

PENGARUH KONSENTRASI RESIN DAN VARIASI SUSUNAN LAYER FRP (*FIBERGLASS REINFORCED PLASTIC*) SEBAGAI PELAPIS *REDUCER* TERHADAP KETAHANAN KOROSI PADA FLUIDA ASAM PHOSPAT DAN KEKUATAN TARIK

Achmad Okta Aldy^{1*}, Budi Prasajo², MM. Eko Prayitno³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,2,3}
Email: octaaldy5@gmail.com¹

Abstract - Corrosion is one of the causes of material failure in chemical companies. As happened in the phosphoric acid factory in Gresik City, East Java. There is a reducer pipe that has been corroded on the surface of the inner wall. Given the fluid flowed in each process is phosphoric acid in the form of slurry. To overcome this, FRP material is chosen as an alternative coating, because of its resistance to erosion and corrosion. The material is made from a layer of woven roving and mat laminated using resin, catalysts and other additives. In this final project, we will analyze the making of FRP materials, namely the concentration of resin (10:1, 9:1, 8:1) and the variation of the laying arrangement of matt and woven roving. In this study, there is a test of immersion test and tensile test to determine the corrosion resistance and material strength. The immersion test flow is also divided into two speed of 2,7 m/s and 0 m/s. The tensile test process refers to ASTM D-638 "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics" while the Immersion Test refers to ASTM-G31. Tests on materials consisting of 3 concentration of resin (10:1, 9:1, 8:1) and 3 types of Matt and WR arrangements. From the above research, It was found that the corrosion rate in immersion fluid testing is greater than the silent fluid, that the most optimal composition that is more resistant to corrosion rates is in the composition of the concentration of resin 10: 1 with variations in layer 3 (2R,M,R,2M,2R) and the most optimal composition that is more resistant to tensile strength is in the composition of the concentration of resin 10: 1 with variations in layer 3 (2R,M,R,2M,2R) of 215.75 MPa. So it can be concluded that the most optimal results in the manufacture of FRP material for the inner coating of the reducer are in the composition of the concentration of resin 10:1 with variations in layer 3 (2R,M,R,2M,2R).

Keyword: Fiberglass Reinforced Plastics, Resin, Immersion test, Tensile test, FRP

Nomenclature:

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

1. PENDAHULUAN

Korosi merupakan salah satu penyebab kerusakan yang sering terjadi pada sistem perpipaan di industri akibat adanya kecepatan fluida yang relatif lambat yang akan menimbulkan korosi serta pergerakan relatif fluida korosif dengan permukaan logam akan menyebabkan erosi. Pada salah satu unit di perusahaan industri kimia, yang bergerak di bidang proses dan produksi berbasis fosfat di Gresik terdapat sebuah instalasi pipa pendukung sistem yang menghubungkan *Pump Tank* dan *Digester Tank*.

Pada sistem instalasi tersebut terdapat *reducer* dengan material A106 Gr B. *Reducer* tersebut telah mengalami korosi pada dinding bagian dalamnya. Karena melihat kondisi dari fluida yang termasuk

korosif dan juga penggantian material *reducer* memerlukan biaya yang besar serta untuk meningkatkan kekakuan dan mencegah kebocoran, maka dalam hal ini, memutuskan untuk dilakukan analisa tentang pemberian lapisan dalam terhadap *reducer* tersebut yang lebih ekonomis dan tentunya memiliki sifat ketahanan yang tinggi terhadap laju korosi.

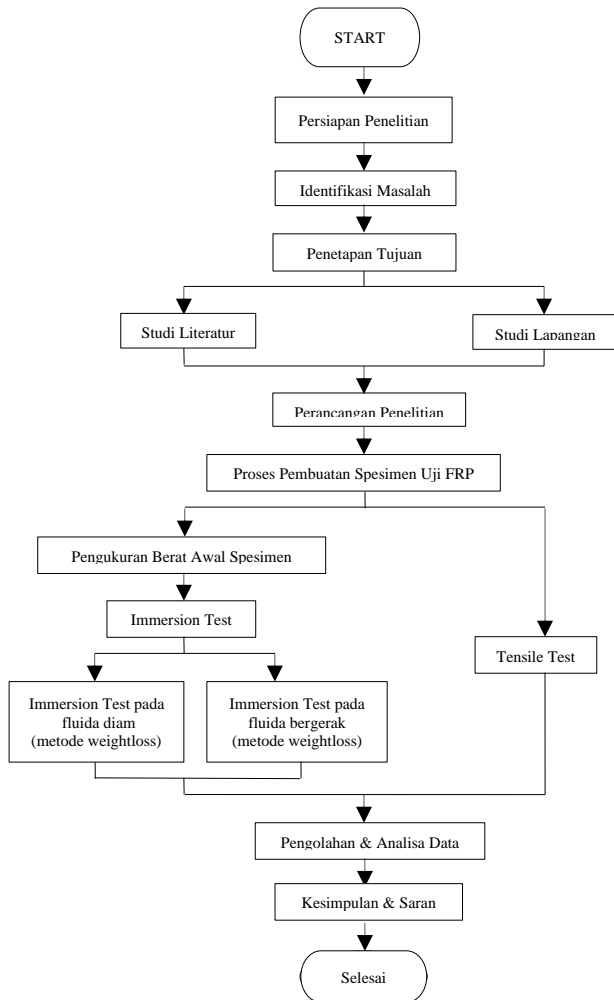
Dipilihnya material FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) sebagai pelapis karena memiliki ketahanan yang baik terhadap laju korosi & erosi pada bagian kritis seperti *reducer* tersebut. FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) merupakan material yang ringan dan dapat mengurangi terjadinya korosi erosi. Material tersebut tersusun dari serat gelas yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm - 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditunen menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi erosi untuk digunakan sebagai badan bangunan kapal dan pembuatan *equipment* industri.

Pada Tugas Akhir ini akan membahas mengenai pengaruh konsentrasi resin dan variasi susunan layer terhadap ketahanan korosi serta kekuatan tarik pada

aliran asam fosfat untuk pemeliharaan *reducer* terhadap korosi. Data didapatkan dari pengujian laminasi FRP dengan variasi susunan Woven Roving dan Mat dengan *Tensile Properties of plastics* mengacu pada ASTM D-638 serta *immersion test* yang dilaksanakan mengacu pada ASTM G31.

2. METODOLOGI

2.1. Diagram Alir



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian

2.2. Langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan hasil data pengujian immersion dan data pengujian kekuatan Tarik terhadap FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*). Susunan FRP terdiri dari 3 variasi konsentrasi resin dan variasi susunan mat serta WR. Pengujian immersion dilakukan dengan 2 variabel yaitu pada fluida bergerak dengan kecepatan 2,7 m/s dengan waktu pengujian 24 jam dan pada fluida diam kecepatan 0 m/s dengan waktu pengujian 72 jam, untuk setiap perlakuan agar dapat terlihat perbedaan laju korosi erosi dari setiap perbedaan variasi FRP dan laju alir. Sebelum melakukan pengujian, spesimen ditimbang dengan menggunakan timbangan digital. Penimbangan dilakukan, berguna untuk mengetahui berat material sebelum diuji. Setelah mengetahui data

berat material, kemudian dilakukan pengujian korosi yang mengacu pada ASTM G31. Setelah itu, dilakukan penimbangan spesimen untuk mengetahui laju korosi erosinya. Sedangkan untuk mengetahui kekuatan tariknya dilakukan pengujian kekuatan tarik dan dimensi spesimen mengacu pada ASTM D638. Langkah penelitian dalam pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan pada gambar 1.1 Diagram Alir.

A. Variasi spesimen

Variasi Konsentrasi resin terdiri dari (10:1), (9:1) dan (8:1) dan variasi susunan FRP terdiri dari 3 variasi susunan layer yaitu (R,2M,R,3M,R), (2R,4M,2R), dan (2R,M,R,2M,2R).

Woven Roving	Woven Roving	Woven Roving
Matt	Woven Roving	Woven Roving
Matt	Matt	Matt
Woven Roving	Matt	Woven Roving
Matt	Matt	Matt
Matt	Matt	Matt
Matt	Woven Roving	Woven Roving
Woven Roving	Woven Roving	Woven Roving

Gambar 2.2 Variasi susunan layer untuk Konsentrasi resin 10:1

Woven Roving	Woven Roving	Woven Roving
Matt	Woven Roving	Woven Roving
Matt	Matt	Matt
Woven Roving	Matt	Woven Roving
Matt	Matt	Matt
Matt	Matt	Matt
Matt	Woven Roving	Woven Roving
Woven Roving	Woven Roving	Woven Roving

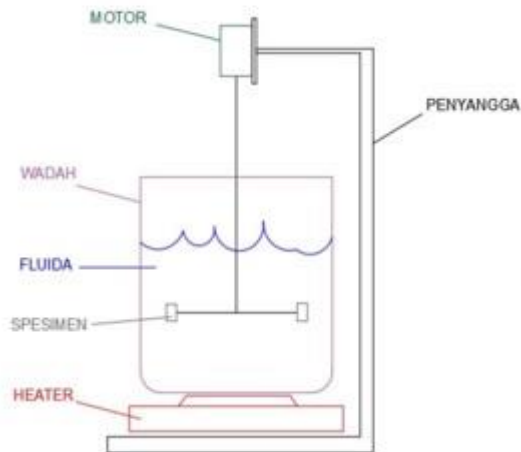
Gambar 3.3 Variasi susunan layer untuk Konsentrasi resin 9:1

Woven Roving	Woven Roving	Woven Roving
Matt	Woven Roving	Woven Roving
Matt	Matt	Matt
Woven Roving	Matt	Woven Roving
Matt	Matt	Matt
Matt	Matt	Matt
Matt	Woven Roving	Woven Roving
Woven Roving	Woven Roving	Woven Roving

Gambar 4.4 Variasi susunan layer untuk Konsentrasi resin 8:1

B. Immersion Test

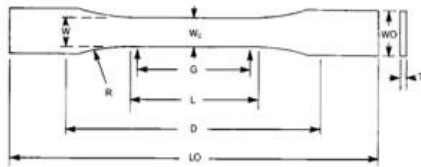
Pengujian *immersion* dilakukan untuk mengetahui pengaruh fluida terhadap material FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) dengan temperatur 90°C dan pH asam fosfat 1 mengacu pada ASTM G31 dengan kecepatan 2,7 m/s dan 0 m/s. Sebelum dan sesudah pengujian dilakukan pengukuran selisih berat (*weightloss*) spesimen untuk mengetahui berat yang hilang, skema alat pengujian *immersion* ditunjukkan pada gambar 2.5 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 konsentrasi resin dan susunan layer yang 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 pengujian immersion pada kondisi fluida bergerak dilakukan dengan cara perhitungan manual. Berikut langkah-langkah menghitung kecepatan aliran:

Diketahui diameter reducer 16"x12" Sch 40

ID 2 = 304 mm

Q = 0,2 m³/s

Menghitung kecepatan aliran :

$$\begin{aligned}
 V &= Q/A \\
 &= \frac{0,2 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi r^2} \\
 &= \frac{0,2 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 (0,152 \text{ m})^2} \\
 &= 2,75 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas ditemukan kecepatan fluida asam fosfat adalah 2,75 m/s. Setelah itu dikonversi

menjadi satuan rpm untuk menghitung banyaknya putaran dalam pengujian tiap menitnya.

$$\begin{aligned}
 \text{Rpm} &= (60.000 \times \text{speed in m/s}) / (\pi \times \text{diameter (mm)}) \\
 &= (60.000 \times 2,75 \text{ m/s}) / (\pi \times 220 \text{ (mm)}) \\
 &= 239,374 \text{ rpm (dibulatkan menjadi 240 rpm)}
 \end{aligned}$$

Setelah itu dilakukan pengujian immersion dilakukan selama 24 jam dengan suhu fluida sebesar 90°C. Kecepatan putaran yang dilakukan pada proses uji yaitu sebesar 240 rpm.

B. Selisih Berat Spesimen

Tabel 3.1 Selisih Berat Speimen pada pengujian fluida diam

No	Kode	Variasi	Konsentrasi Resin	Berat Spesimen Awal (g)	Berat Spesimen Akhir (g)	Hasil Weightloss (g)
1.	D1	R,2M,R,3M,R	10:1	28,8763	28,8761	0,0002
2.	D2	2R,4M,2R	10:1	27,1079	27,1079	0
3.	D3	2R,M,R,2M,2R	10:1	28,4701	28,4701	0
4.	D4	R,2M,R,3M,R	9:1	30,3401	30,3399	0,0002
5.	D5	2R,4M,2R	9:1	30,6170	30,6170	0
6.	D6	2R,M,R,2M,2R	9:1	29,3481	29,3481	0
7.	D7	R,2M,R,3M,R	8:1	31,2255	31,2253	0,0002
8.	D8	2R,4M,2R	8:1	30,2254	30,2254	0
9.	D9	2R,M,R,2M,2R	8:1	32,4704	32,4704	0

Tabel 3.2 Selisih Berat Speimen pada pengujian fluida bergerak

No	Kode	Variasi	Konsentrasi Resin	Berat Spesimen Awal	Berat Spesimen Akhir	Hasil Weightloss (g)
1.	B1	R,2M,R,3M,R	10:1	30,5045	30,5038	0,0007
2.	B2	R,2M,R,3M,R	10:1	31,1767	31,1759	0,0008
3.	B3	2R,4M,2R	10:1	28,3973	28,3967	0,0006
4.	B4	2R,4M,2R	10:1	28,4585	28,4579	0,0006
5.	B5	2R,M,R,2M,2R	10:1	30,1242	30,1237	0,0005
6.	B6	2R,M,R,2M,2R	10:1	29,4044	29,4040	0,0004
7.	B7	R,2M,R,3M,R	9:1	29,0608	29,0601	0,0007
8.	B8	R,2M,R,3M,R	9:1	30,1231	30,1224	0,0007
9.	B9	2R,4M,2R	9:1	28,0364	28,0359	0,0005
10.	B10	2R,4M,2R	9:1	29,0255	29,0249	0,0006
11.	B11	2R,M,R,2M,2R	9:1	29,8253	29,8248	0,0005
12.	B12	2R,M,R,2M,2R	9:1	29,9218	29,9213	0,0005
13.	B13	R,2M,R,3M,R	8:1	31,0164	31,0157	0,0007
14.	B14	R,2M,R,3M,R	8:1	31,2375	31,2366	0,0009
15.	B15	2R,4M,2R	8:1	31,4101	31,4094	0,0007
16.	B16	2R,4M,2R	8:1	32,9171	32,9165	0,0006
17.	B17	2R,M,R,2M,2R	8:1	31,7522	31,7516	0,0006
18.	B18	2R,M,R,2M,2R	8:1	32,2059	32,2055	0,0005

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:

$$\text{Corrosion Rate} = (k.w) / (A.T.\rho)$$

$$k = 87600$$

$$\text{Time} = 24 \text{ jam}$$

$$\rho \text{ material} = 1,6608 \text{ g/cm}^2$$

- Kode spesimen B1

$$\begin{aligned}
 \text{CR} &= (k.w) / (A.T.\rho) \\
 &= (87600.0,0007) / (85,387.24.1,6608) \\
 &= 0,0180 \text{ mm/years}
 \end{aligned}$$

- Kode spesimen D1

$$\begin{aligned}
 \text{CR} &= (k.w) / (A.T.\rho) \\
 &= (87600.0,0002) / (81,594.72.1,6608) \\
 &= 0,0018 \text{ mm/years}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan Corrosion Rate ditunjukkan pada tabel 3.3 dan 3.4

Tabel 3.3 Corrosion Rate pada fluida diam

No	Variasi	Konsentrasi	Corrosion Rate
1.	R,2M,R,3M,R	10:1	0,0018
2.	R,2M,R,3M,R	9:1	0,0018
3.	R,2M,R,3M,R	8:1	0,0018
4.	2R,4M,2R	10:1	0,000
5.	2R,4M,2R	9:1	0,000
6.	2R,4M,2R	8:1	0,000
7.	2R,M,R,2M,2R	10:1	0,000
8.	2R,M,R,2M,2R	9:1	0,000
9.	2R,M,R,2M,2R	8:1	0,0018

Tabel 3.4 Corrosion Rate pada fluida bergerak

No	Variasi	Konsentrasi	Corrosion Rate		
			Spesimen 1	Spesimen 2	Rata-rata
1.	R,2M,R,3M,R	10:1	0,0180	0,0206	0,0193
2.	R,2M,R,3M,R	9:1	0,0186	0,0186	0,0186
3.	R,2M,R,3M,R	8:1	0,0183	0,0243	0,0213
4.	2R,4M,2R	10:1	0,0161	0,0162	0,0162
5.	2R,4M,2R	9:1	0,0135	0,0154	0,0145
6.	2R,4M,2R	8:1	0,0180	0,0154	0,0167
7.	2R,M,R,2M,2R	10:1	0,0130	0,0108	0,0119
8.	2R,M,R,2M,2R	9:1	0,0125	0,0123	0,0124
9.	2R,M,R,2M,2R	8:1	0,0161	0,0106	0,0134

D. Perhitungan Kekuatan Tarik FRP

Nilai pengujian kekuatan tarik ditunjukkan pada tabel 3.5 Kekuatan Tarik FRP.

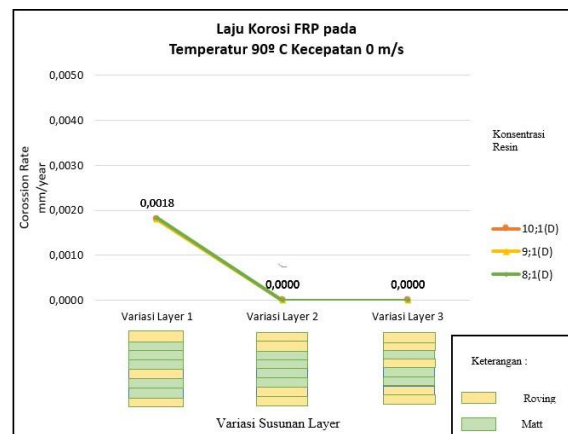
Tabel 3.5 Kekuatan Tarik FRP

No	Kode	Layer	Variasi	
			Konsentrasi Resin	Nilai Kuat Tarik (MPa)
1.	V1A.1	R,2M,R,3M,R	10:1	204,5
2.	V2A.1	R,2M,R,3M,R	10:1	197,7
3.	V1A.2	2R,4M,2R	10:1	211,4
4.	V2A.2	2R,4M,2R	10:1	209,9
5.	V1A.3	2R,M,R,2M, 2R	10:1	217,6
6.	V2A.3	2R,M,R,2M, 2R	10:1	213,9
7.	V1B.1	R,2M,R,3M,R	9:1	160,4
8.	V2B.1	R,2M,R,3M,R	9:1	148,7
9.	V1B.2	2R,4M,2R	9:1	183,4
10.	V2B.2	2R,4M,2R	9:1	170,4
11.	V1B.3	2R,M,R,2M, 2R	9:1	193,4
12.	V2B.3	2R,M,R,2M, 2R	8:1	190,9
13.	V1C.1	R,2M,R,3M,R	8:1	138,6
14.	V2C.1	R,2M,R,3M,R	8:1	131,6
15.	V1C.2	2R,4M,2R	8:1	164,1
16.	V2C.2	2R,4M,2R	8:1	158,1
17.	V1C.3	2R,M,R,2M, 2R	8:1	168,9
18.	V1C.3	2R,M,R,2M, 2R	8:1	167,1

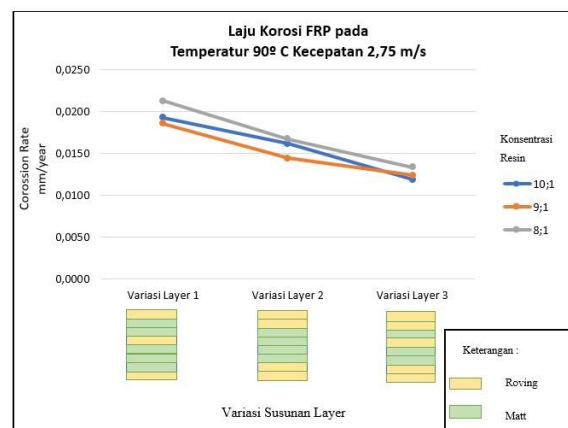
E. Analisa Corrosion Rate FRP

Berdasarkan gambar 3.1 Grafik Laju Korosi pada Temperatur 90° C Kecepatan 0 m/s, diperoleh nilai *corrosion rate* spesimen FRP pada variasi layer 1 (R,2M, R,3M,R) dengan konsentrasi resin 10:1, 9:1 dan 8:1 masing-masing didapatkan nilai laju korosi yang sama yakni 0,0018 mm/tahun. Selanjutnya pada variasi layer 2 (2R,4M,2R) dan 3 (2R,M,2R,2M,R) dengan konsentrasi 10:1, 9:1 dan 8:1 masing-masing sama rata tidak didapatkan nilai laju korosi. Sehingga dapat diketahui pengaruh konsentrasi resin dan variasi susunan layer yang optimal terhadap laju korosi pada fluida asam fosfat kondisi fluida diam

terdapat pada variasi layer 2 (2R,4M,2R) dan 3 (2R,M,2R,2M,R) dengan konsentrasi resin 10:1, 9:1 dan 8:1.



Gambar 3.1 Grafik Laju Korosi pada Temperatur 90° C Kecepatan 0 m/s



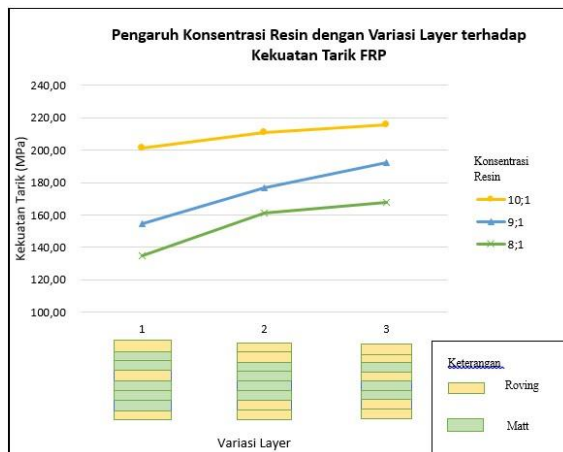
Gambar 3.2 Grafik Laju Korosi pada Temperatur 90° C Kecepatan 2,75 m/s

Pada gambar 3.2 Grafik Laju Korosi pada Temperatur 90° C Kecepatan 2,75 m/s, didapatkan nilai laju korosi spesimen FRP pada konsentrasi resin 8:1 dengan variasi layer 1 (R,2M,R,3M,R), 2 (2R,4M,2R) dan 3 (2R,M,2R,2M,R) lebih tinggi daripada konsentrasi resin 9:1 dan 10:1, pada konsentrasi resin 9:1 dengan variasi layer 1 (R,2M,R,3M,R) dan 2 (2R,4M,2R) didapatkan nilai laju korosi yang lebih rendah daripada konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer 1 (R,2M,R,3M,R) dan 2 (2R,4M,2R), sedangkan pada komposisi konsentrasi resin 9:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R) didapatkan nilai laju korosi lebih tinggi dari pada konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R). Nilai laju korosi tertinggi didapatkan dari spesimen FRP konsentrasi resin 8:1 dengan variasi layer 1 (R,2M,R,3M,R) yaitu 0,0213 mm/year, sedangkan nilai laju korosi terendah didapatkan dari spesimen FRP konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R) yaitu 0,0119 mm/year. Sehingga dapat diketahui pengaruh konsentrasi resin dan variasi susunan layer yang

optimal pada fluida bergerak terdapat pada konsentrasi 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R).

Dari kedua perbandingan grafik tersebut, diperoleh hasil pengujian *immersion* pada kondisi fluida bergerak lebih berpengaruh daripada kondisi fluida diam terhadap laju korosi.

F. Analisa Kekuatan Tarik FRP



Gambar 3.3 Grafik Pengaruh konsentrasi resin dengan variasi susunan layer terhadap kekuatan tarik FRP

Nilai kekuatan tarik spesimen FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) berdasarkan gambar 3.3 Grafik pengaruh konsentrasi resin dan variasi susunan layer terhadap kekuatan Tarik FRP, untuk konsentrasi resin 10:1 lebih tinggi daripada konsentrasi resin 9:1 dan 8:1, dan didapatkan nilai kekuatan tarik FRP dengan variasi layer ke 3 (2R,M,2R,2M,R) lebih tinggi dibandingkan spesimen FRP dengan variasi layer ke 2 (2R,4M,2R) dan variasi layer ke 1 (R,2M,R,3M,R). Nilai kekuatan tarik tertinggi didapatkan pada spesimen FRP dengan komposisi konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer ke 3 (2R,M,R,2M, 2R) yaitu sebesar 215,75 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah didapatkan dari spesimen FRP pada konsentrasi resin 8:1 dengan variasi layer ke 1 (R,2M,R,3M,R) yaitu sebesar 135,10 MPa. Sehingga dapat diketahui untuk pengaruh konsentrasi resin dan variasi susunan layer yang optimal terdapat pada konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,R,2M,2R).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai *corroton rate* spesimen FRP pada pengujian *immersion* dengan kondisi fluida bergerak lebih berpengaruh daripada kondisi fluida diam terhadap laju korosi, dengan hasil nilai *corrosion rate* tertinggi didapatkan dari spesimen FRP pada konsesntrasi resin 8:1 dengan variasi layer 1 (R,2M,R,3M,R) yaitu 0,0213 mm/year, sedangkan nilai *corrosion rate* terendah didapatkan dari spesimen FRP pada konsentrasi

resin 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,R,2M,2R) yaitu 0,0119 mm/year. Sehingga laju korosi spesimen FRP dipengaruhi dari banyaknya *woven roving* dan konsentrasi resinnya, bahwa semakin besar konsentrasi resin yang ada dan semakin banyak serat *woven roving* pada FRP, maka semakin rendah nilai *corroton rate*.

2. Nilai kekuatan tarik tertinggi didapatkan dari spesimen FRP pada konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,R,2M,2R) yaitu sebesar 215,75 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah didapatkan dari spesimen FRP pada konsentrasi resin 8:1 dengan variasi layer 1 (R,2M,R,3M,R) yaitu sebesar 135,10 MPa. Sehingga kekuatan tarik spesimen FRP dipengaruhi oleh banyaknya *woven roving* dan konsentrasi resinnya, bahwa semakin besar konsentrasi resin yang ada dan semakin banyak serat *woven roving* pada FRP, maka semakin besar nilai kekuatan tarikny.

5. SARAN

Selanjutnya dari pembahasan penelitian ini, dapat dirangkum beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya pada konsentrasi resin dapat divariasikan dengan menggunakan campuran jenis resin dan katalis yang lain agar diperoleh hasil yang lebih optimal dan ekonomis.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat memvariasikan serat FRP dengan susunan komposisi dari bahan organik, atau serat dari alam seperti pelepah pisang, sekam dan lain sebagainya.
3. Untuk pengembangan lebih lanjut pada *Immersion Test* dapat dilakukan dengan variabel yang berbeda dan lebih panjang durasinya agar diperoleh data yang lebih banyak dan lebih akurat.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih sayang, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, FRINA. selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Budi Prasajo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.

5. Bapak Ir. M. M. Eko Prayitno, M.MT., selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
6. Seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Semua teman-teman *piping engineering* 2015, yang telah memberikan semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM, C. 581-03. (2003). Standard Practice for Determining Chemical Resistance of Thermosetting Resins Used in Glass-Fiber-Reinforced Structures Intended for Liquid Service.
- [2] ASTM, C. 582-02. (2003). Standard Specification for Contact-Molded Reinforced Thermosetting Plastic (RTP) Laminates for Corrosion-Resistant Equipment.
- [3] ASTM, D. 638-03. (2004). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.
- [4] ASTM, G. 31-72. (2004). Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals.
- [5] Elsevier, B. . (2010). Fiber-reinforced polymer composite materials with high specific strength and excellent solid particle erosion resistance, 268.
<https://doi.org/10.1016/j.wear.2009.08.038>
- [6] Ilham Chaerul Rizqi, S. (2017). Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk Pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan Kanpe Clear NF Sebagai Pengganti Las, 5(4).
- [7] Liu, H. (2003). *Pipeline Engineering*.
- [8] Makin, A., Prasojo, B., & Prayitno, E. M. M. (2018). Pengaruh Variasi Susunan Woven Roving Dan Mat Terhadap Ketahanan Korosi Serta Kekuatan Tarik Pada Aliran Asam Phospat.
- [9] Ramadha, B., Wismawati, E., & K, B. W. (2018). Analisis Tekno Ekonomi Penggunaan Material Carbon Steel SA 106 Grade B dan Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) pada Jalur Water Injection Pipeline 10 ” – 3000 M.
- [10] Wijaya, S. D., Prasojo, B., & Prayitno, E. M. M. (2018). Pengaruh Variasi Susunan Layer Dan Konsentrasi Resin FRP (Fiber Reinforced Plastic) Terhadap Laju Korosi Pada Media Asam Phospat.