serta memasang plat fiber untuk lantainya.
9. Body kapal yang sudah jadi dilepas dari cetakan.
10. Melakukan finishing berupa pengecatan dan pendempulan



Gambar 2.10 Perisapan cetakan  
(sumber : Triaxis Composites)



Gambar 2.11 Perisapan vacuum bag  
(sumber : Triaxis Composites)



Gambar 2.12 Pemasangan Tulangan  
(sumber : Triaxis Composites)



Gambar 2.13 Finishing  
(sumber : Triaxis Composites)



Gambar 2.14 Kapal hasil *vacuum process*  
(sumber : Triaxis Composites)



### 2.2.3 Spesifikasi Material Fiberglass untuk Kapal Kelas BKI

Material fiberglass yang digunakan dalam bangunan kapal kelas BKI harus sesuai dengan persyaratan pada *Rules for Non-Metallic Materials*. Persyaratan tersebut menyangkut ketentuan tentang pabrik yang memproduksi material fiber, *material properties*, pengujian untuk resin, fiber maupun laminasinya dan penyimpanannya.

Gelcoat dan topcoat resin yang digunakan dalam bangunan kapal harus dapat melindungi laminasi dari kerusakan mekanis maupun pengaruh lingkungan. Untuk resin yang digunakan dalam laminasi, harus memiliki sifat impregnasi yang bagus. Pada tahap *cured resin* tersebut harus tahan minyak, air dan harus menunjukkan resistensi yang tinggi terhadap penuaan. Selain itu resin juga harus resistan terhadap hidrolisis. Ada beberapa pengujian yang harus dilakukan yaitu densitas, *water absorption*, *tensile strength*, *bending strength*, *dimensional stability under heat*, ketahanan terhadap abrasi dan ketahanan terhadap air laut, minyak, hydraulic oil, weak acids dan alkalis. Minimum properties UP resin dan EP resin adalah seperti pada Tabel 2.3. Ketentuan untuk uji penyerapan air untuk Polyester Resin tidak boleh melebihi 70 mg untuk laminating resin dan 60 mg untuk *gel coat* resin sedangkan untuk Epoxy Resin tidak boleh melebihi 50 mg untuk *laminating resin* dan *gelcoat resin*

Fiberglass yang digunakan dalam pembangunan kapal harus mengandung alkali



oxide maksimal 1 % (low-alkaline aluminium boron silicate glass). Rata-rata diameter filamen fiberglass tidak boleh lebih dari 19  $\mu\text{m}$ . Pengujian-pengujian yang dilakukan yaitu berat per unit area, *fiber content*, *tensile strength*, *fracture strain*, *bending strength*.

Tabel 2.3 Standar *mechanical properties*

Properties	Polyester Resin	Epoxy Resin
	Minimum	Minimum
Tensile Strength	40 Mpa	55 Mpa
Fracture Strain	2.00%	2.50%
Modulus Elastisitas	2700 Mpa	2700 Mpa
Bending Strength	80 Mpa	100 Mpa
Dimensional Stability	60°C	70°C

(BKI 2014)

### 2.3 Blister

*Blister* adalah fenomena kerusakan yang sering terjadi pada body lambung kapal atau pipa yang terbuat dari material fiberglass. Penelitian mengenai penyebab terjadi blister pada laminasi fiberglass pertama kali dilakukan pada tahun 1987 oleh Thomas Rocket dan Vincent Rose dari University of Rhode. (Bumgamer 2014)

Dalam penelitiannya, ia menyebutkan bahwa blister merupakan dampak dari proses osmosis yang terjadi pada saat laminasi *fiberglass* direndam kedalam air 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 sekitarnya, 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*. (Rockett 1987, 3). Problema utama mengapa pengerasan belum 100% karena kapal terlalu besar untuk diberi perlakuan "*post curing*" karena alasan ekonomi. *Post curing* dilakukan pada temperatu 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. (Blomberg 2000,4)

Seperti yang kita tahu bahwa osmosis adalah peristiwa berpindahnya zat di konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi melalui suatu membran hingga keduanya memiliki konsentrasi yang hampir sama. Dalam hal ini, membran adalah permukaan dari laminasi *fiberglass (gel coat)* dan zat konsentrasi rendah adalah air laut dan zat konsentrasi tinggi adalah *gel coat*. (Rockett 1987,3)

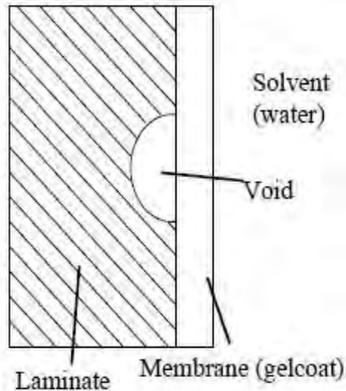
Pada saat air mulai masuk ke laminasi, air menyebabkan laminasi ekspansi dan menimbulkan tekanan disekitarnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.15. Tekanan tersebut biasa disebut dengan *osmotic pressure*. Dengan adanya ekspansi dari laminasi dan tekanan, menyebabkan space yang memungkinkan untuk 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-*immerse* 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. 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. Biasanya, dilakukan pengecekan dengan moisture meter oleh surveyor untuk mengetahui tingkat kelembaban dari laminasi.(Clegg 2006,4)

Selain itu, kualitas dari anyaman laminasi selanjutnya juga berpengaruh karena jika kualitasnya kurang baik, maka dapat menimbulkan gelembung udara (*air bubbles*) yang bisa men-trigger terjadinya hidrolisis karena adanya space yang cukup besar. Faktor lain dari proses manufaktur yang mempengaruhi adalah proses curing dari resin. Formulasi dari resin, umur resin, penyimpanan, laju katalisasi, dan penggunaannya sangatlah berpengaruh pada kelarutan dari resin itu sendiri. Proses hidrolisis yang terjadi di dalamnya dapat melemahkan dan bisa juga menghilangkan resin dari laminasi sehingga dapat mengurangi kekerasan (*rigidity*) dari laminasinya. Pada saat kekerasan berkurang, kelenturan meningkat sehingga sangat berisiko untuk terjadi kegagalan *fatigue*. (Tsunami 2002)



Gambar 2.15 Laminasi yang mengalami *osmotic pressure*  
(sumber : Tsuzuki 2002, *Gelcoat Blistering and the Use of Glassflakes.*)

### 2.3.1 Difusi Air Pada Laminasi *Fiberglass*

Sesaat setelah fiberglass direndam ke dalam air, difusi air akan segera terjadi melalui gel coat. Hal ini terjadi karena sifat dasar dari material polymer yang memiliki derajat difusi air atau *degree of water diffusion*. Molekul air yang sangat kecil dapat lompat masuk ke dalam celah diantara ikatan dalam polymer network dan lompat lagi ke celah selanjutnya, begitu seterusnya. Peristiwa difusi air pada polymer menyangkut pada beberapa faktor, antara lain :

1. Kemudahan molekul air untuk lompat dari satu celah ke celah lain diukur dari koefisien difusi (*diffusion coefficient*) dan berhubungan dengan kekuatan gaya yang bekerja pada molekul air dengan atom di *polymer network*.
2. Perbedaan konsentrasi yang besar antara air dengan laminasi fiberglass membuat air berpindah semakin cepat. Saat konsentrasi



keduanya sudah sama, maka air akan berhenti berpindah.

3. Banyaknya air yang bisa ditahan oleh polimer disebut dengan tingkat saturasi (kejenuhan). Hal ini yang mengontrol perbedaan konsentrasinya. Tiap jenis polimer memiliki tingkat kejenuhan yang berbeda. Hal ini sekaligus menunjukkan banyaknya celah yang diisi oleh molekul air.
4. Temperatur dari polimer mempengaruhi laju air. Semakin meningkatnya temperatur dari polimer, maka laju air yang berdifusi akan semakin meningkat.
5. Semakin banyak filler (fiberglass), maka kemungkinan molekul air untuk masuk akan berkurang.  
(Rockett 1987,10)

### **2.3.2 Tegangan pada laminasi fiberglass**

Secara umum, degradasi pada material disebabkan oleh tegangan lokal.

Terdapat empat sumber yang menyebabkan tegangan lokal yang menjadi salah satu penyebab timbulnya *blister*, antara lain ;

1. Tegangan dihasilkan dari penyusutan polimer pada saat proses curing. Saat gel coat sudah mengalami curing di dalam cetakan, resin dioleskan. Pada saat itu terjadilah ikatan dengan gel coat sebelum resin mengalami curing. Resin yang berada diantara lapisan gel coat tadi mengalami tegangan pada saat resin mengalami curing dan menyusut.
2. Tegangan dihasilkan dari swelling pada resin akibat difusi air. Beberapa penelitian



melakukan pengukuran terhadap swelling dan menemukan bahwa swelling bisa 10% lebih dari volumenya dan sangat dipengaruhi oleh derajat dari crosslinking. Tegangan dipicu dari perbedaan atau gradient dari swelling. Jika tidak ada gradient dari swelling, maka tegangan tidak akan terjadi.

3. Tegangan dihasilkan pada saat laminasi dalam operasi atau penggunaan. Misalnya boat fiberglass terdapat beberapa macam gaya seperti gaya akibat ombak, impact, dan gaya apung.
4. Internal cracks menghasilkan tegangan konsentrasi pada ujung- ujung crack yang kemudian bisa menjadi awal atau pemicu dari crack yang lebih besar.

(Rockett 1987,10-11)

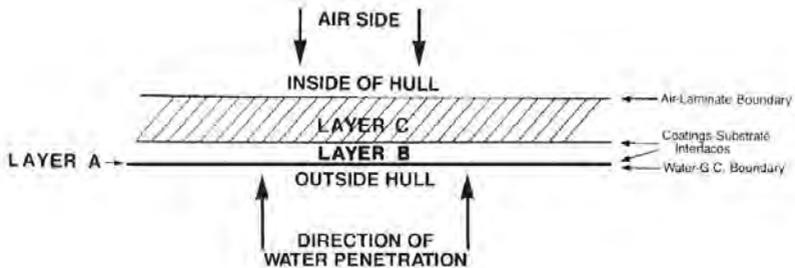
Terdapat dua macam *blister*, yaitu :

1. *Coating Blister*  
Dimana blister hanya terjadi pada lapisan atas saja, tidak mencapai laminasi.
2. *Sub-Gel Blister*  
Dimana blister terjadi hingga dibawah permukaan atau mencapai laminasi. Blister jenis ini tergolong lebih gawat dibandingkan *coating blister* karena beberapa hal, yaitu :
  - a. Ratio diameter Sub-Gel blister lebih besar (10 :1) daripada coating blister yang hanya 2:1.
  - b. *Sub-gel blister* ukurannya lebih besar daripada *Coating blister*.
  - c. *Coating blister* lebih mudah untuk diperbaiki.



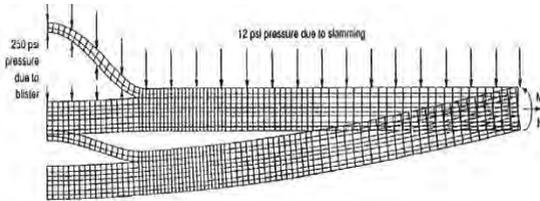
- d. Fluida dalam *sub-gel blister* bersifat asam (pH 3-4) dan pada *coating blister* pH-nya antara 6.5-8.

Skema arah masuknya air pada laminasi dan tingkatan pada setiap laminasi ditunjukkan pada



Gambar 2.16 Struktur laminasi dari FRP : Layer A =Gel Coat, Layer B=Interlayer, Layer C= Substrat Laminasi (Laminate Substrate).  
(Sumber : Greene 1999, *Marine Composites Second Edition*)

Kedua jenis *blister* ini akan menimbulkan efek secara sifat mekanik pada material. Sebuah penelitian yang sudah dilakukan dengan menggunakan *Finite Element Modeling* pada saat lambung kapal mengalami blister melalui pemotongan hingga pada layer ke-6 seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.17 membuktikan bahwa adanya blister mengurangi kekuatan hingga 30% yang dibuktikan dengan perhitungan strain gage. Jika blister terjadi semakin parah, maka blister bisa pecah karena tekanan dalamnya semakin besar dan bisa menyebabkan timbulnya *pinhole* atau *crack* pada permukaan luar (*exterior surface*).



Gambar 2.17 Finite Element Modeling pada bagian lambung yang mengalami blister

(Sumber : Greene 1999, Marine Composites Second Edition)

Dalam keadaan nyata, diperlukan beberapa tahapan untuk mendeteksi adanya kerusakan akibat hidrolisis ada laminasi, yaitu :

1. Melihat keadaan eksterior dari laminasi

Secara general, laminasi yang baik adalah laminasi yang dalam keadaan kering terlihat jernih, padat, dan cerah. Laminasi yang kurang bagus biasanya fiberglass nampak lebih putih, laminasi pucat, dan berporos. Saat sebelum diinspeksi, diharapkan laminasi berada dalam keadaan kering dan mulus, oleh karena itu dilakukan proses grinding terlebih dahulu karena bisa dapat memudahkan dalam pengambilan data hardness dan tingkat kelembaban. (Bumgarmer 2014,5)

- Pengamat perlu mengidentifikasi besar dan frekuensi dari blister yang ada. Biasanya diameter blister berasosiasi dengan kedalaman blister (kedalaman dari hidrolisis). Semakin



besar ukuran blister, maka semakin dalam kerusakannya.

- Melihat apakah terdapat keretakan atau pin holes pada permukaan laminasi. Hal ini penting untuk diketahui karena dengan adanya crack, maka akan mempermudah air untuk masuk ke dalam laminasi dan otomatis akan mempercepat terjadinya proses hidrolisis.
  - Melihat apakah ada tumpukan sedimen. Jika ada, tumpukan sedimen ini mengindikasikan adanya hidrolisis yang aktif meskipun tidak ada blister.
  - Melihat apakah ada distorsi dari laminasi. Adanya distorsi kemungkinan merupakan hasil dari berkurangnya kekakuan dari laminasi.
  - Mengukur tingkat kelembaban dari laminasi (*moisture meter readings*). Biasanya jika hasil pengukuran menunjukkan angka yang rendah, maka bisa menjadi kemungkinan bagian tersebut terdapat masalah.
2. Melihat bagian dalamnya  
Untuk menginspeksi bagian dalam dari laminasi, dapat membuat sebuah lubang dengan diameter sekitar 6-8 inch pada bagian yang tidak terkena



penguat (*unreinforced area*) yang biasanya berada pada 1-2 kaki dibawah batas air. Lubang bisa dibuat dengan mengebor bagian laminasi yang tidak terdapat penguat. Dengan begitu pengamat juga bisa menentukan ketebalan dari laminasi.

Setelah diambil beberapa data, dibuatlah grafik dan dievaluasi untuk menentukan cara atau metode apa yang bisa digunakan untuk menghilangkan blister yang ada. Selain itu dapat juga sebagai penentu seberapa rusaknya laminasi dan seberapa dalam kerusakan yang sudah mencapai laminasi. Kedalam dari blister dan hidrolisis yang sudah mencapai laminasi menentukan seberapa dalam laminasi yang rusak itu akan diambil. Biasanya, laminasi yang mengalami kerusakan paling parah dan harus dihilangkan adalah bagian *exterior matt* (lapisan terluar dari laminasi) kemudian melakukan laminasi ulang (*relamination*). (Bumgarmer 2014)

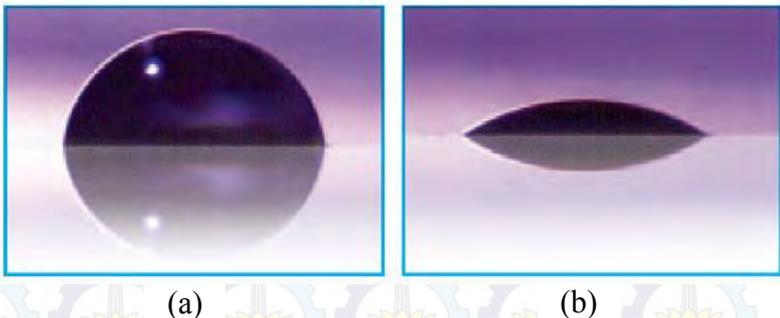
Metode yang paling umum digunakan untuk “menghilangkan” blister adalah dengan mengeringkannya. Asumsi yang dipaham kebanyakan orang dalam hal ini adalah saat sudah kering, air yang masuk ke dalam laminasi akan hilang dan laminasi akan kembali seperti semula. Namun, persepsi ini adalah persepsi yang keliru. Yang sesungguhnya terjadi pada saat pengeringan adalah air memang keluar dan mengering, namun didalam laminasi masih banyak tersisa fluid hasil hidrolisis sehingga laminasi dengan resinnya tetap mengalami penurunan kekuatan (tidak seperti sediakala) dan mengandung persentase WSM yang cukup tinggi. (Bumgarmer 2014)



Beberapa solusi diatas dianggap kurang efisien oleh beberapa ahli komposit karena secara ekonomi kurang ekonomis dan secara teknis juga kurang efisien karena dengan laminasi ulang akan menambah ketebalan dari laminasi. Sehingga terdapat solusi lain yang bisa diberikan, yaitu dengan memberikan *barrier coating* supaya laminasi lebih tahan terhadap air.

## 2.4 *Hydrophobic*

Kata "*hydrophobic*" berasal dari Bahasa Yunani, yaitu dari kata "*hydro*" yang berarti air dan "*phobo*" yang berarti takut. *Hydrophobic* adalah 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. Lawan kata dari *hydrophobic* adalah *hydrophilic* di mana suatu material jika dikenai air maka akan cenderung menyerap air dan permukaannya basah yang perbedaan visualnya ditunjukkan pada gambar 2.18. (Hansson 2012)



Gambar 2.18 Perbedaan *hydrophobic* (a) dan *hydrophilic* (b)  
(Sumber : Gelest Inc. 2006, *Hydrophobicity, Hydrophilicity, and Silanes*)



Bagi para ilmuwan, menciptakan material yang bersifat hydrophobic merupakan inspirasi dari alam, seperti misalnya daun lotus (*Nelumbo nucifera*) pada gambar 2.19, oleh karena itu jika material tersebut bersifat hydrophobic juga disebut dengan “*lotus effect*” karena sifat hydrophobic yang menyerupai daun lotus. Orang pertama yang menemukan bahwa lotus memiliki sifat hydrophobic adalah seorang ilmuwan dari Cina pada jaman Dinasti Song, yaitu Zhou Dunyi. (Mengnan 2010,1). Selain daun teratai, di alam yang memiliki sifat hydrophobic adalah daun padi (*Oryza sativa*) dan sayap kupu- kupu pada gambar 2.20.



Gambar 2.19 Daun lotus yang bersifat hydrophobic  
(sumber : <http://www.wired.com/2013/03/biomimetic-materials/>)

Rice leaf (*Oryza sativa*)



Butterfly wing (*Blue Morpho didius*)

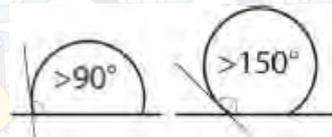


Gambar 2.20 Daun padi dan sayap kupu-kupu yang bersifat hydrophobic  
(sumber : <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/nr/c3nr04755e/unauth>)



Secara ilmiah, ketentuan dari suatu material digolongkan sebagai material yang hydrophobic adalah mengetahui sudut yang terbentuk antara permukaan dan air atau biasa disebut dengan *contact angle* ( $\theta$ ). (Chawla,80). Material *hydrophobic* memiliki contact angle di atas  $90^\circ$ . Jika material tersebut memiliki contact angle hingga lebih dari  $150^\circ$ , maka bisa disebut dengan *superhydrophobic* seperti yang dijelaskan pada gambar 2.21. (Gelest 2006).

Keistimewaan dari sifat *superhydrophobic* adalah bisa melakukan self cleaning karena air atau cairan yang jatuh ke permukaan akan menggelinding seperti bola dan saat menggelinding itu turut serta segala kontaminan yang ada di permukaan tersebut. Air yang jatuh ke permukaan yang bersifat hydrophobic akan memiliki gaya kohesif air yang mengumpul (bentuknya seperti bola) lebih besar daripada gaya yang ada pada permukaan (friction). (Gelest 2006)



Gambar 2.21 Contact angle *hydrophobic* dan *superhydrophobic*  
(sumber : Hansson 2012, *Hydrophobic Surfaces*)

Hydrophobic coating merupakan lapisan yang memodifikasi permukaan dari suatu material sehingga bersifat tidak suka air, dimana jika material tersebut terkena air maka tetesan air tersebut tidak akan terserap masuk ke dalam material. Hal ini bisa terjadi apabila pada permukaan terdapat gaya adhesi yang



menahan bulir air yang karena ditahan, air menjadi mempunyai tegangan permukaan yang mengecilkan area interaksi air dengan permukaan. Saat ini di dalam industri hydrophobic coating sudah banyak digunakan terutama untuk mencegah korosi. Hal yang sama diterapkan pada struktur fiberglass composite yang memiliki kelemahan jika bereaksi dengan air, oleh sebab itu harus diberi coating yang dapat menimbulkan sifat hydrophobic.

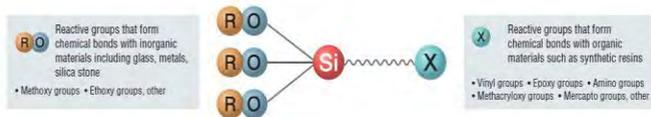
## 2.5 Silane

Silane pertama kali ditemukan pada tahun 1940 bersamaan dengan saat berkembangnya fiberglass-reinforced polyester composite. Pada saat diciptakan, fiberglass-reinforced composite memiliki kekuatan yang tinggi, namun melemah karena proses aging (semakin lama, kekuatan semakin menurun) karena berkurangnya kekuatan bonding antara fiberglass dengan resin, sehingga dilakukan riset untuk memecahkan masalah ini dan terciptalah silane, yaitu ikatan monomer silikon dan oksigen yang dapat mengembalikan kekuatan dari fiberglass-reinforced composite tersebut. Silane pada umumnya dipadukan (dicoupling) dengan polimer lain, oleh karena itu 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. (Materne 2006,1)

Pasangan dari silane yang berupa senyawa organik ( $\text{CH}_3\text{-Si-}$ ), disebut organosilane seperti yang digambarkan pada gambar 2.22. Faktor yang



berkontribusi mempengaruhi organosilane menjadi permukaan yang bersifat hydrophobic adalah senyawa organik yang ada dalam ikatan, distribusi silane pada permukaan, dan residu golongan yang tidak bereaksi. Senyawa organik berpengaruh karena adanya *transfer free energy* dari molekul hidrokarbon dari fasa cair ke fasa hidrokarbon yang homogen. Senyawa organik yang dipasangkan harus bersifat non-polar karena ikatan Van der Waals pada air akan bertentangan dengan ikatan hidrogen sehingga ikatan Van Der Waals semakin sedikit, hal ini yang membuat silane bisa memodifikasi permukaan material menjadi hydrophobic. (Shin-Estu 2011)

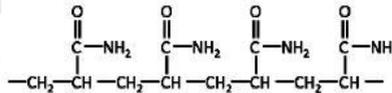


Gambar 2.22 Pasangan silane dengan senyawa organik (Organosilane)

sumber : shinetsu 2011, Silane Coupling Agent

## 2.6 PAM (Poly-Acrylamide)

Polyacrylamide adalah polymer yang dapat larut dalam air dengan nama molekul  $C_3H_5NO$  yang susunannya ditunjukkan pada gambar 2.23.



Gambar 2.23 Susunan Kimia PAM

(Sumber : [www.zlpam.com/wp-content/.../About-Polyacrylamide-Fact-Sheet.pdf](http://www.zlpam.com/wp-content/.../About-Polyacrylamide-Fact-Sheet.pdf))

Polyacrylamide dipilih sebagai co-polymer dari TMOMS karena PAM memiliki sifat tahan garam (*salinity resistance*) yang dimana tidak dimiliki oleh TMOMS dan sama dengan TMOMS yang bisa dilarutkan dalam air. Namun kelemahan PAM dalam



aplikasi ini adalah kemampuannya untuk menyerap air dimana hal itu tidak diharapkan. Oleh sebab itu, sifat ini ditutupi oleh TMOMS yang *hydrophobic*.

## 2.7 Standar Pengujian

### 2.7.1 Standar Uji Penyerapan Air (ASTM D570)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan penyerapan (absorption) dari material golongan plastik jika direndam ke dalam benda cair. Fungsi dari pengujian ini adalah :

1. Dapat diketahui perilaku material di dalam benda cair terkait kelembaban, mechanical properties, electrical properties, dimensi, dan penampakannya.
2. Sebagai control test agar dapat mengetahui uniformity(keseragaman) dari suatu produk yang sudah jadi seperti lembaran, rod,dan tabung.

Difusi cairan ke dalam polymer adalah fungsi dari akar kuadrat dari waktu perendaman. Sedangkan waktu untuk saturasi sangat tergantung pada ketebalan spesimen.

Prosedur dari standar uji ini ada beberapa pilihan, antara lain :

#### 1. *24 Hour Immersion*

Seluruh bagian spesimen direndam pada air suling dengan temperatur  $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $73.4 \pm 1.8^{\circ}\text{F}$ ). Setelah 24 jam, spesimen dikeluarkan dari rendaman, dilap, lalu ditimbang.

#### 2. *Two-Hour Immersion*

Digunakan untuk menguji spesimen yang tipis karena spesimen yang tipis mengalami



perubahan berat yang signifikan setelah 2 jam.

3. *Repeated Immersion*

Metode ini merupakan kombinasi dari 24 hour immersion dan 2 hour immersion. Setelah spesimen direndam selama 2 jam dan ditimbang, spesimen direndam lagi selama 24 jam dan ditimbang lagi sesuai dengan prosedur.

4. *Long Term Immersion*

Metode ini digunakan untuk mengetahui total cairan yang terserap hingga jenuh (saturated). Jika rata-rata kurang dari 1% dari total kenaikan berat badan atau 5 mg, mana yang lebih besar mengindikasikan spesimen sudah jenuh (saturated).

5. *Two-Hours Boiling Water Immersion*

Spesimen direndam pada air suling yang mendidih selama dua jam. Setelah direndam selama dua jam, spesimen didinginkan pada air pada temperatur ruang selama kurang lebih 15 menit kemudian spesimen dilap sampai kering dan ditimbang kenaikan beratnya.

6. *One-Half-Hour Boiling Water Immersion*

Untuk semua materia yang memiliki daya serap yang tinggi sehingga menunjukkan perbedaan berat yang signifikan setelah setengah jam.

7. *Immersion at 50°C*

Prosedur yang dilakukan sama persis seperti pada poin nomor 5 (*Two-Hours Boiling Water Immersion*) namun dengan durasi dan temperatur yang berbeda. Durasi yang



dilakukan pada pengujian jenis ini adalah selama 48 jam pada temperatur 50°C.

Dalam penelitian ini, dilakukan prosedur *long term immersion*. Dimana dilakukan pengukuran berat sebelum direndam dan sesudah direndam dalam jangka waktu tertentu yang sudah ditentukan (keterangan lebih detail lihat pada bab III).

Setelah direndam dan ditimbang, dicari persen penambahan berat dari spesimen dengan menggunakan rumus (i).

$$\% \text{ penambahan berat} = \frac{\text{berat setelah direndam} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\%$$

(i)

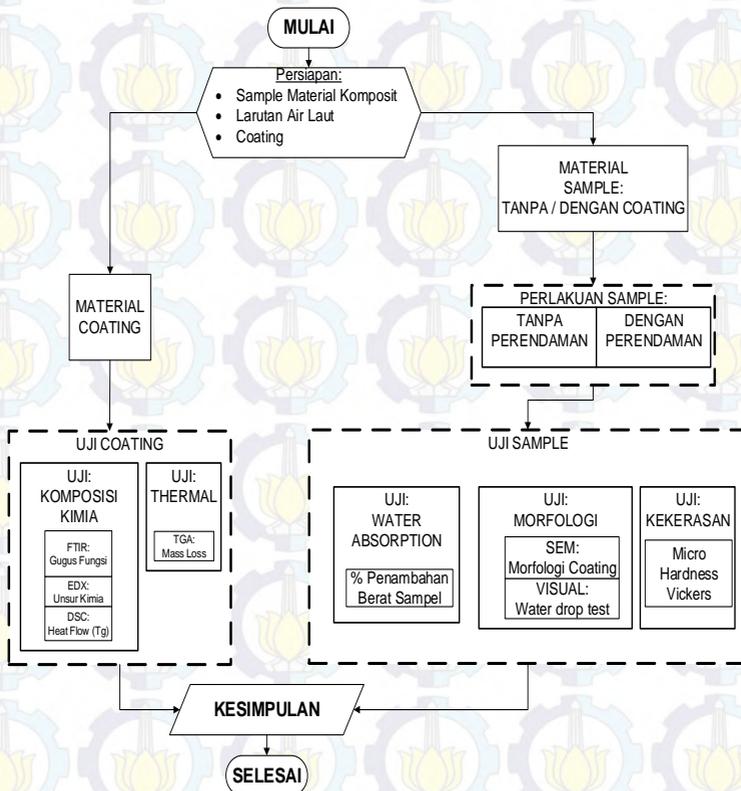
Setelah diketahui penambahan beratnya, perlu dibuat grafik kenaikan berat sebagai fungsi akar kuadrat setiap waktu perendaman. Kemiringan awal grafik sebanding dengan konstanta difusi air dalam plastik. Selain itu, diamati pula segala bentuk observasi fisik pada spesimen seperti cracking, melengkung, dsb. (ASTM D570,1999)



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Agar dapat mencapai tujuan penelitian dengan baik, maka dibuat sebuah perencanaan alur penelitian. Alur penelitian ditunjukkan dengan diagram alir penelitian berikut ini:

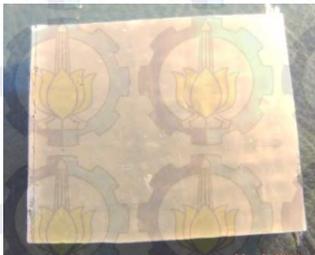




### 3.2 Bahan Penelitian

#### a. Sampel

Bahan sampel yang digunakan berasal dari PT. Pantheon Energie yang berada di kawasan Keputih Surabaya yang laminasinya terdiri serat multiaxial, dan epoxy dengan dimensi 1 cm x 1 cm x 1 cm untuk uji water absorption dan SEM. Untuk pengujian hardness menggunakan sample dengan dimensi 4 cm x 4 cm x 1 cm.



Gambar 3.1 Sampel fiberglass yang belum dipotong



Gambar 3.2 Sampel fiberglass yang sudah dipotong

#### b. Bahan Coating

Bahan coating semua menggunakan produk dari Sigma Alrich-Singapore, kecuali Aquades yang digunakan sebagai solvent merupakan produk dari UD. Sukoharjo, Biliton-Surabaya. Bahan yang dikombinasikan adalah 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) (PAA) 35% dalam H<sub>2</sub>O dengan Molecular Weight (Mw) rata-rata 250000.



**c. Bahan Air Laut Buatan**

Air laut buatan merupakan larutan NaCl 3% yang terbuat dari 30 gram NaCl, produk dari UD. Sumber Kimia Utama Murni dan 1000 mL aquades.

**d. Sealing**

*Sealing* untuk pengujian water absorption menggunakan parafilm “M” Laboratory Film produk dari Bemis Flexible Packaging. Untuk menambah kedekatan, digunakan pula lakban dan isolasi.

**e. Pengikat Sampel**

Senar pancing digunakan untuk menggantung sampel sehingga dapat tercelup sempurna di dalam air laut buatan.

### 3.3 Peralatan Penelitian

**a. Timbangan**

Timbangan yang digunakan adalah merek Camry dengan kemampuan mengukur hingga 200 gram. Timbangan ini digunakan untuk menimbang garam yang dimasukan untuk membuat larutan NaCl 3% dan menimbang massa dari sampel. Sedangkan untuk menimbang perubahan massa pada water absorption test menggunakan timbangan dari Metler Toledo dengan ketelitian 3 angka belakang koma.

**b. *Magnetic Stirrer***

*Magnetic stirrer* digunakan untuk menghomogenkan campuran monomer untuk coating dan sebagai pemanas untuk curing coating saat sudah dioleskan ke sampel. Curing dengan alat ini dilakukan pada temperatur konstan 60°C selama 10 menit.



### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Preparasi Perendaman Sampel

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°C, 30°C, dan 40°C dan variasi durasi pengamatan selama 1 bulan, 2 bulan, dan 3 bulan.



Gambar 3.3 Sampel yang sudah di preparasi



### 3.4.2 Persiapan Coating

Coating dibedakan menjadi lima komposisi rasio berbeda yang ditunjukkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Kode coating berdasarkan variasi rasio

Kode Coating	Solvent	Monomer		Accelerator
	Aquades	TMOMS	PAM	AA
	(ml)	(ml)	(ml)	(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

Variasi yang digunakan dalam pembuatan coating terletak pada rasio monomer- monomernya. Angka pada kode coating menunjukkan rasionya, sedangkan huruf A menunjukkan monomer TMOMS dan B menunjukkan monomer PAM.

Untuk membuat coating hidrophobic, langkah awal yang dilakukan adalah mencampurkan aquades dengan TMOMS sesuai dengan takaran yang ada dalam tabel di atas dan diaduk selama 10 menit dengan kecepatan sedang menggunakan magnetic stirer.

Setelah homogen, ditambahkan monomer PAM dan accelerator AA sesuai takaran 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°C selama 10 menit. Lakukan pengolesan coating pada sisi yang bawah dan curing lagi pada temperatur dan waktu yang sama. Tunggu beberapa menit hingga temperatur sampel menjadi temperatur ruang kemudian tali sampel dengan senar pancing dan direkatkan dengan lak ban pada gelas.

Kemudian isi dengan air laut buatan dan segel dengan parafilm dan selotip hingga erat dan kedap.



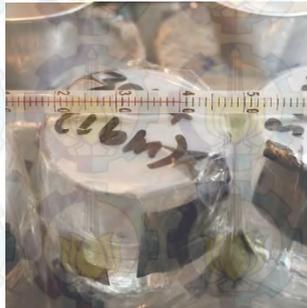
Langkah selanjutnya adalah letakkan gelas sampel sesuai dengan temperatur dan durasi pengamatannya, dengan memberikan label kode terlebih dahulu pada masing masing gelas sampel. Lakukan langkah- langkah yang sama untuk sampel yang dicoating dengan ratio yang berbeda.



Gambar 3.4 Sampel di temperatur 15°C



Gambar 3.5 Sampel di temperatur 30°C



Gambar 3.6 Sampel di temperatur 40°C



### 3.5 Analisis

#### 3.5.1 Pengujian Hasil Coating

Hasil coating dianalisa komposisi kimia dan termalnya melalui uji FTIR dengan Thermo Scientific-Nikolet iS10 dan uji termogravimetri dengan TGA/DSC Thermogravimetry Analyzer Mettler Toledo pada range temperatur 20°C-500°C dengan *heating rate* 10°C/min. Dari hasil FTIR dan DSC akan dianalisa komposisi kimianya melalui gugus fungsi yang ada pada coating dan tren termal yang muncul pada DSC, sedangkan hasil dari TGA digunakan untuk menganalisa ketahanan termal dari coating.

#### 3.5.2 Pengujian Water Absorption

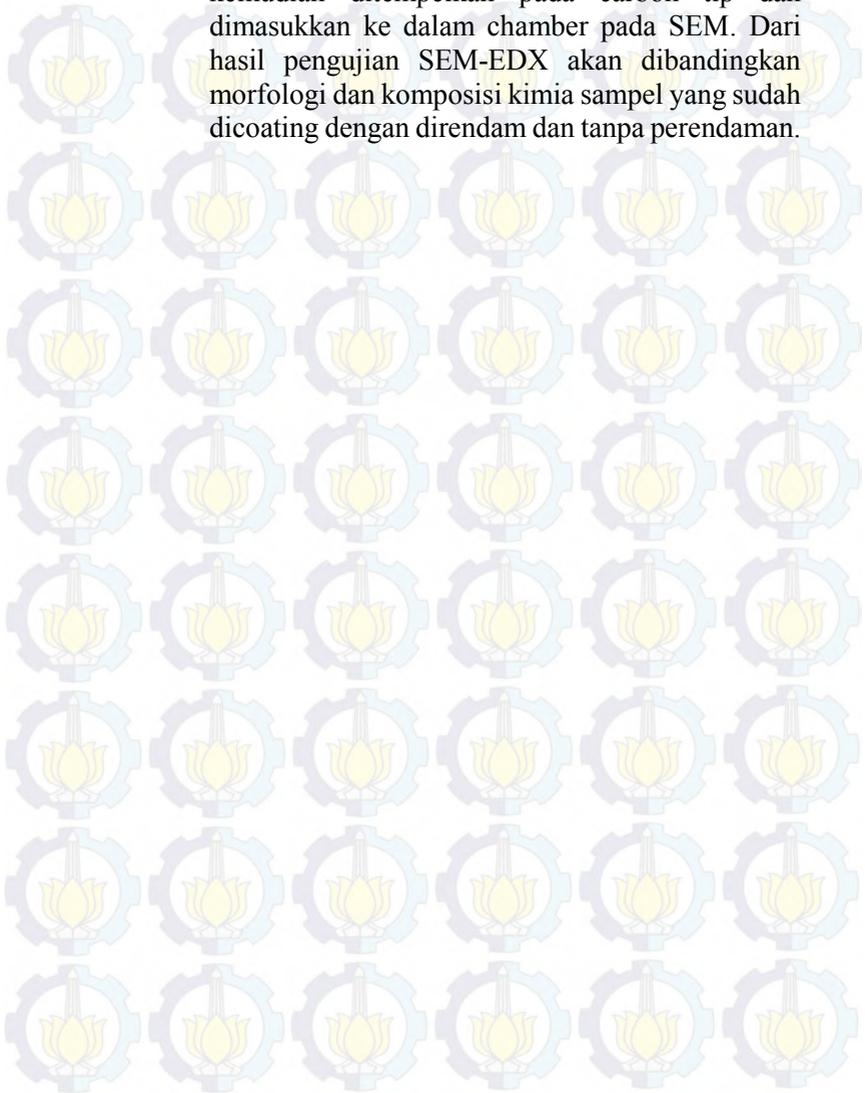
Untuk membandingkan pengaruh coating terhadap tingkat penyerapan air laut dilakukan uji *water absorption* dengan tiga parameter temperatur, yaitu 15°C, 30°C, dan 40°C yang dimonitoring selama 1 bulan, 2 bulan, dan 3 bulan. Dari uji *water absorption* akan diamati perubahan massa dari sample kemudian dibandingkan bagaimana tingkat penyerapan air sampel yang tidak dilapisi coating dan dengan sampel yang diberi coating. Pengujian ini dilakukan berdasarkan pada standar ASTM D570.

#### 3.5.3 Pengujian Sampel

Pengujian yang dilakukan pada sampel antara lain pengujian SEM-EDX dan pengujian kekerasan dengan Mitutoyo MicroWizhard di Lab Energi ITS untuk membuktikan bahwa penyerapan air menyebabkan penurunan kekerasan dan kekakuan dari sampel. Pengujian SEM-EDX menggunakan mesin FEI INSPECT S50 pada



20kV dengan *coating gold palladium* yang kemudian ditempelkan pada carbon tip dan dimasukkan ke dalam chamber pada SEM. Dari hasil pengujian SEM-EDX akan dibandingkan morfologi dan komposisi kimia sampel yang sudah dicoating dengan direndam dan tanpa perendaman.





### 3.6 Rancangan Penelitian

Berikut adalah tabel rancangan penelitian yang dilakukan :

- Karakterisasi Hasil Coating

Kode Coating	Uji TGA/DSC	Uji FTIR	Uji Visual	Uji SEM-EDX
0A100B(*)	√	√		
25A75B	√	√		
50A50B	√	√		
75A25B	√	√		
100A0B(*)	√	√		

(\*) Sampel kontrol



- Karakterisasi Hasil Immersion

Kode Sample	Analisis Penambahan Berat dan Ketahanan Terhadap Air Laut									Uji Hardness	Uji Morfologi
	Temp 15°C			Temp 30°C			Temp 40°C				
	1 bln	2 bln	3 bln	1 bln	2 bln	3 bln	1 bln	2 bln	3 bln		
0A100B(*)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	-
25A75B	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√
50A50B	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√
75A25B	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
100A0B(*)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	-	-

(\*) Sampel kontrol



## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Komposisi Kimia

Analisa komposisi kimia pada kelima jenis coating mencakup beberapa pengujian, antara lain uji FTIR, uji EDX, dan uji DSC. Uji komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui dan memastikan apakah perpaduan antara monomer A dan monomer B sudah terbentuk.

#### 4.1.1 Uji 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. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada grafik 4.1.

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 4.1, dimana komposisi 100A0B menunjukkan gugus fungsi dari monomer A saja, salah satunya adalah Si-O-Si yang berada pada range  $1130\text{cm}^{-1}$  -  $1000\text{cm}^{-1}$  (*Launer 2000,2*) dan komposisi 0A100B menunjukkan gugus fungsi dari monomer B saja, yaitu ikatan N-H stretch, C=O stretch, dan C-N stretch (*Sowwan et al 2008,146*). 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.

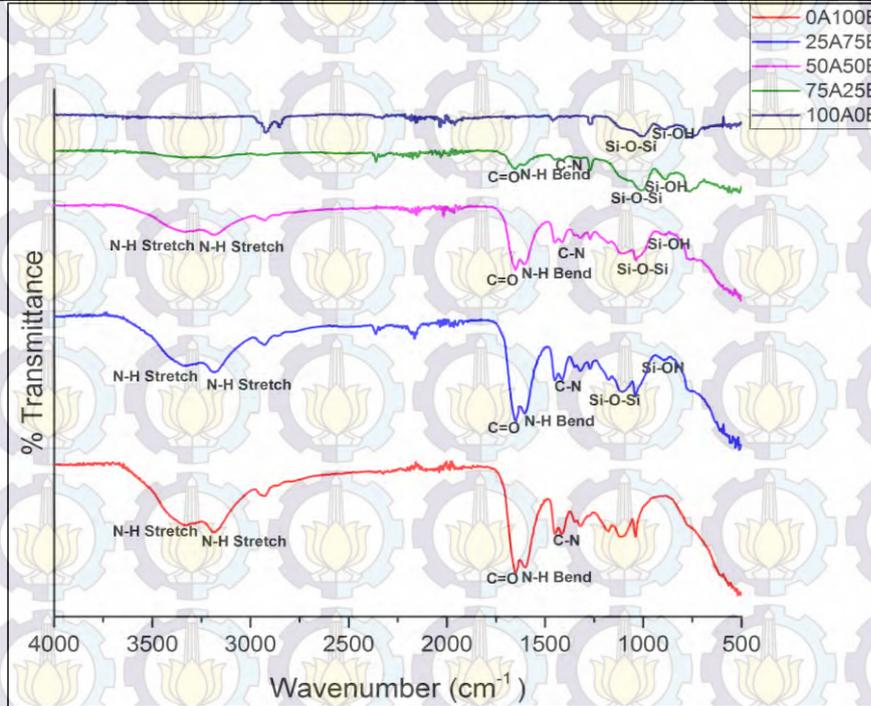


Tabel 4.1 Gugus Fungsi hasil uji FTIR

Kode Coating	Wavenumber Range (cm <sup>-1</sup> )	Wavenumber Coating (cm <sup>-1</sup> )	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-CH <sub>3</sub>
	1130-1000	1004.01	Si-O-Si
	950-810	887.68	Si-OH
	860-720	760.16	Si-C stretch
0A100B	3100-3500	3342.43	N-H stretch
	3100-3500	3189.17	N-H stretch
	1690-1630	1647.68	C=O
	1650–1590	1601.31	N-H bend
	1420-1400	1413.34	C-N
	1335-1250	1039.99	C-NH <sub>2</sub>
75A25B	1690-1630	1651.53	C=O
	1650–1590	1609.50	N-H bend
	1470-1450	1451.19	C-H bend
	1420-1400	1406.86	C-N
	1275-1245	1269.48	Si-CH <sub>3</sub>
	1130-1000	1005.98	Si-O-Si
	950-810	887,73	Si-OH
	860-720	768.01	Si-C stretch
50A50B	3100-3500	3338.01	N-H stretch
	3100-3500	3178.38	N-H stretch



	3000-2850	2928.03	C-H stretch
	1690-1630	1651.69	C=O
	1650-1590	1606.23	N-H bend
	1470-1450	1450.93	C-H
	1420-1400	1413.88	C-N
	1130-1000	1039.10	Si-O-Si
	950-810	839.98	Si-OH
	860-720	767.77	Si-C stretch
25A75B	3100-3500	3347.25	N-H stretch
	3100-3500	3182.81	N-H stretch
	2935-2915	2928.77	C-H
	1690-1630	1647.89	C=O
	1650-1590	1603.60	N-H bend
	1420-1400	1413.28	C-N
	1130-1000	1106.65	Si-O-Si
	950-810	887.82	Si-OH
	860-720	758.54	Si-C stretch



Grafik 4.1 Perbandingan FTIR



#### 4.1.2 Uji EDX

Uji EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) dilakukan pada sample fiberglass yang sudah dicoating untuk mengetahui unsur yang ada. Unsur yang muncul dari hasil EDX bisa dikorelasikan dengan hasil uji FTIR. EDX menganalisa sampel yang semua sampel tanpa terendam dan sampel kombinasi monomer A dan B yang sudah direndam sesuai dengan uji *water absorption* pada bagian 4.3.

Gambar 4.1 (a) dan (b) menunjukkan hasil EDX dari komposisi kontrol (*parent constituent*) komposisi 100A0B dan 0A100B tanpa perendaman. Pada sample 0A100B terdapat unsur C,O,N yang merupakan komponen utama dari komposisi ini dengan unsur C paling tinggi pada 45.44wt% dan unsur N paling rendah sebesar 13.59wt%. Adanya unsur-unsur ini juga menandakan ciri khas dari PAM ( $C_3H_5NO$ ), yaitu  $C,H,O,N$  (Daughlon 1988,3). Sedangkan pada komposisi 100A0B, unsur yang muncul merupakan ciri khas dari TMOMS, yaitu  $Si,O,C$

([springermaterials.com/docs/substance/KPQPEABD\\_PVHDBDCX.html](http://springermaterials.com/docs/substance/KPQPEABD_PVHDBDCX.html); accessed January 2015) dengan unsur C yang terbanyak pada 57.30wt%, Si sebanyak 8.01%. Hasil EDX ini sesuai dengan hasil FTIR.

Perbandingan hasil pengujian EDX pada komposisi perpaduan, yaitu 25A75B, 50A50B, dan 75A25B tanpa direndam ditunjukkan pada gambar 4.2 (a), 4.3(a), dan 4.4(a). Adanya perpaduan unsur dari monomer A dan monomer B, yaitu  $Si,N,C$ , dan O. mengindikasikan bahwa pencampuran telah berhasil dilakukan.

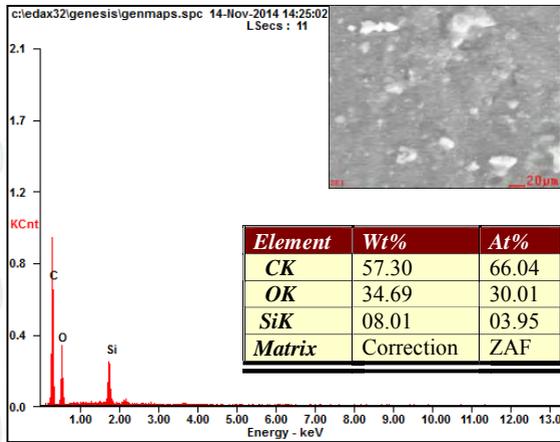
Jika dibandingkan, perbedaan hasil EDX antara sampel terendam dan tanpa rendam pada ketiga komposisi cukup signifikan. Pada semua komposisi



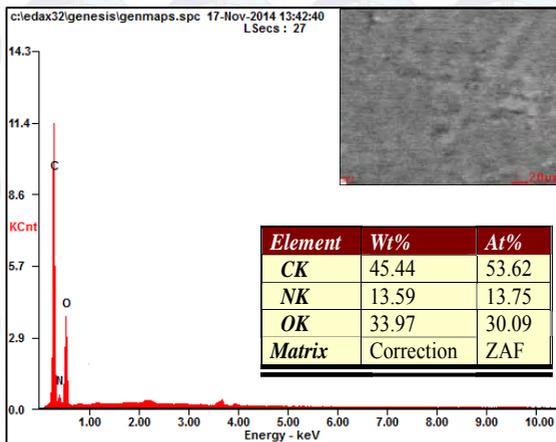
yang tanpa rendam mengandung unsur C,N,Si,dan O dengan intensitas yang berbeda- beda bergantung pada dominasi monomer yang ada pada komposisi tersebut. Lain halnya pada sampel yang mengalami perendaman, di mana hasil EDX menunjukkan adanya Si,O, dan C serta sedikit Na atau Cl yang merupakan kandungan unsur dari air laut (NaCl). Unsur N pada semua sampel yang terendam hilang, namun unsur Si tetap menduduki intensitas yang tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sifat dari PAM yang terdegradasi dalam air (Floerger,2), sehingga pada saat sample direndam dalam air, PAM ikut larut sehingga unsur N dari PAM juga hilang.



Laporan Tugas Akhir  
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

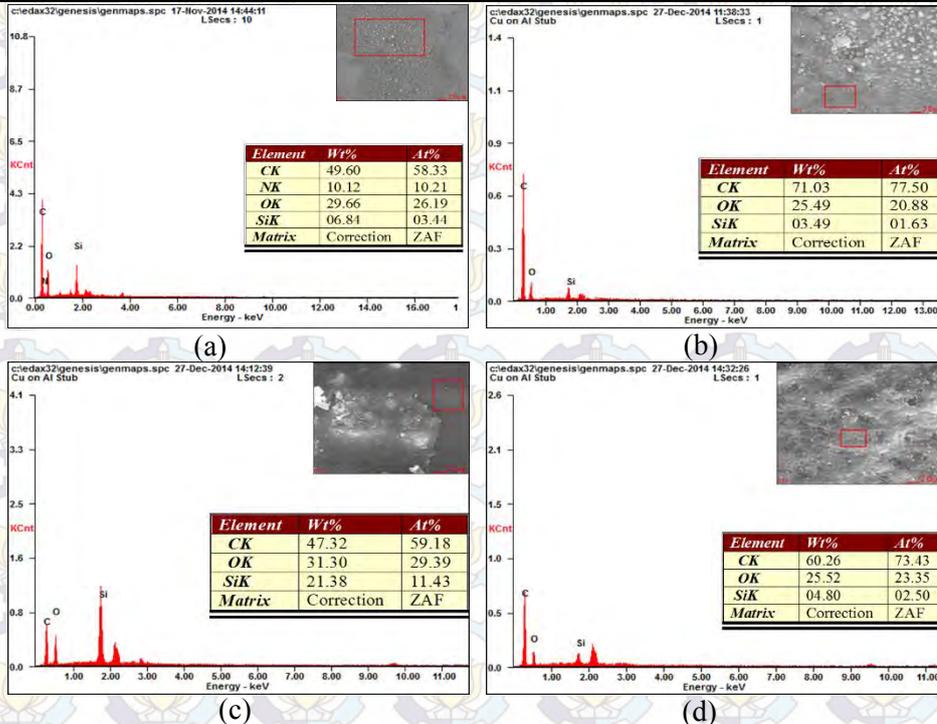


(a)

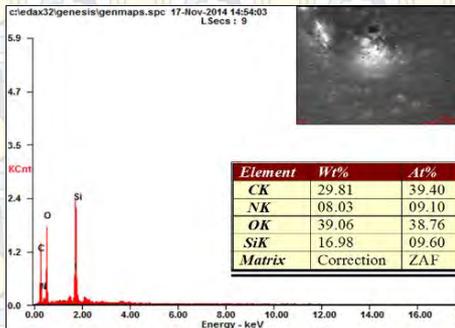


(b)

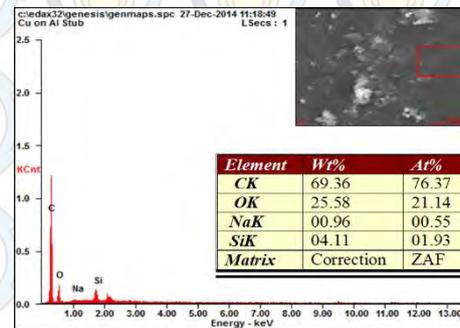
Gambar 4.1 EDX dari komposisi (a)100A0B dan (b) 0A100B



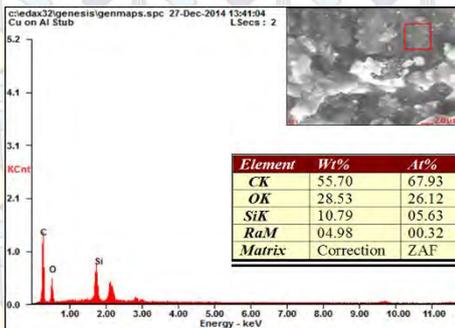
Gambar 4.2 EDX komposisi 25A75B (a) tanpa perendaman dan direndam pada temperatur (b)40°C, (c) 30°C, dan (d) 15°C



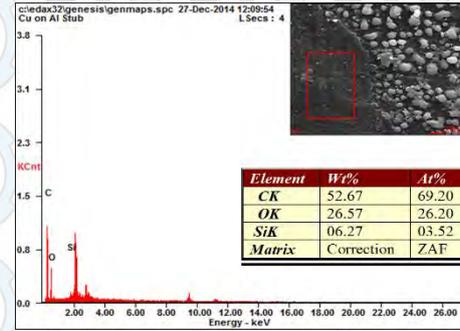
(a)



(b)

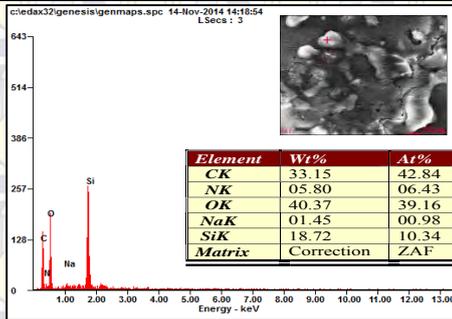


(c)

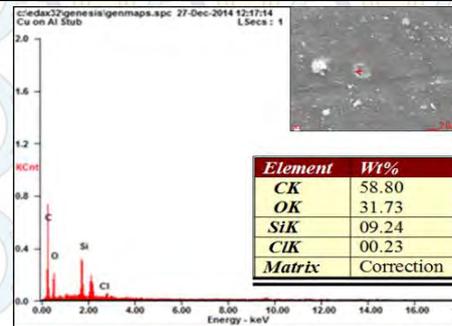


(d)

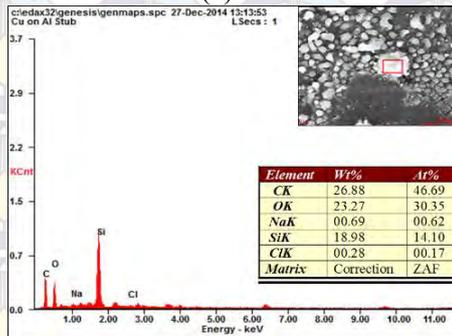
Gambar 4.3 EDX komposisi 50A50B (a) tanpa perendaman dan direndam pada temperatur (b)40°C, (c) 30°C, dan (d) 15°C



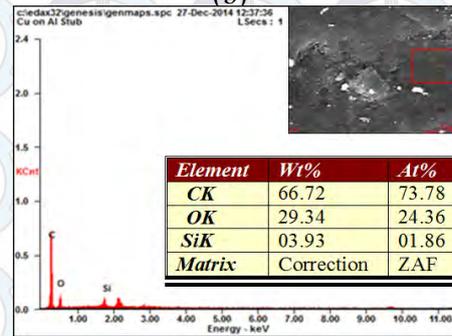
(a)



(b)



(c)



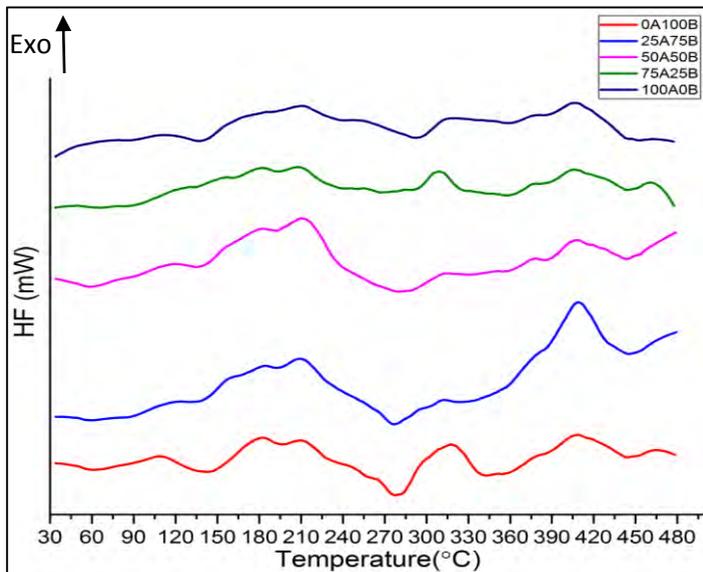
(d)

Gambar 4.4 EDX komposisi 75A25B (a) tanpa preirradiasi dan direndam pada temperatur (b)40°C, (c) 30°C, dan (d) 15°C



### 4.1.3 Uji DSC

Uji DSC (*Differential scanning Calorimetry*) menunjukkan aktivitas termal pada masing masing komposisi coating pada range temperatur 30°C-500°C dengan heat rate 10°C/menit. Grafik hasil DSC menunjukkan reaksi exothermic ke arah sumbu Y positif. Fokus analisa dari uji DSC ini ada pada Tg (*glass transition temperature*), dimana suatu material mulai berubah dari keras menjadi lunak. Hasil dari pengujian DSC diilustrasikan pada grafik 4.2.



Grafik 4.2 Perbandingan DSC



Komposisi kontrol, yaitu 100A0B dan 0A100B ditunjukkan pada grafik warna merah dan biru tua. Tg ditunjukkan melalui peak menurun pertama pada grafik. Komposisi 0A100B memiliki Tg yang berkisar pada  $\pm 120^{\circ}\text{C}$ . Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dengan hasil pada PAM (monomer B) sebesar Tg  $127.3^{\circ}\text{C}$  (Kumar 2012, 13971).

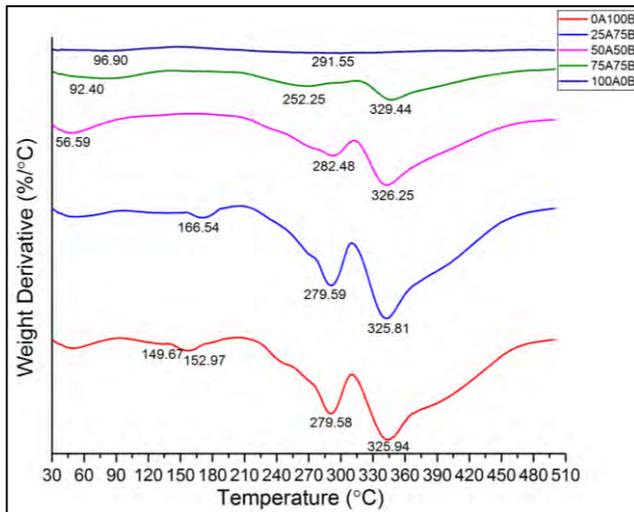
Pada komposisi gabungan, Tg semakin meningkat seiring dengan penambahan monomer A. Hal ini sesuai dengan sifat hydrophobic dari monomer A karena semakin meningkatnya Tg, maka tingkat penyerapan air menurun (J.M Hu et al).

Dari analisa DSC bisa disimpulkan bahwa Tg pada komposisi dari kombinasi monomer A dan monomer B mengalami pergeseran. Semakin bertambahnya persentase dari monomer A, maka Tg semakin bergeser ke kanan. Tren ini sekaligus menyatakan bahwa komposisi dengan dominasi monomer A akan memiliki tren yang mirip dengan komposisi 100A0B, sedangkan komposisi dengan dominasi monomer B memiliki tren yang mirip dengan 0A100B yang berarti pencampuran terjadi dengan baik.



#### 4.2 Analisa *Thermal Stability* dengan uji TGA

Dari pengujian TGA (*Thermal Gravimetric Analysis*) dapat diketahui tren thermal dari masing-masing komposisi coating dan ketahanan termalnya dari temperatur ruangan hingga 500°C. Hasil dari uji TGA disajikan dalam bentuk turunan pertamanya (DTG) yang diilustrasikan pada grafik 4.3.



Grafik 4.3 Perbandingan TGA

Pada komposisi kontrol 100A0B mengalami dua tahap dekomposisi, yaitu pada temperatur 96.90°C dengan intensitas yang sangat rendah yang kemungkinan besar merupakan *moisture evaporation* dan tahap kedua pada temperatur 291.55°C dengan intensitas yang lebih tinggi dari tahap pertama yang kemungkinan merupakan awal dekomposisi dari monomer A (TMOMS). Fakta ini diperkuat oleh uji TGA yang sudah pernah dilakukan pada TMOMS bahwa dekomposisi terjadi pada range temperatur 550 K–650 K (Defra Science Directorate, 2005)



atau setara dengan  $276.85^{\circ}\text{C}$ - $376.85^{\circ}\text{C}$ . Hal ini kontras dengan komposisi dengan 100% monomer B, yaitu komposisi 0A100B yang kurang stabil dengan empat tahap dekomposisi, yaitu pada temperatur  $149.67^{\circ}\text{C}$ ,  $152.97^{\circ}\text{C}$ ,  $279.58^{\circ}\text{C}$  dan tahap terakhir pada temperatur  $325.94^{\circ}\text{C}$ . Intensitas pada tahap satu dan dua sangat kecil dan dekat hingga tidak terpapar jelas. Kemungkinan dimulainya dekomposisi dari PAM ada pada tahap ketiga dan semakin tinggi intensitasnya pada tahap ke-empat. Berdasarkan beberapa literatur mengatakan, PAM mengalami dekomposisi pada range  $230$ - $330^{\circ}\text{C}$  (Burrows et al,1981) sehingga dari kecilnya persentase dekomposisi pada step 1 dan step 2 bisa diasumsikan bahwa fenomena yang terjadi adalah *moisture evaporation*. Dua ketahanan termal yang kontras ini menimbulkan tren kecenderungan pada komposisi perpaduan kedua monomer tersebut, dimana komposisi dengan dominasi monomer A akan cenderung mirip dengan 100A0B, sedangkan komposisi dengan dominasi monomer B akan mengikuti tren dari 0A100B.

Tren terbaca dari komposisi perpaduan keduanya, yang ditunjukkan pada grafik warna hijau, biru muda, dan pink. Semakin bertambahnya PAM, intensitas dekomposisi semakin tinggi dan pergeseran tempertur dekomposisi pada tahap awal hingga akhir memiliki kecenderungan mendekati temperatur dekomposisi dari 0A100B dan begitu pula sebaliknya dengan penambahan monomer A. Terlihat kontras antara tren 25A75B dengan 75A25B, sedangkan komposisi 50A50B perpaduan antara keduanya.

Dari pengujian ini dapat diambil kesimpulan bahwa komposisi perpaduan yang ketahanan termalnya paling baik adalah 25A75B karena awal dekomposisi paling tinggi diantara komposisi yang lain, meskipun demikian intensitas dekomposisinya cukup besar. Jika ditinjau dari penggunaan coating, maka komposisi paling ideal adalah 75A25B karena temperatur dekomposisi tetap diatas



temperatur penggunaan coating dengan intensitas yang sangat kecil.

### **4.3 Water Absorption Test**

Uji water absorption dilakukan untuk mensimulasi lingkungan kerja fiberglass, yaitu pada media air laut. 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 grafik 4.5, spesimen dengan coating komposisi 100A0B 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, larutkan, dan keluar dari struktur komposit dan tergantikan oleh air (interplastic corporation, 6).

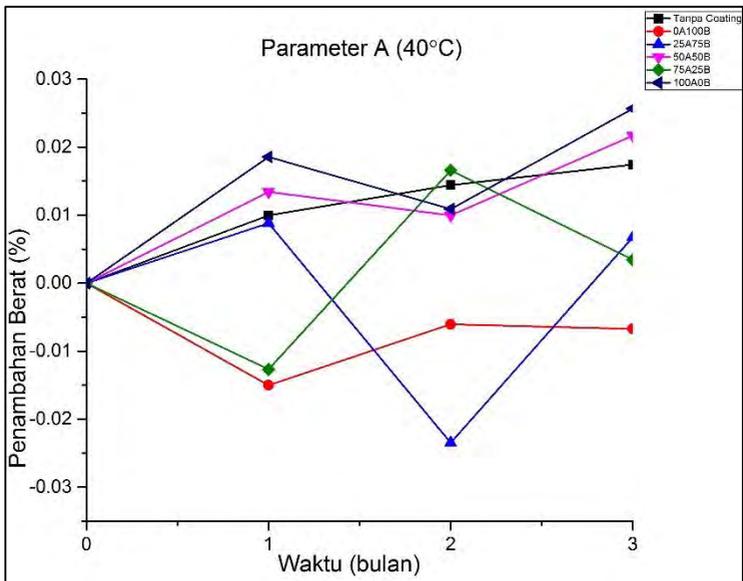
Grafik 4.6 menggambarkan perbandingan tingkat penyerapan air laut pada parameter B (Temperatur 30°C). Semua sample dengan coating menunjukkan tingkat penyerapan dibawah sample tanpa coating. Penurunan penyerapan dan massa paling drastis dialami oleh sample dengan coating 0A100B. Tingkat penyerapan air 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 grafik 4.7 menunjukkan bahwa spesimen tanpa coating menunjukan tren peningkatan

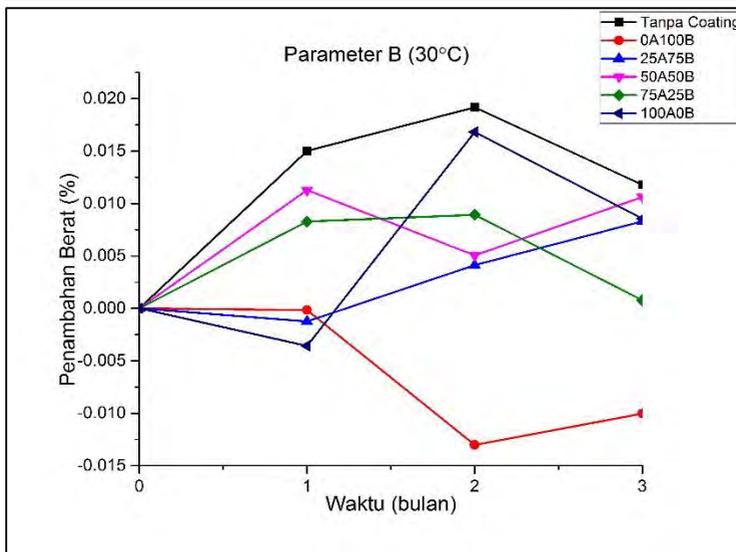


seiring bertambahnya waktu. Komposisi 75A25B dan 0A100B menunjukkan penurunan tingkat penyerapan air. Namun, tiga komposisi lainnya menunjukkan kenaikan tingkat penyerapan air laut.

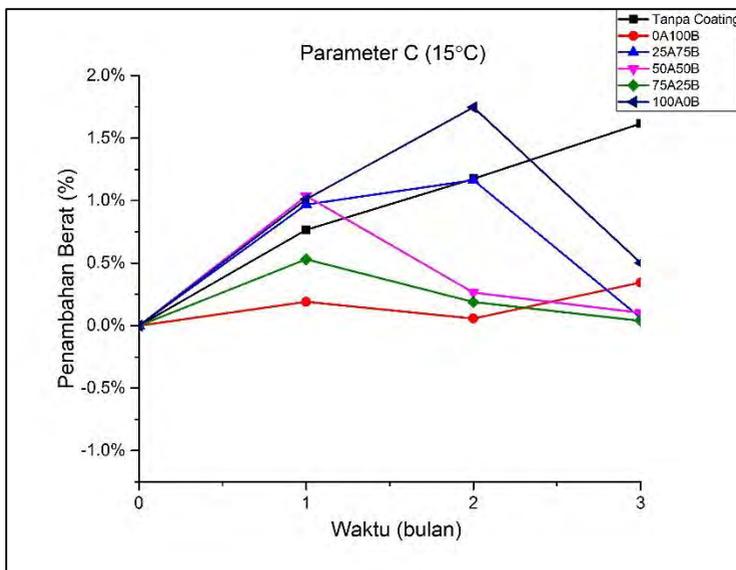
Dari uji absorpsi dapat disimpulkan bahwa tanpa coating, sample menyerap lebih banyak air, sedangkan jika dengan coating sample mengalami penurunan tingkat penyerapan air. Bisa dikatakan, komposisi yang memiliki performance terbaik adalah komposisi 75A25B.



Grafik 4.5 Perbandingan Water Absorption pada 40°C



Grafik 4.6 Perbandingan Water Absorption pada 30°C



Grafik 4.7 Perbandingan Water Absorption pada 15°C



#### 4.4 Analisa morfologi

Analisa morfologi dilakukan dengan dua pengujian, yaitu uji SEM dan uji visual. Tujuan dari analisa morfologi adalah melihat bagaimana penampakan dari coating jika diaplikasikan pada sampel fiberglass. Berikut adalah hasil analisa morfologi.

##### 4.4.1 Uji SEM

Uji SEM menganalisa morfologi coating dari semua komposisi pada keadaan tanpa direndam dan pada komposisi 25A75B, 50A50B, dan 75A25B yang direndam selama tiga bulan dengan variasi temperatur 15°C, 30°C, dan 40°C pada lingkungan air laut buatan (NaCl 3%). Dari keseluruhan, dibandingkan bagaimana morfologi sebelum direndam dan setelah direndam.

Sampel tanpa perendaman digambarkan pada gambar 4.5. Jika dibandingkan, morfologi dari 0A100B homogen dengan sedikit porous. Sedangkan pada 100A0B tampak ada berapa bintik berwarna putih namun cukup homogen. Hasil SEM pada komposisi 25A75B, 50A50B, dan 75A25B semuanya tampak sangat berbeda. Pada komposisi 25A75B di gambar 4.5(c), tampak ada bintik- bintik yang menyebar dengan cukup merata dengan adanya sedikit bintik berwarna putih seperti pada gambar 4.5(b). Hal ini disebabkan komposisi 25A75B didominasi monomer B yang ada pada komposisi 0A100B. Pada komposisi 50A50B, bintik jauh berkurang namun bercak berwarna putih pengaruh dari monomer B tetap muncul seperti ditunjukkan pada gambar 4.5(b). Sedangkan pada komposisi 75A25B dengan dominasi monomer A, morfologinya cenderung memiliki kemiripan dengan komposisi 100A0B, yaitu homogen dengan sedikit bintik putih.



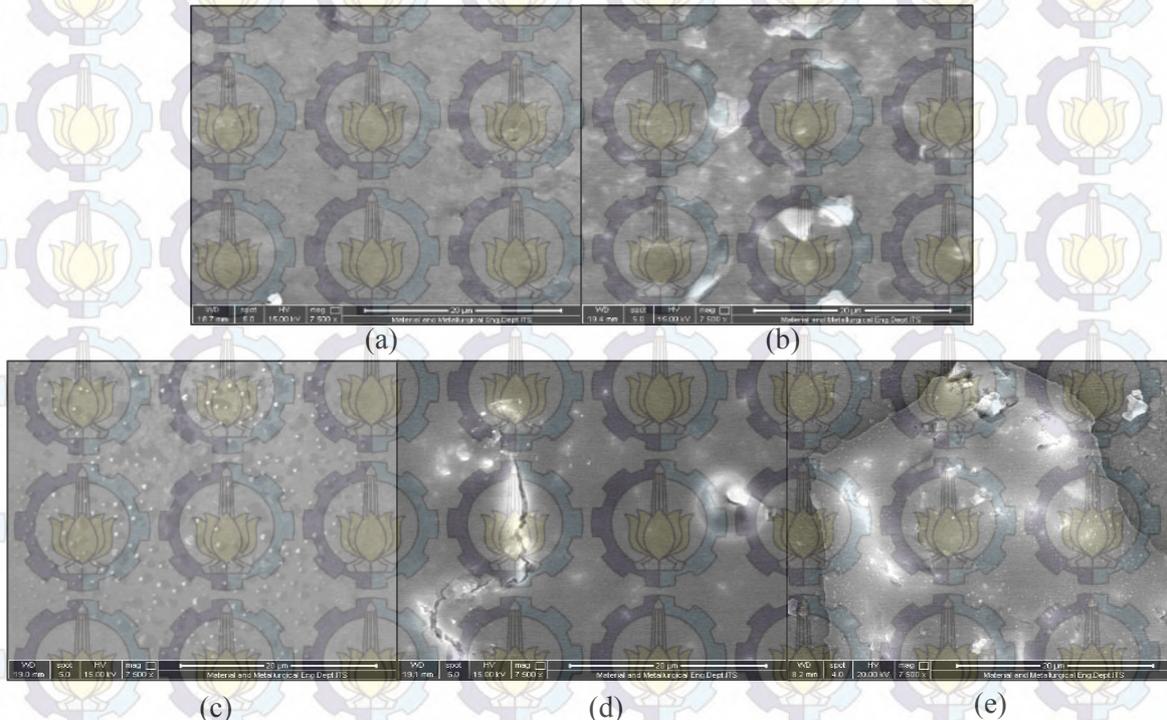
Pada sampel yang telah mengalami perendaman tampak ada indikasi coating yang pecah atau rusak pada temperatur yang berbeda-beda pada tiap komposisi. Misalnya saja pada komposisi 25A75B, coating rusak pada temperatur 40°C yang ditandai dengan bintik yang intensitasnya tinggi seperti yang ditunjukkan gambar 4.6(a) sedangkan pada temperatur 30°C pada gambar 4.6(b) keadaan coating cukup baik, meskipun pada temperatur 15°C sedikit porous seperti yang diilustrasikan pada gambar 4.6(c). Menurut gambar 4.7(c), coating komposisi 50A50B rusak sebagian pada saat direndam pada temperatur 15°C dan komposisi 75A25B rusak pada temperatur 30°C seperti gambar 4.8(b) dengan ciri-ciri yang sama dengan gambar 4.6(a).

Morfologi komposisi 50A50B baik pada temperatur 40°C dan 15°C tampak berlayer dan padat dan morfologi coating pada temperatur 40°C lebih homogen jika dibandingkan dengan morfologi di temperatur 30°C pada gambar 4.7(b). Pada komposisi dengan dominasi monomer A, yaitu 75A25B morfologi tampak homogen setelah perendaman di temperatur 40°C dan setelah perendaman di temperatur 15°C tampak berlayer dan sedikit porous yang digambarkan pada gambar 4.8(a) dan 4.8(c).

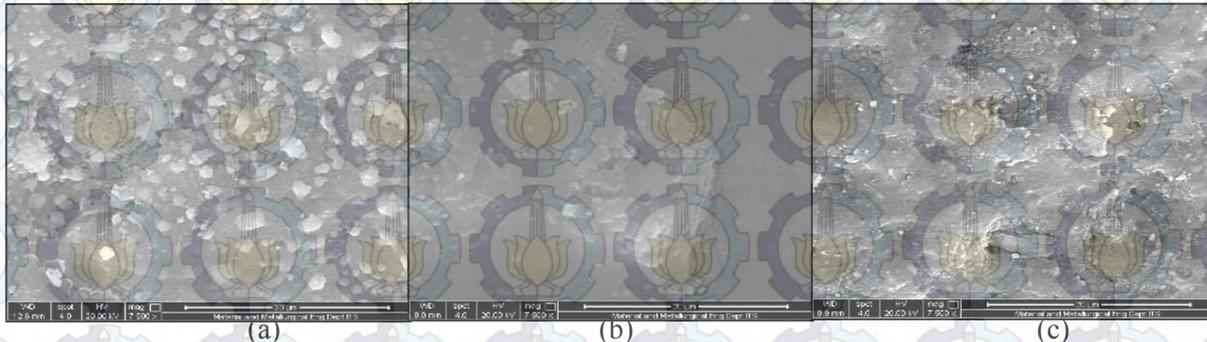
Hasil analisa morfologi menggunakan SEM, sampel yang sudah mengalami perendaman selama tiga bulan dapat dikaitkan dengan performa coating dalam uji water absorption. Pada pengujian water absorption parameter A (temperatur 40°C), sampel dengan komposisi 25A75B mengalami penurunan massa yang cukup dratis dan komposisi 50A50B dan 75A25B memiliki performa yang cukup stabil pada temperatur tersebut. Namun agaknya pada parameter B (Temperatur 30°C) kurang sesuai karena komposisi



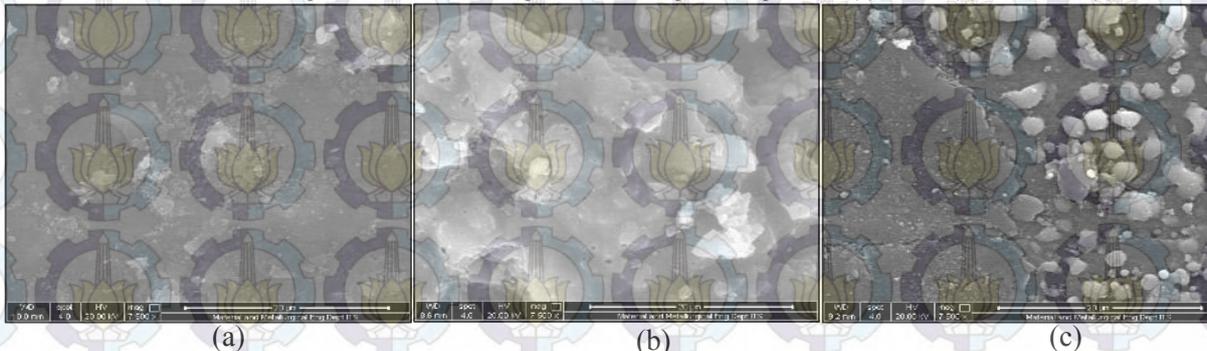
75A25B memiliki performa yang cukup baik dan telah menurunkan tingkat penyerapan air. Performa komposisi lain yang cukup stabil dimiliki oleh 50A50B, meskipun memiliki tren kecenderungan untuk naik (penyerapan air meningkat), sedangkan komposisi 25A75B memiliki tren penyerapan air yang meningkat. Komposisi 50A50B memiliki performa yang kurang bagus pada parameter C(15°C) terbukti karena coating yang rusak pada parameter tersebut, sehingga tingkat penyerapan lebih tinggi dari komposisi lain, sedangkan komposisi 75A25B memiliki performa yang lebih baik dengan menurunnya tingkat penyerapan karena morfologinya yang cukup homogen dengan porous yang sangat sedikit sehingga air pun terhalangi untuk terserap.



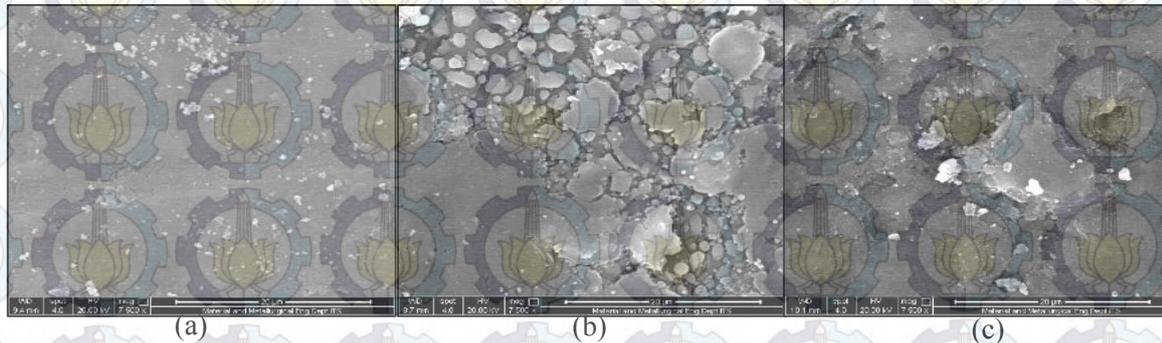
Gambar 4.5 SEM sampel tanpa perendaman dari komposisi : (a) 0A100B (b)100A0B, (c)25A75B, (d) 50A50B, dan (e)75A25B



Gambar 4.6 SEM sampel terendam dari komposisi 25A75B pada temperatur : (a) 40°C , (b) 30°C, dan (c) 15°C



Gambar 4.7 SEM sampel terendam dari komposisi 50A50B pada temperatur : (a) 40°C , (b) 30°C, dan (c) 15°C



Gambar 4.8 SEM sampel terendam dari komposisi 75A25B pada temperatur : (a) 40°C , (b) 30°C, dan (c) 15°C



#### 4.4.2 Uji Visual

Uji visual bertujuan untuk melihat penampang dari sampel dengan coating dan tanpa coating secara kasat mata (visual). Pengujian dilakukan dengan water drop test menggunakan air yang sudah diberi pewarna. Dari hasil uji visual, dapat diketahui dan dibandingkan seberapa *hydrophobic* sifat sampel setelah diberi coating dan tanpa diberi coating. Pengujian ini dilakukan sebagai pengganti *contact angle test*.

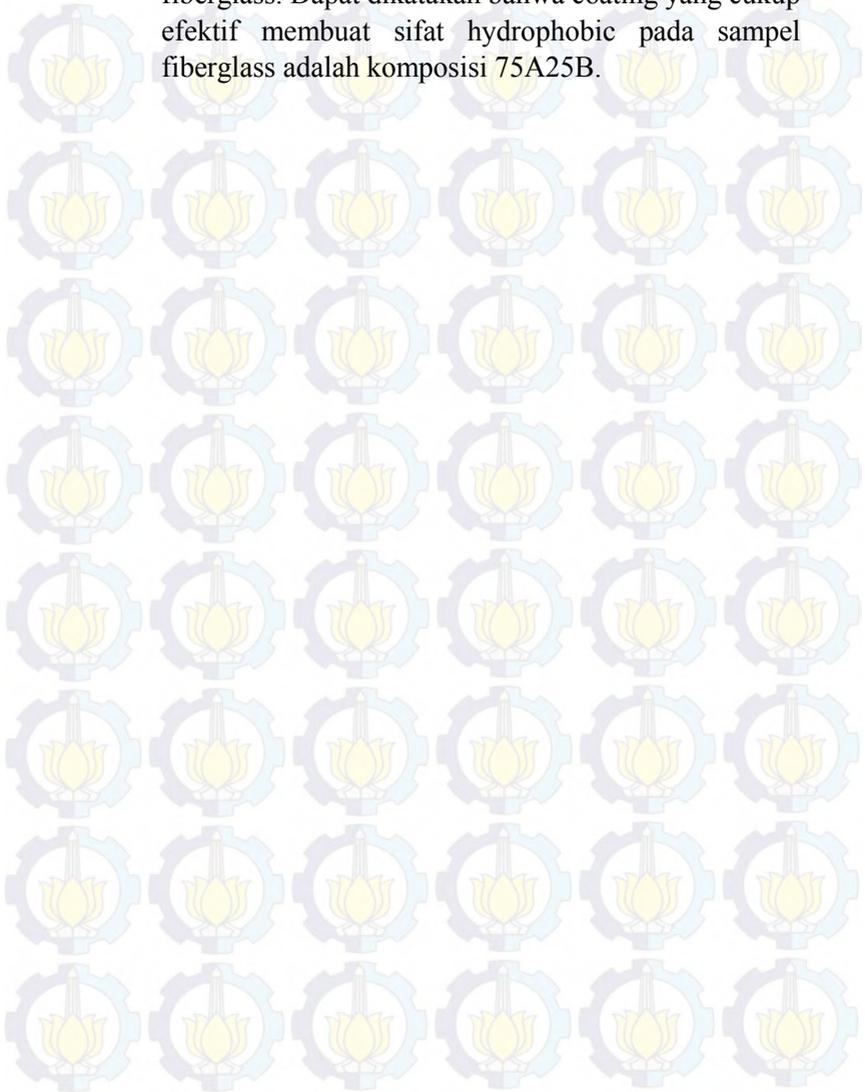
Pada gambar 4.9, sample tanpa coating tampak tidak *hydrophobic* karena tidak terdapat gumpalan air setelah di tetesi air. Sedangkan untuk sampel dengan coating, komposisi 100A0B dan 0A100B sangat kontras. Pada gambar 4.10(a), tetesan air pada sampel 100A0B mengumpul dan nyaris bulat, sedangkan pada komposisi 0A100B yang tergambar pada gambar 4.10(b), tidak tampak tetesan air yang mengumpul.

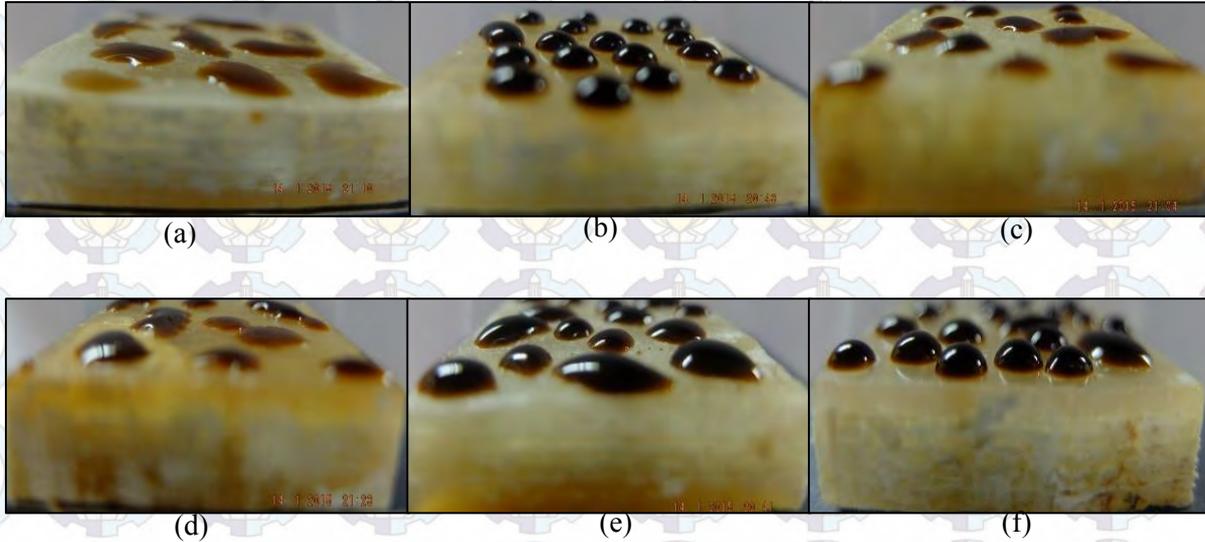
Bentuk kumpulan tetesan air pada sampel coating gabungan monomer A dan monomer B menunjukkan pengaruh dari kandungan PAM. Semakin banyak kandungan PAM, maka tetesan air semakin bulat, dimana *contact angle* pasti semakin besar sehingga sifat *hydrophobic*nya semakin baik. Misalnya saja bila membandingkan komposisi 75A25B dan 25A75B pada gambar 4.10 (c) dan (e). Semakin besar *contact angle* antara tetesan air dengan permukaan sampel, maka sifat *hydrophobic*nya semakin bagus (Hansson 2012).

Dapat disimpulkan bahwa semakin besar dominasi monomer A, maka makin baik sifat *hydrophobic*nya. Perbedaan kontras sangat terlihat antara komposisi 100A0B dan 0A100B dan coating



bekerja dalam membuat sifat hydrophic pada sample fiberglass. Dapat dikatakan bahwa coating yang cukup efektif membuat sifat hydrophobic pada sampel fiberglass adalah komposisi 75A25B.





Gambar 4.9 Uji Visual pada sampel (a) Tanpa Coating (b)100A0B , (c) 0A100B, (d) 25A75B, (e) 50A50B, dan (f) 75A25B



#### 4.5 Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan Mikrohardness Vickers dengan pembebanan 0.3 kgf pada lima titik dengan sampel berukuran 4 cm x 4 cm x 1 cm. Uji kekerasan dilakukan karena berkaitan dengan teori yang mengatakan bahwa penyerapan air pada fiberglass mempengaruhi kekakuan dan kekerasannya. Oleh sebab itu, pada pengujian ini membandingkan sampel yang dicoating dengan komposisi 75A25B tanpa perendaman dengan sampel yang direndam selama satu bulan pada variasi temperatur, yaitu 40°C, 30°C, 15°C. Hasil pengujian yang disajikan dalam gambar 4.14 menunjukkan bahwa terbukti sampel fiberglass yang telah mengalami perendaman menunjukkan penurunan kekerasan, yang juga berarti penurunan kekakuan dan kekerasan. Hal ini sesuai dengan studi yang sebelumnya telah dilakukan yang menyatakan water absorption menurunkan kekakuan dan kekerasan. (Almeida 2007).

Pada sampel fiberglass tanpa perendaman yang diilustrasikan pada grafik kolom berwarna hitam menunjukkan nilai 28.14 HV. Nilai penurunan terbanyak adalah sampel yang direndam pada temperatur 30°C, sedangkan sampel dengan penurunan paling sedikit ada terjadi pada sampel yang direndam pada temperatur 15°C.

Tabel 4.2 Perbandingan nilai kekerasan pada sampel coating 75A25B

Kode Sampel	Nilai Kekerasan Rata-rata(HV)
75A25B Tanpa rendam	28.14
75A25B (Temp.40°C)	25.28
75A25B (Temp.30°C)	21.32
75A25B (Temp.15°C)	27.46



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB V KESIMPULAN

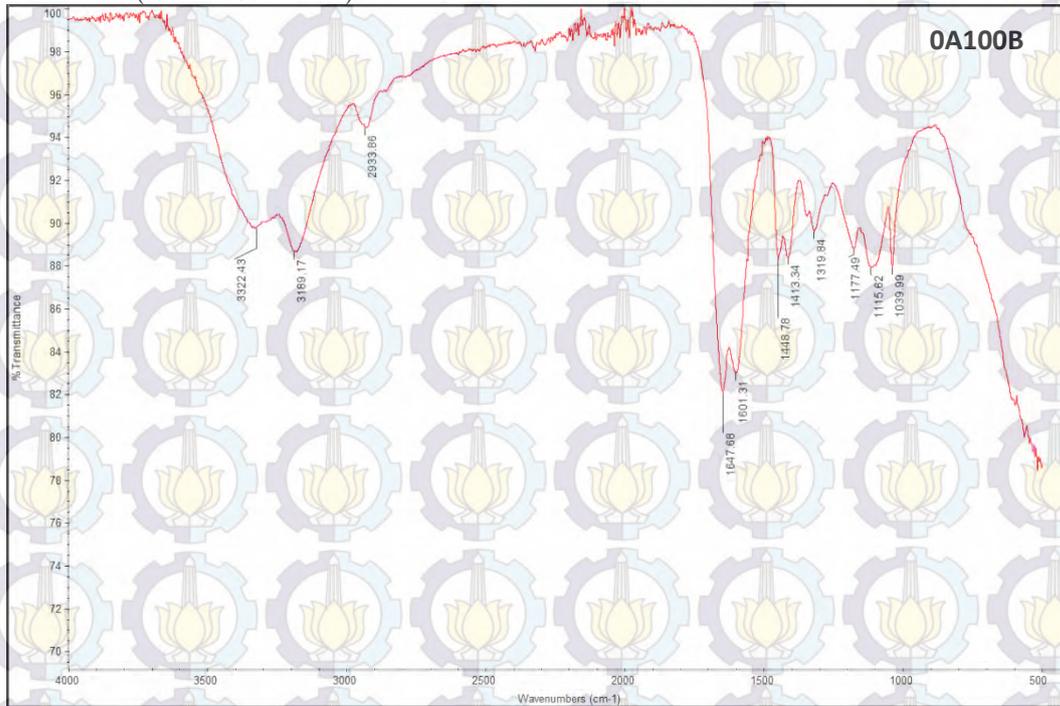
### 5.1. Kesimpulan

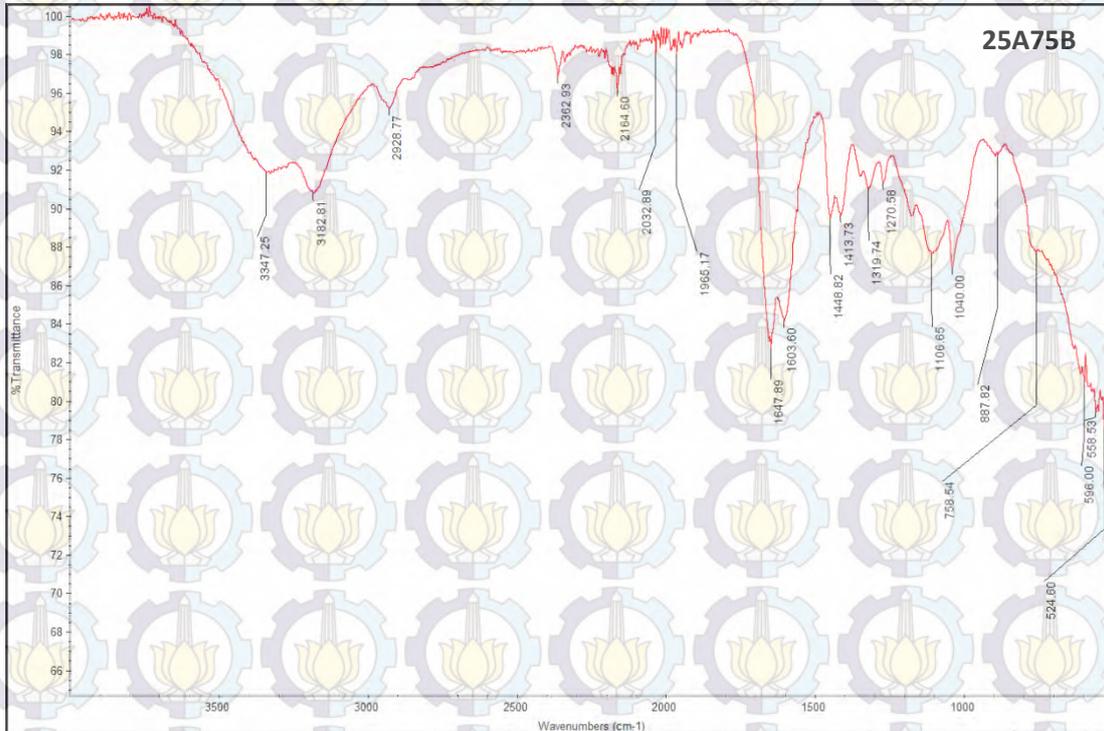
Dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

Perpaduan monomer A (TMOMS) dan monomer B (PAM) telah berhasil dilakukan melalui bukti analisa komposisi kimia melalui uji FTIR, EDX, dan DSC. Dengan bertambahnya monomer A, maka sifat hydrophobic semakin baik dan performa coating secara umum semakin baik yang ditunjukkan dari hasil uji visual, uji TGA, dan uji *water absorption*. Performa coating yang paling baik adalah 75A25B.



LAMPIRAN A (PEAK UJI FTIR)





## DAFTAR PUSTAKA

- n.d. Accessed September 18, 2014. [www.zlpam.com/wp-content/.../About-Polyacrylamide-Fact-Sheet.pdf](http://www.zlpam.com/wp-content/.../About-Polyacrylamide-Fact-Sheet.pdf).
- n.d. Accessed September 2014. <http://nersp.nerdc.ufl.edu/~tia/rockwell%20hardness%20test%20procedure.pdf>.
- A S Maxwell, W R Broughton, G Dean, G D Sims. 2005. *Review of Accelerated Ageing Methods and Lifetime Prediction for Polymeric Materials*. Teddington: National Physical Laboratory.
- Arkles, Barry. 2006. *Hydrophobicity, Hydrophilicity and Silane Surface Modification*. Morrisville: Gelest, Inc.
- Arkles, Barry. 2006. "Hydrophobicity, Hydrophilicity and Silanes."
- Arkles, Barry. 2006. *Hydrophobicity, Hydrophilicity, and Silanes*. Morrisville: Gelest, Inc.
- Associates, Eric Greene. 1999. *Marine Composites Second Edition*. Annapolis: Eric Greene Associates, Inc.
- Blomberg, Bengt. 2000. *OSMOSIS-Myth and Reality About Hydrolyse Blistering and Delamination in FRP Boat Hulls*.
- Bumgamer, Craig. 2014. *Blisters & Laminate Hydrolysis*. Zahniser's Yachting Center.

- Callister, William D. 2007. *Materials Science and Engineering : An Introduction*. New York: John Wiley&Sons,Inc.
- Chawla, Krishan K. 2012. *Composite Materials Science and Engineering*. New York: Springer-Valeg.
- Clegg, Nigel. 2006. *A Short Guide to Osmosis & its Treatments*. Durham: The Manor House.
- Coates, John. 2000. *Interpretation of Infrared Spectra,A Practical Approach*. Analytical chemistry, Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Composites, Triaxis. 2013. *Boat Building Practices*. Jakarta: Triaxis Composites.
- Corporation, Interplastic. 2006. *A 15-Year Study of the Effective Use od Permeation Barriers in Marine Composites to Prevent Corrosion and Blistering*. St.Paul,MN: Interplastic Corp.
- Eduardo Ken Tsuzuki, Célio Taniguchi,Antônio Carvalho Filho. 2002. "Gelcoat Blistering and the Use of Glassflakes." *The Twelfth (2002) International Offshore and Polar Engineering Conference*. Kitakyushu: The International Society of Offshore and Polar Engineers.
- Galanis, Konstatinos. 2002. *Hull Construction with Composite Materials for Ship Over 100 m in Length*. Master Thesis Report, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

Hansson, Petra. 2012. *Hydrophobic Surfaces: Effect of Surface Structure on Wetting and Interaction Forces*. Doctoral Thesis, Stockholm: YKI Publication.

Indonesia, Badan Klasifikasi. 2014. "Rules for Non-Metallic Materials." Jakarta.

International, ASTM. 1970. *Standard Method of Test for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Instrument*. Technical Report, ASTM International.

International, ASTM. 1999. *Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*. Technical Report, West Conshocken,PA: ASTM International.

—. n.d. "www.astm.org." doi:10.1520/D0570-98.

Krisnan, Nino. 2011. 10 30. Accessed January 22, 2014. <http://boatindonesia.com/2011/10/penggunaan-konstruksi-fiberglass-dan-frp-di-kapal-boat/>.

Launer, Philip J. n.d. *Infrared Analysis of Organosilicon Compounds : Spectra-Structure Correlations*. New York: Laboratory For Materials,Inc.

Mahadik, Satish A., Vinayak Parale, Rajiv S. Vharkara, Dinesh B. Mahadik, Mahendra S. Kavale, Pratap B. Wagh, Satish Gupta, and Jyoti Gurav. 2013. "Superhydrophobic Silica Coating by Dip Coating Method." *Journal of Applied Surface Science*.

Mengnan Qua, Jinmei Hea and Junyan Zhang. 2010. "Superhydrophobicity, Learn from the Lotus Leaf." *InTech*.

- Miller, David, John F. Mandell, Samborsky D. Daniel, Bernadette A. Sanchez, and D. Todd Griffith. 2012. "Performance of Composite Materials Subjected to Salt Water Environments." *AIAA SDM Wind Energy Session*.
- Miller, Paul Holden. 2000. *Durability of Marine Composites: A Study of the Effects of Fatigue on Fiberglass in the Marine Environment*. Scientific Report, Berkeley: UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
- Mokhena, Teboho Clement. 2012. *Preparation and Characterization of Vinyl Silane Crosslinked Thermoplastic Composites Filled with Natural Fibres*. Thesis Report, University of the Free State.
- Pascoe, David. n.d. Accessed 2014.
- Pascoe, David. n.d. "A Blistered Boat, That Is."
- n.d. "Pusat Penyuluhan, Kelautan, dan Perikanan." Accessed 2014.  
<http://www.pusluh.kkp.go.id/index.php/arsip/file/118/1-gabung.pdf>.
- Rachini, Ali, Marianne Le Troedec, Claire Peyratout, and Jane Smith. 2012. "Chemical Modification of Hemp Fiber by Silane Coupling Agents." *Journal of Applied Polymer Science Vol. 123* (Wiley Online Library) 601-610.
- Rockett, Ph.D, Thomas J., and Vincent Rose, Ph.D. 1987. *The Cause of Boat Hull Blisters*. Kingston: U.S Coast Guard.

Salazar, Ana Catalina Duque. 2011. *Development of Silica Containing Materials for the Adsorption of Organic Compounds*. Thesis Report, Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Shin-Etsu. 2011. *Silane Coupling Agents*. Tokyo: Shin-Etsu Silicones.

Sowwan, Mukhles, Maryam Faroun, Ishaq Musa, Imad Ibrahim, Sami Makharza, Wadie Sultan, and Hasan Dweik. 2008. "Study on the Morphology of Polyacrylamide-Silica Fumed Nanocomposite Thin Films." *International Journal of Physical Sciences* 144-147.

Sowwan, Mukhles, Sami Makharza, Wadie Sultan, Jamal Ghabboun, and Hasan Dweik. 2011. "Analysis, Characterization and Some Properties of Polyacrylamide-Ni(II) Complexes." *International Journal of the Physical Sciences Vol.6* (International Journal of the Physical Sciences) 6280-6285.

Thierry Materne, François de Buyl, Gerald L. Witucki. 2006. *Organosilane Technology in Coating Applications: Review and Perspectives*. Midland: Dow Corning Corporation.

Yun-Hae Kim, Jun-Mu Park, Sung-Wong Yoon, Jin-Woo Lee, Min-Kyo Jung, Ri-Ichi Murakami. 2011. "The Effect of Moisture Absorption and Gel-Coating Process on the Mechanical Properties of the Basalt Fiber Reinforced Composite." *International Journal of Ocean System Engineering* 148-154.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Prima Mandana Achmadi. Penulis lahir di Surabaya, 20 Juli 1993 dan merupakan anak pertama dari pasangan Ir. Tri Achmadi, Ph.D dan Dra. Lilies Sulistiawatie, M.A. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD.Kr. Cita Hati Surabaya (1999-2005), SMPK. Santa Clara Surabaya (2005-2008), dan SMAN 2 Surabaya (2008-2011).

Setelah SMA, penulis mengikuti SNMPTN 2011 dan diterima di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.

Dalam rangka menyelesaikan studi S1-nya, penulis memilih bidang material inovatif untuk tugas akhirnya dengan judul ***“Coating Hydrophobic Sebagai Pencegahan Osmosis Pada Material Fiberglass Untuk Aplikasi Marine Materials.”***

**Prima Mandana Achmadi**

Email : [prima.mandana93@gmail.com](mailto:prima.mandana93@gmail.com)

Phone : +62-878-5235-3157

---

