

PENGARUH JENIS KATALIS DAN VARIASI SUSUNAN LAYER FRP (FIBERGLASS REINFORCED PLASTIC) TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETAHANAN KOROSI PADA FLUIDA ASAM PHOSPAT

Achmat Ali prambudi^{1*}, Budi Prasajo², Endah Wismawati³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,2,3}

Email: achmataliprambudi@gmail.com^{1*}

Abstract - In the chemical industry, corrosion problems often occur due to the acidity of liquids. Like one of the phosphoric acid factories in Manyar Roomo Gresik which has a fairly high acidity level. To overcome this, factory installations use materials such as Fiberglass Reinforced Plastics that are strong and resistant to corrosion. The material is made from a woven webbing and laminated mats using resin, catalysts and other additives. In this final project, to find out Fiberglass Reinforced Plastics material with Mepoxe, Mepoxe M, and CHP catalysts and Mat and WR settings. In this study immersion tests and Tensile tests were carried out to determine corrosion resistance and material strength. Tests on materials were carried out using 36 specimen samples consisting of 3 types of catalysts and 3 types of layer Mat and WR. The tensile test process refers to the ASTM D-638 "Standard Test Method for Plastic Tensile Properties" while the immersion test refers to ASTM-G31. From the research above the highest corrosion rate and the lowest tensile strength value of the specimens using CHP catalyst type with layer I variations (w, m, m, w, m, m, w) that is 0.0170 mm / year and 69 , 70 MPa. It can be concluded that specimens that have the greatest tensile strength and are corrosion resistant to phosphoric acid liquids with pH1 and temperature 70 ° are specimens which have a high percentage using the Mepoxe M catalyst type and a large number of mobile weavings in the coating arrangement.

Keyword: Fiberglass Reinforced Plastics, catalyst type, Immersion test, and Tensile test

Nomenclature:

PD = Design pressure [MPa]
Td = Design temperature [°C]
To = Operational temperature [°C]
Q = Debit [m³/s] pt = Densitas material [kg/m³] ID = Inside diameter [m]
OD = Outside diameter [m]
V = kecepatan aliran [m/s]

1. PENDAHULUAN

Korosi erosi merupakan salah satu kerusakan yang sering terjadi pada sistem perpipaan akibat adanya pergerakan relatif fluida korosif dengan permukaan logam material. Selain itu dapat membuat pipa-pipa dan equipment pada industri dapat mengalami kerusakan karena adanya pergerakan fluida yang begitu korosif. Korosi merupakan proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung dengan sendirinya, oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali. Korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga dapat memperlambat proses perusakannya. Dilihat dari aspek elektrokimia, korosi merupakan proses terjadinya transfer elektron dari logam ke lingkungannya. Logam yang mengalami korosi erosi akan menimbulkan bagian-bagian yang

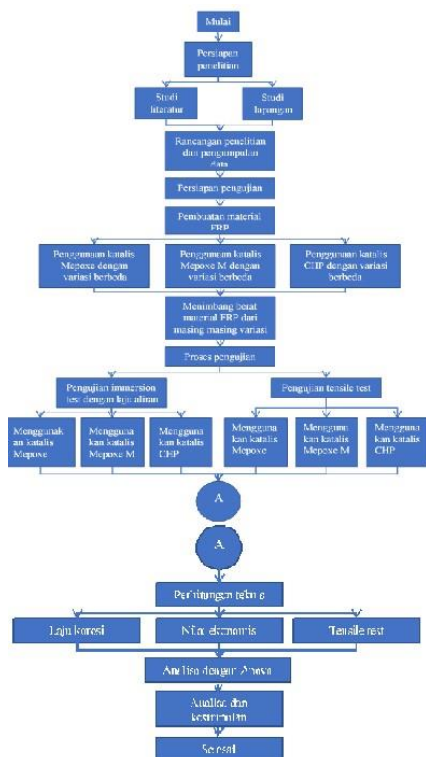
kasar dan tajam. Akibat gesekan antara fluida dengan logam sehingga logam tergerus dengan percepatan karena gerakan relatif antara fluida korosif dan permukaan metal, sehingga dapat menyebabkan korosi erosi pada material yang mengalami pergesekan . Maka material stainless steel saat ini jarang dijadikan pengganti yang mendistribusikan fluida asam dan diganti menggunakan material non-logam salah satunya yaitu *fiber reinforced plastics* (FRP).

Pada Tugas Akhir ini (TA) ini membahas tentang mengenai pengaruh variasi penggunaan *Catalyst Mepoxe, Mepoxe M, dan Chp* serta perbedaan variasi susunan layer agar dapat mengetahui komposisi yang tepat untuk pipa pendistribusian fluida asam. Untuk mengatasi permasalahan kebocoran pada pipa tersebut maka komposit FRP yang dibutuhkan dilakukan pengujian Tensile Test dan Immersion Test untuk mengetahui ketahanan korosi serta mengetahui tegangan kekuatan dari komposit FRP. Data yang diperoleh mengacu pada standart ASTM

D638 untuk pengujian tensile test dan standart ASTM C581, untuk pengujian Immersion Test. Serta menghitung nilai ekonomis dari perbandingan yang memiliki kekuatan uji tarik tertinggi, nilai ketahanan korosi yang mencukupi serta memiliki harga yang murah.

2. METODOLOGI.

2.1. Diagram Alir



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian

2.2. Langkah Penelitian

Pada penelitian ini untuk mengetahui hasil data pengujian korosi erosi terhadap material FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) dan hasil data pengujian *tensile test* dengan susunan variasi 3 layer yang berbeda yang terdiri dari susunan mat dan WR dan penggunaan 3 jenis katalis yang berbeda. Waktu yang digunakan untuk melakukan pengujian laju korosi selama 24 jam untuk setiap variasi. Dilakukan pengujian setiap perlakuan agar dapat terlihat perbedaan laju korosi dari masing-masing variasi. Sebelum melakukan pengujian laju korosi dari setiap spesimen yang di uji harus di timbang dengan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,0001. Penimbangan dilakukan bertujuan untuk mengetahui berat asal material sebelum di uji. Kemudian dilakukan pengujian korosi yang mengacu pada ASTM C581, setelah itu dilakukan penimbangan untuk berat sesudah di uji bertujuan untuk mengetahui nilai laju korosi erosinya. Sedangkan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dilakukan pengujian *tensile test* dengan mengacu pada ASTM D638 yang bertujuan untuk melihat dimesi dari pengujian tensile test. Setelah mengetahui nilai kekuatan tarik dan nilai laju korosi dilakukan analisa dengan menggunakan metode anova untuk mengetahui nilai ekonomis.

A. Variasi spesimen

Susunan FRP terdiri dari 3 variasi susunan mat serta WR (wr, m, m, m, wr, m, m, m, wr), (wr, wr, m, m, m, m, wr, wr), dan (w, w, m, w, w, m, m, w).

Sedangkan untuk variasi dari jenis katalis menggunakan katalis *CHP*, katalis *Mepoxe*, katalis *Mepoxe M*

Woven Rofing	Woven Rofing	Woven Rofing
Mat	Woven Rofing	Woven Rofing
Mat	Mat	Mat
Woven Rofing	Mat	Woven Rofing
Mat	Mat	Woven Rofing
Mat	Mat	Mat
Woven Rofing	Woven Rofing	Mat
Woven Rofing	Woven Rofing	Woven Rofing

Gambar 2.1 Variasi susunan WR dan menggunakan katalis CHP

Woven Rofing	Woven Rofing	Woven Rofing
Mat	Woven Rofing	Woven Rofing
Mat	Mat	Mat
Woven Rofing	Mat	Woven Rofing
Mat	Mat	Woven Rofing
Mat	Mat	Mat
Woven Rofing	Woven Rofing	Mat
Woven Rofing	Woven Rofing	Woven Rofing

Gambar 2.2 Variasi susunan WR dan Mat menggunakan katalis Mepoxe

Woven Rofing	Woven Rofing	Woven Rofing
Mat	Woven Rofing	Woven Rofing
Mat	Mat	Mat
Woven Rofing	Mat	Woven Rofing
Mat	Mat	Woven Rofing
Mat	Mat	Mat
Woven Rofing	Woven Rofing	Mat
Woven Rofing	Woven Rofing	Woven Rofing

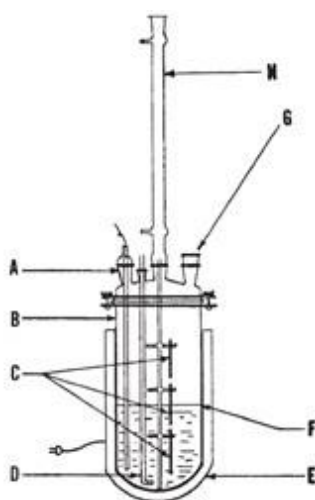
Gambar 2.3 Variasi susunan WR dan Mat menggunakan katalis Mepoxe M

B. Immersion Test

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh fluida terhadap material FRP (*Fiberglass Reinforced Plastics*) dengan temperature 70°C dan pH asam phospat 1 mengacu pada ASTM C581 dengan kecepatan 1,61 m/s. Sebelum dan sesudah pengujian dilakukan penimbangan spesimen untuk mengetahui berat yang hilang, area yang terpapar fluida saat pengujian ditunjukkan pada gambar 2.4 Area yang terpapar saat pengujian *immersion*

Gambar	No	Bagian	Rumus
	1	Depan & Belakang	$L = (p \times l) - (\pi r^2)$
	2	Atas & Bawah	$L = p \times t$
	3	Kanan & Kiri	$L = l \times t$
	4	Tengah	$L = 2\pi r t$

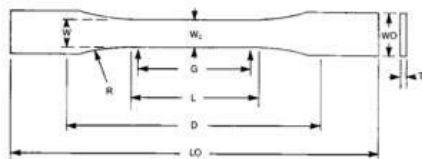
Gambar 2.4 Area yang terpapar saat pengujian immersion



Gambar 2.5 Skema alat pengujian immersion

C. Uji Tarik

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik material FRP terhadap pengaruh variasi hibrid resin serta variasi woven roving dan mat pada fluida asam phospat mengacu pada ASTM D-638



Dimensions	7 mm
	type I(mm)
W-Width of narrow section	13
L-Length of narrow section	57
WO-Width overall	19
LO-Length overall	165
G-Gage Length	50
D-Distance between grips	115
R-Radius of fillet	76

Gambar 2.6 Dimensi Spesimen Uji Tarik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Immersion

A. Perhitungan Kecepatan Perhitungan kecepatan dilakukan dengan cara manual. Berikut langkah-langkah menghitung kecepatan aliran :

Diketahui Diameter Pipa 6" Sch 40

ID = 154,08 mm

Q = 0,030 m³/s Menghitung

kecepatan aliran :

V = Q/A

= 139,766 rpm

Setelah itu dilakukan Pengujian immersion test dilakukan selama 24 jam dengan suhu fluida sebesar 70°C. Kecepatan putaran yang dilakukan pada proses uji yaitu sebesar 140 rpm.

B. Selisih Berat Spesimen

Tabel 1.1 Selisih Berat Spesimen

No	Kode	Variasi	Jenis Katalis	Berat Spesimen Awal	Berat Spesimen Akhir	Hasil Pengurangan
1.	B1	2R,4M,2R	C	23,7448	23,7443	0,0005
2.	B2	2R,4M,2R	M	25,3129	25,3124	0,0005
3.	B3	2R,4M,2R	MM	26,1937	26,1933	0,0004
4.	B4	R,2M,R,3M,R	C	24,7447	24,7442	0,0005
5.	B5	R,2M,R,3M,R	M	26,136	26,1354	0,0006
6.	B6	R,2M,R,3M,R	MM	24,6178	24,6173	0,0005
7.	B7	2R,M,2R,2M,R	C	24,5185	24,5181	0,0004
8.	B8	2R,M,2R,2M,R	M	25,1854	25,185	0,0004
9.	B9	2R,M,2R,2M,R	MM	24,1046	24,1042	0,0004
10.	B10	2R,4M,2R	C	23,9964	23,996	0,0004
11.	B11	2R,4M,2R	M	25,136	25,1356	0,0004
12.	B12	2R,4M,2R	MM	24,5664	24,5659	0,0005
13.	B13	R,2M,R,3M,R	C	25,1282	25,1277	0,0005
14.	B14	R,2M,R,3M,R	M	24,6997	24,6993	0,0004
15.	B15	R,2M,R,3M,R	MM	23,8432	23,8428	0,0004
16.	B16	2R,M,2R,2M,R	C	25,2363	25,2358	0,0005
17.	B17	2R,M,2R,2M,R	M	23,9877	23,9873	0,0004
18.	B18	2R,M,2R,2M,R	MM	25,1968	25,1964	0,0004

C. Perhitungan Corrosion Rate FRP

Setelah didapatkan data pengurangan pada spesimen dan luas area total, maka dilakukan perhitungan corrosion rate dengan mengacu pada standart ASTM G31 :

Corrosion Rate = $(k \cdot w) / (A \cdot T \cdot \rho)$

k = 87600 Time =

24 jam

ρ material = 1,6608 g/cm²

• Kode spesimen 1.3.1

CR = $(k \cdot w) / (A \cdot T \cdot \rho)$

= $(87600 \cdot 0,0005) / (62,561 \cdot 24 \cdot 1,6608)$

= 0,0176 mm/years

Hasil perhitungan Corrosion Rate ditunjukkan pada tabel 1.2 Corrosion Rate FRP

Tabel 1.2 Corrosion Rate FRP

No	Variasi	Jenis Katalis	Spesimen 1	Spesimen 2	Rata-rata
1	2R,4M,2R	C	0,0176	0,0136	0,0156
2	2R,4M,2R	M	0,0164	0,0133	0,0149
3	2R,4M,2R	MM	0,0129	0,0167	0,0148
4	R,2M,R,3M,R	C	0,0173	0,0167	0,0170
5	R,2M,R,3M,R	M	0,0193	0,0131	0,0162
6	R,2M,R,3M,R	MM	0,0167	0,0141	0,0154
7	2R,M,2R,2M,R	C	0,0133	0,0164	0,0149
8	2R,M,2R,2M,R	M	0,0127	0,0138	0,0132
9	2R,M,2R,2M,R	MM	0,0131	0,0131	0,0131

D. Perhitungan Kekuatan Tarik FRP Hasil perhitungan kekuatan tarik ditunjukkan pada tabel 1.3 Kekuatan Tarik FRP

Tabel 1.3 Kekuatan Tarik FRP

$$= (0,030 \text{ m}^3/\text{s}) / (\pi r^2)$$

$$= (0,030 \text{ m}^3/\text{s}) / (\pi 0,077 \text{ m}^2)$$

$$= 1,61 \text{ m/s}$$

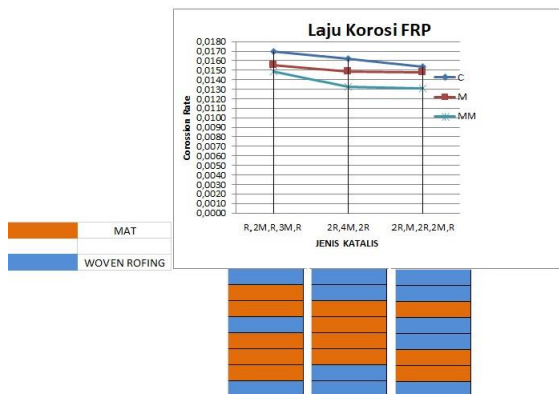
Dari perhitungan di atas ditemukan kecepatan fluida asam fosfat adalah 1,61 m/s. Setelah itu dikonversi menjadi satuan rpm untuk menghitung banyaknya putaran dalam pengujian tiap menitnya.

$$\text{Rpm} = (60.000 \times \text{speed in m/s}) / (\pi \times \text{diameter (mm)})$$

$$= (60.000 \times 1,61 \text{ m/s}) / (\pi \times 220 \text{ (mm)})$$

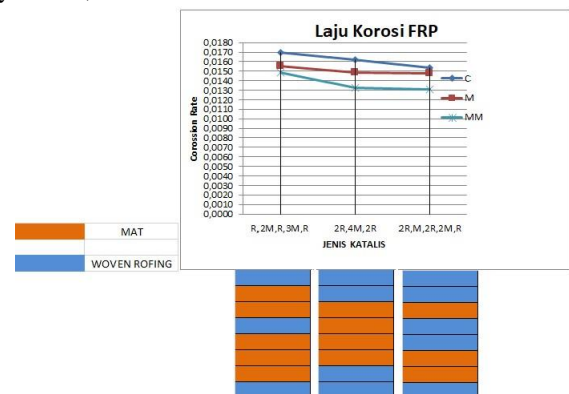
Jenis Katalis	Variasi Layer	Kekuatan Tarik		Rata-Rata
		1	2	
CHP	1 (3 WR : 5 M)	53,4	86	69,70
	2 (4 WR : 4 M)	95	94,3	94,65
	3 (5 WR : 3 M)	127,2	97,2	112,20
M	1 (3 WR : 5 M)	95,5	94,3	94,90
	2 (4 WR : 4 M)	117,7	98,7	108,20
	3 (5 WR : 3 M)	144,7	116,7	130,70
MM	1 (3 WR : 5 M)	103,3	103,2	103,25
	2 (4 WR : 4 M)	161,5	103,3	132,40
	3 (5 WR : 3 M)	164,8	163,6	164,20

E. Analisa Corrosion Rate FRP Untuk mempermudah analisa, hasil perhitungan corrosion rate FRP ditampilkan dalam bentuk grafik seperti gambar 3.1 Grafik Pengaruh hibrid resin dengan variasi susunan mat dan woven roving terhadap ketahanan korosi pada fluida asam phospat dengan pH1 dan temperature 70°. Berdasarkan data grafik, didapatkan nilai corrosion rate spesimen FRP (Fiber Reinforced Plastic) dengan menggunakan katalis CHP lebih tinggi dibandingkan spesimen FRP dengan menggunakan katalis Mepoxe dan Mepoxe M, dan didapatkan nilai corrosion rate spesimen FRP dengan variasi layer 1 (wr, 2m, wr, 3m, wr) lebih tinggi dibandingkan spesimen FRP dengan variasi layer 2 (2wr, 4m, 2wr) dan layer 3 (2wr, m, 2wr, 2m, wr). Nilai corrosion rate tertinggi didapatkan dari spesimen FRP dengan menggunakan katalis CHP dengan variasi layer 1 (wr, 2m, wr, 3m, wr) yaitu 0,0170 mm/year, sedangkan Nilai corrosion rate terendah didapatkan dari spesimen FRP dengan menggunakan katalis Mepoxe M dengan variasi layer 3 (2wr, m, 2wr, 2m, wr) yaitu 0,0131 mm/year.



Gambar 3.1 Pengaruh jenis katalis dengan variasi susunan mat dan woven roving terhadap ketahanan korosi pada fluida asam phospat dengan pH1 dan temperature 70°

F. Analisa Kekuatan Tarik FRP Untuk mempermudah analisa, hasil perhitungan kekuatan tarik FRP ditampilkan dalam bentuk grafik seperti gambar 3.2 Grafik Pengaruh hibrid resin dengan variasi susunan mat dan woven roving terhadap kekuatan tarik FRP. Berdasarkan data grafik, didapatkan nilai kekuatan tarik spesimen FRP (Fiber Reinforced Plastic) dengan menggunakan katalis Mepoxe M lebih tinggi dibandingkan spesimen FRP dengan menggunakan katalis Mepoxe dan katalis CHP, dan didapatkan nilai kekuatan tarik spesimen FRP dengan variasi layer 3 (2wr, m, 2wr, 2m, wr) lebih tinggi dibandingkan spesimen FRP dengan variasi layer 2 (2wr, 4m, 2wr) dan layer 1 (w, 2m, w, 3m, w). Nilai kekuatan tarik tertinggi didapatkan dari spesimen FRP dengan menggunakan katalis Mepoxe M dengan variasi layer 3 (2wr, m, 2wr, 2m, w) yaitu 164,20 MPa, sedangkan Nilai kekuatan tarik terendah didapatkan dari spesimen FRP dengan menggunakan katalis CHP dengan variasi layer 1 (w, 2m, w, 3m, w) yaitu 69,70 MPa.



Gambar 3.2 Grafik Pengaruh jenis katalis dengan variasi susunan mat dan woven roving terhadap kekuatan tarik FRP

G. Analisa Nilai Life Time FRP Nilai lifetime dihitung bertujuan agar dapat mengetahui ketahanan korosi terhadap fluida dan dapat mengetahui umur dari material tersebut.

Perhitungan life time dilakukan dengan cara manual:

$$T_{acc} = 168,27 \text{ mm}$$

$$T_m = 1,81$$

$$Cr = 0,0176 \text{ mm/years}$$

$$T_r = T_{acc} - t_m / cr$$

$$\begin{aligned} Tr &= 168,27 - 1,81/0,0176 \\ &= 10695,83 \text{ mm/years} \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan lifetime ditunjukkan pada tabel 1.4 Nilai life time:

Tabel 1.4 Nilai Life Time FRP

No	Kode	Variasi	Katalis	Thick Min	Life Time
1.	B1	2R,4M,2R	C	1,81	10695,83591
2.	B2	2R,4M,2R	M	1,81	11193,46657
3.	B3	2R,4M,2R	MM	1,81	11264,18014
4.	B4	R,2M,R,3M,R	C	1,81	9813,481544
5.	B5	R,2M,R,3M,R	M	1,81	10267,16496
6.	B6	R,2M,R,3M,R	MM	1,81	10832,743
7.	B7	2R,M,2R,2M,R	C	1,81	11203,34043
8.	B8	2R,M,2R,2M,R	M	1,81	12572,61737
9.	B9	2R,M,2R,2M,R	MM	1,81	12699,65651

H. Analisa Nilai Ekonomis FRP

Untuk menentukan nilai ekonomis pada setiap variasi layer dan katalis harus menghitung list harga untuk setiap layer serta katalis yang di pakai untuk membuat komposit FRP (Fiberglass Reinforced Plastic).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, dapat menjadi kesimpulan sebagai berikut

- Hasil dari pengujian ini didapati corrosion rate dengan menggunakan jenis katalis CHP dan susunan layer R,2M,R,3M,R mendapatkan nilai sebesar 0,0170 mm/years dengan ini menjadi nilai corrosion rate tertinggi. Untuk corrosion rate dengan menggunakan jenis katalis Mepoxe M dan susunan layer 2R,M,2R,2M,R mendapatkan nilai sebesar 0,0131 mm/years dengan ini menjadi nilai corrosion rate
- Nilai life time pada tugas akhir ini diketahui bahwa dengan jenis katalis Mepoxe M dan susunan layer 2R,M,2R,2M,R menjadi nilai life time terlama yaitu 12699,83 mm/years dan untuk nilai terpendek dengan nilai 9813,48 mm/years dengan menggunakan jenis katalis CHP serta susunan layer R,2M,R,3M,R.
- Uji tarik yang dilakukan pada tugas akhir ini diketahui nilai tertinggi untuk uji tarik sebesar 164,20 MPa dengan menggunakan jenis katalis Mepoxe M serta susunan layer 2R,M,2R,2M,R dan untuk nilai uji tarik terendah sebesar 69,70 MPa dengan menggunakan jenis katalis CHP serta susunan layer R,2M,R,3M,R.
- Jenis katalis sebagai komposit FRP didapati bahwa nilai paling ekonomis adalah menggunakan jenis katalis Mepoxe berdasarkan harga yang termurah, nilai laju korosi yang cukup baik, ketahanan terhadap fluida terlama, dan kekuatan uji tarik yang cukup besar

5. SARAN

Selanjutnya dari pembahasan penelitian ini, dapat dirangkum beberapa saran yang berkaitan dengan penelitian adalah sebagai berikut:

- Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan variasi jenis susunan layer yang terbuat dari bahan alam
- Metode pembuatan tidak menggunakan hand lay up tetapi menggunakan cetakan

6. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (2003). American Society for Testing and Materials. Standard test method for tensile properties of plastics (D 638 - 02a). Astm, 08, 46–58. <https://doi.org/10.1520/D0638-14.1>
- ASTM Committee D20. (2008). Practice for Determining Chemical Resistance of Thermosetting Resins Used in Glass-Fiber Reinforced Structures Intended for Liquid Service, 08, 1–5. Retrieved from <http://www.astm.org/doiLink.cgi?C581>
- ASTM International. (2004). ASTM-G31– 72 Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals. American Society for Testing and Materials, 72(Reapproved), 1–8. <https://doi.org/10.1520/G0031-72R04>
- Google. (2018). google_image. Retrieved December 29, 2018, from <https://www.google.co.id/imghp?hl=id>
- Hidayat, D. (2013). Sifat Mekanik Paduan Hibrid Epoksi-, 1(1), 1–6.
- Ilham Chaerul Rizqi Siregar, Hartono Yudo, K. (2017). Jurnal teknik perkapalan, 5(1), 163–172.
- Makin, A., Prasojo, B., Teknik, J., Kapal, P., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2018). PENGARUH VARIASI SUSUNAN WOVEN ROFING DAN MAT, 4.
- Myers, T. J., Kyt, H. K., & Smith, T. R. (2007). Environmental stress-corrosion cracking of fiberglass: Lessons learned from failures in the chemical industry, 142, 695–704. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.06.132>
- Patnaik, A., Kumar, M., Satapathy, B. K., & Tomar, B. S. (2010). Performance sensitivity of hybrid phenolic composites in friction braking: Effect of ceramic and aramid fibre combination. Wear, 269(11–12), 891–899. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2010.08.023>
- Qian, D., Bao, L., Takatera, M., Kemmochi, K., & Yamanaka, A. (2010). Fiberreinforced polymer composite materials with high specific strength and excellent solid particle erosion resistance. Wear, 268(3–4), 637–642. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2009.08.038>

[11] Specification, S. (2009). Standard Specification for Contact-Molded Reinforced Thermosetting Plastic (RTP) Laminates for Corrosion-Resistant Equipment 1. Test, 08(April), 1–8. <https://doi.org/10.1520/C0582-09.2>

[12] Wikipedia. (2018). korosi. Retrieved December 29, 2018, from <https://id.wikipedia.org/wiki/Korosi>