

The Effect of Hybrid and Concentration of Resin with Variations in the Layer Arrangement of FRP (Fiber Reinforced Plastic) as Reducer Lining on Corrosion Resistance in Phosphoric Acid and Tensile Strength

Budi Prasajo^{1*}, M. M. Eko Prayitno¹, Endah Wismawati¹, Ibnu Abdil A¹, A. Okta Aldy¹, A. Ali. P¹

¹ Piping Engineering Study Program, Shipbuilding State Polytechnic of Surabaya, Surabaya, Indonesia
budiprasajo@ppns.ac.id

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 research, we will discuss the testing of FRP (Fiberglass Reinforced Plastic) material with variations in the laying of Matt-Woven Roving (R,2M,R,3M,R), (2R,4M,2R), and (2R,M,2R,2M,R), the type of hybrid resin and concentration of resin (10:1, 9:1, 8:1). In this test there is an immersion test and tensile test to determine the effect of fluid and its material strength. From the above research, that the most optimal composition which is more resistant to corrosion rate is in the composition of the hybrid resin type (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) with a variation of layer 3 (2R,M,2R,2M,R) and the most optimal composition that is more resistant to tensile strength is the composition of the resin concentration of 10:1 with a variation of layer 3 (2R,M,2R,2M,R) of 215,75 MPa. So it can be concluded that the most optimal results in the manufacture of FRP material for layers in the reducer is the composition of the resin concentration of 10:1 with variations of layer 3 (2R,M,2R,2M,R) and hybrid resin species composition (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) with layer 3 variations.

Keywords — Fiberglass Reinforced Plastics, Resin, Immersion test, Tensile test, FRP

I. 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 dan erosi.

Dipilihnya material FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) sebagai pelapis karena memiliki ketahanan yang baik terhadap laju korosi & erosi pada bagian kritis seperti *reducer* tersebut. FRP (*Fiber 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.

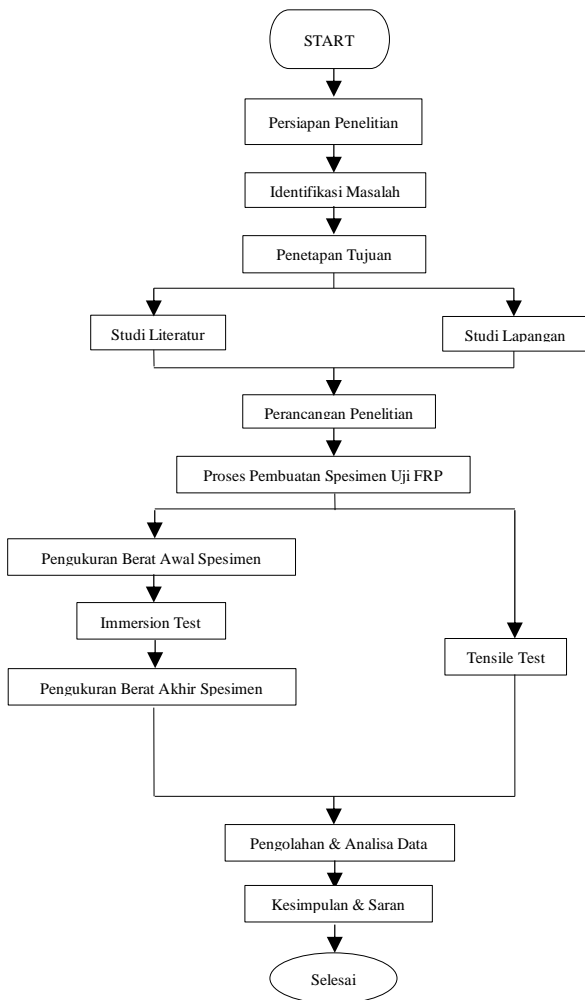
Pada penelitian ini akan membahas mengenai pengaruh konsentrasi resin dan variasi susunan peletakan Woven Roving dan Mat terhadap ketahanan korosi serta kekuatan tarik pada aliran asam fosfat untuk pemeliharaan *reducer* terhadap korosi. Data didapatkan dari pengujian laminasi FRP dengan variasi susunan Woven Roving dan Mat dengan Tensile Properties of plastics mengacu pada ASTM D-638 serta immersion test yang dilaksanakan mengacu pada ASTM G31 dan ASTM C581.

Dalam penelitian ini, kita akan membahas pengujian bahan FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) dengan variasi peletakan *Mat-Woven Roving* (R,2M,R,3M,R), (2R,4M,2R), dan (2R,M,2R,2M,R), jenis resin hibrida dan konsentrasi resin (10:1, 9:1, 8:1). Data diperoleh dari pengujian laminasi FRP dengan variasi komposisi Woven Roving dan Mat dengan Sifat Tarik dari plastik mengacu pada ASTM D-638 dan tes immersion yang dilakukan mengacu pada ASTM G31.



II. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan hasil data pengujian immersion dan data pengujian tarik pada FRP (Fiberglass Reinforced Plastic). Komposisi FRP terdiri dari 3 variasi jenis resin hibrida dan konsentrasi resin (10:1, 9:1, 8:1) dan variasi dalam pengaturan lapisan FRP yang terdiri dari (R,2M,R,3M,R), (2R,4M,2R), dan (2R,M,2R,2M,R). Pengujian immersion dilakukan dengan lama waktu selama 24 jam. 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 G 31 dan ASTM C581. 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 penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.1 Diagram Alir.

A. Variasi spesimen

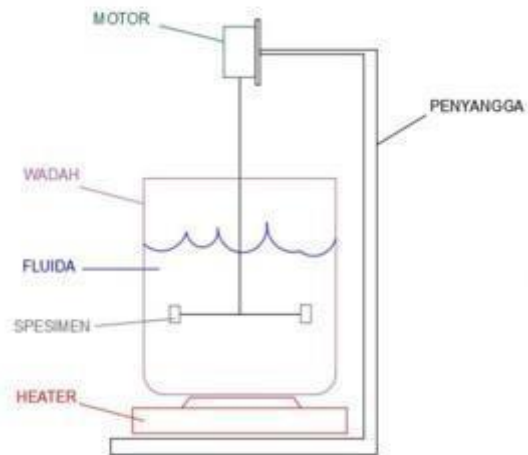
Dalam variasi susunan layer terdiri dari 3 variasi susunan layer yaitu (R,2M,R,3M,R), (2R,4M,2R), dan (2R,M,2R,2M,R).

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

Gambar 2.1 Variasi Susunan Layer

B. Immersion Test

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh fluida terhadap material FRP (Fiberglass Reinforced Plastics) dengan temperature 90°C dan pH asam phospat 1 mengacu pada ASTM G31 dan ASTM C581 dengan kecepatan 2,7 m/s dan 0 m/s. Sebelum dan sesudah pengujian dilakukan penimbangan spesimen untuk mengetahui berat yang hilang, skema alat pengujian immersion ditunjukkan pada gambar 2.3 Area yang terpapar saat pengujian *immersion*.



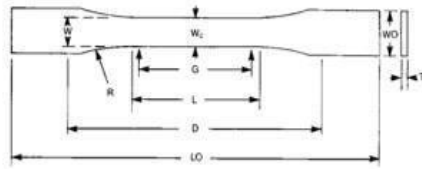
Gambar 2.3 Skema alat pengujian immersion

C. Pengujian Tarik

Pengujian dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik bahan FRP pada efek variasi dalam jenis dan konsentrasi resin dan pengaturan lapisan yang mengacu pada ASTM D 638.

Berdasarkan referensi ASTM D-638, bentuk spesimen uji tarik untuk orientasi serat gelas atau plastik. Geometri spesimen sesuai dengan metode uji standar untuk sifat tarik plastik, ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut:





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 2.4 Dimensi Spesimen Uji Tarik

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Immersion

A. Perhitungan Kecepatan

Perhitungan kecepatan pengujian immersion dilakukan dengan cara perhitungan manual. Berikut langkah-langkah menghitung kecepatan aliran:

Diketahui Diameter Reducer 16x12" Sch 40

ID 2 = 304 mm

Q = 0,2 m³/s

Calculate flow speed:

V = Q/A

= 0,2 m³/s

= π r²

= 0,2 m³/s

= π 0,152 m²

= 2,75 m/s

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.

Rpm = (60.000 x speed in m/s)/(π x diameter (mm))

= (60.000 x 2,75 m/s)/(π x 220 (mm))

= 239,374 rpm

Setelah itu dilakukan Pengujian immersion test 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 menunjukkan hasil spesimen weightloss dipengaruhi oleh konsentrasi resin dan variasi layer, bahwa semakin besar konsentrasi resin dan semakin banyak woven roving dalam variasi layer, maka semakin kecil nilai weightloss. Untuk variasi spesimen yang memiliki selisih berat paling kecil terdapat pada kode spesimen B5 dan B6 dengan konsentrasi resin 10:1 dan variasi layer 3 (2R,M,R,2M,2R) yaitu 0,0005 gram dan 0,0004 gram. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa konsentrasi resin 10:1 dengan variasi lapisan 3 (2R,M,2R,2M,R) lebih mampu mempertahankan penurunan berat badan terhadap cairan asam fosfat.

Tabel 3.1 Hasil Weightloss FRP pada variasi konsentrasi resin

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

Hasil pengukuran berat seperti pada Tabel 3.2 dipengaruhi oleh variasi layer dan variasi dalam resin hybrid, bahwa semakin banyak woven roving dalam variasi layer dan semakin banyak persentase resin DERAKANE 411, maka semakin kecil selisih dalam berat spesimen.

Tabel 3.2 Hasil Weightloss FRP pada variasi hybrid resin

No	Kode Spesi men	Variasi Layer : Woven Roving (w) Mat (m)	Resin		Berat		
			DERA KAN E 411 (%)	157 BQTN EX (%)	Awal (g)	Akhir (g)	Selisih (g)
1	1.3.1	w, m, m, w, m, m, m, w	100	0	27.3011	27.3006	0.0005
2	1.3.2	w, m, m, w, m, m, m, w	100	0	25.9362	25.9358	0.0004
3	1.4.1	w, w, m, m, m, m, w, w	100	0	27.1505	27.1501	0.0004
4	1.4.2	w, w, m, m, m, m, w, w	100	0	22.3514	22.3510	0.0004
5	1.5.1	w, w, m, w, w, m, m, w	100	0	33.4869	33.4865	0.0004
6	1.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	100	0	32.7042	32.7039	0.0003
7	2.3.1	w, m, m, w, m, m, m, w	75	25	29.7968	29.7963	0.0005
8	2.3.2	w, m, m, w, m, m, m, w	75	25	26.5991	26.5987	0.0004
9	2.4.1	w, w, m, m, m, m, w, w	75	25	23.0598	23.0594	0.0004
10	2.4.2	w, w, m, m, m, m, w, w	75	25	25.3208	25.3204	0.0004
11	2.5.1	w, w, m, w, w, m, m, w	75	25	26.8049	26.8046	0.0003
12	2.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	75	25	28.8665	28.8661	0.0004
13	3.3.1	w, m, m, w, m, m, m, w	50	50	19.3842	19.3836	0.0006
14	3.3.2	w, m, m, w, m, m, m, w	50	50	20.2418	20.2412	0.0006
15	3.4.1	w, w, m, m, m, m, w, w	50	50	24.2217	24.2212	0.0005
16	3.4.2	w, w, m, m, m, m, w, w	50	50	29.0538	29.0533	0.0005
17	3.5.1	w, w, m, w, w, m, m, w	50	50	30.4691	30.4687	0.0004
18	3.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	50	50	25.9197	25.9191	0.0006

C. Perhitungan Laju Korosi pada Spesimen FRP

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

Corrossion Rate = (k.w)/(A.T.ρ)

K = 87600

Time = 24 jam

ρ material = 1,6608 g/cm²



Hasil perhitungan laju korosi ditunjukkan pada tabel 3.3, dan tabel 3.4:

Tabel 3.3 Laju Korosi spesimen FRP pada variasi konsentrasi resin

Corrosion Rate					
No	Variasi	Konsentrasi Resin	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

Tabel 3.3 menunjukkan laju korosi spesimen FRP dalam variasi layer 1 (R,2M,R,3M,R) dengan konsentrasi resin 10:1 yaitu 0,0193 mm/tahun, konsentrasi 9:1 adalah 0,0186 mm/tahun, dan konsentrasi resin 8:1 yaitu 0,0213 mm/tahun. Spesimen FRP pada variasi lapisan 2 (2R,4M,2R) dengan konsentrasi resin 10:1 adalah 0,0162 mm/tahun, konsentrasi resin 9:1 yaitu 0,0145 mm/tahun, dan konsentrasi 8:1 adalah 0,0167 mm/tahun. Spesimen FRP pada variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R) dengan konsentrasi resin 10:1 adalah 0,0119 mm/tahun, konsentrasi resin 9:1 adalah 0,0124 mm/tahun, dan konsentrasi resin 8:1 yang adalah 0,0134 mm/tahun.

Tabel 3.4 Laju Korosi spesimen FRP pada variasi hybrid resin

No	Kode Spesimen	Variasi			Corrosion Rate(mm/year)	Average
		Layer : Woven Roving (w) Mat (m)	Resin			
			DERAKANE 411 (%)	157 BQTN EX (%)		
1	1.3.1	w, m, m, w, m, m, m, w	100	0	0.013959	0.012563
2	1.3.2	w, m, m, w, m, m, m, w	100	0	0.011167	
3	1.4.1	w, w, m, m, m, m, w, w	100	0	0.010996	0.010996
4	1.4.2	w, w, m, m, m, m, w, w	100	0	0.010996	
5	1.5.1	w, w, m, w, w, m, m, w	100	0	0.01099	0.009616
6	1.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	100	0	0.008242	
7	2.3.1	w, m, m, w, m, m, m, w	75	25	0.014168	0.012751
8	2.3.2	w, m, m, w, m, m, m, w	75	25	0.011334	
9	2.4.1	w, w, m, m, m, m, w, w	75	25	0.010811	0.010811
10	2.4.2	w, w, m, m, m, m, w, w	75	25	0.010811	
11	2.5.1	w, w, m, w, w, m, m, w	75	25	0.008122	0.009476
12	2.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	75	25	0.01083	
13	3.3.1	w, m, m, w, m, m, m, w	50	50	0.016409	0.016409
14	3.3.2	w, m, m, w, m, m, m, w	50	50	0.016409	
15	3.4.1	w, w, m, m, m, m, w, w	50	50	0.013984	0.013984
16	3.4.2	w, w, m, m, m, m, w, w	50	50	0.013984	
17	3.5.1	w, w, m, w, w, m, m, w	50	50	0.010968	0.013709
18	3.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	50	50	0.016451	

Nilai laju korosi pada tabel 3.4 spesimen FRP hybrid resin (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w,m,m,w,m,m,m,w) adalah 0,01641 mm/tahun, lapisan 2 variasi (w,w,m,m,m,m,w,w) yaitu 0,01398 mm/tahun, variasi layer 3 (w,w,m,w,w,m,m,w) adalah 0,01371 mm/tahun, spesimen hybrid resin FRP (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w,m,m,w,m,m,m,w) dengan 0,01275 mm/tahun, variasi layer 2 (w,w,m,m,m,m,w,w) adalah 0,01081 mm/tahun, variasi layer 3 (w,w,m,w,w,m,m,w) adalah 0,00948 mm/tahun, hybrid resin FRP spesimen (100% DERAKANE 411) dengan variasi layer 1 (w,m,m,w,m,m,m,w) yaitu 0,01256 mm/tahun, variasi layer 2 (w,w,m,m,m,m,w,w) yaitu 0,010996 mm/tahun, variasi layer 3 (w,w,m,w,w,m,m,w) yaitu 0,00962 mm/tahun.

D. Calculation Tensile Strength of FRP

Nilai uji kekuatan tarik ditunjukkan pada tabel 3.5 dan tabel 3.6:

Tabel 3.5 Nilai Hasil uji tarik spesimen FRP pada variasi konsentrasi resin

Variasi					
No	Kode	Layer	Konsentrasi Resin	Nilai Kuat Tarik (MPa)	Rata-rata (MPa)
1.	V1A.1	R,2M,R,3M,R	10:1	204,5	201,10
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	210,65
5.	V1A.3	2R,M,R,2M, 2R	10:1	217,6	
6.	V2A.3	2R,M,R,2M, 2R	10:1	213,9	215,75
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	176,90
10.	V2B.2	2R,4M,2R	9:1	170,4	
11.	V1B.3	2R,M,R,2M, 2R	9:1	193,4	192,15
12.	V2B.3	2R,M,R,2M, 2R	9:1	190,9	
13.	V1C.1	R,2M,R,3M,R	8:1	138,6	135,10
14.	V2C.1	R,2M,R,3M,R	8:1	131,6	
15.	V1C.2	2R,4M,2R	8:1	164,1	161,10
16.	V2C.2	2R,4M,2R	8:1	158,1	
17.	V1C.3	2R,M,R,2M, 2R	8:1	168,9	168,00
18.	V1C.3	2R,M,R,2M, 2R	8:1	167,1	

Tabel 3.6 Nilai Hasil uji tarik spesimen FRP pada variasi hybrid resin

No	Kode Spesimen	Variasi			Kekuatan Tarik (MPa)	Average
		Layer : Woven Roving (w) Mat (m)	Resin			
			DERAKANE 411 (%)	157 BQTN EX (%)		
1	1.3.1	w, m, m, w, m, m, m, w	100	0	138,9	144,55
2	1.3.2	w, m, m, w, m, m, m, w	100	0	150,2	
3	1.4.1	w, w, m, m, m, m, w, w	100	0	182,4	179,35
4	1.4.2	w, w, m, m, m, m, w, w	100	0	176,3	
5	1.5.1	w, w, m, w, w, m, m, w	100	0	198,7	201,1
6	1.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	100	0	203,5	
7	2.3.1	w, m, m, w, m, m, m, w	75	25	105	116,9
8	2.3.2	w, m, m, w, m, m, m, w	75	25	128,8	
9	2.4.1	w, w, m, m, m, m, w, w	75	25	157,9	157,5
10	2.4.2	w, w, m, m, m, m, w, w	75	25	157,1	
11	2.5.1	w, w, m, w, w, m, m, w	75	25	191,2	190,3
12	2.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	75	25	189,4	
13	3.3.1	w, m, m, w, m, m, m, w	50	50	94,8	98,75
14	3.3.2	w, m, m, w, m, m, m, w	50	50	102,7	
15	3.4.1	w, w, m, m, m, m, w, w	50	50	137,6	134,15
16	3.4.2	w, w, m, m, m, m, w, w	50	50	130,7	
17	3.5.1	w, w, m, w, w, m, m, w	50	50	163,1	164,6
18	3.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	50	50	166,1	

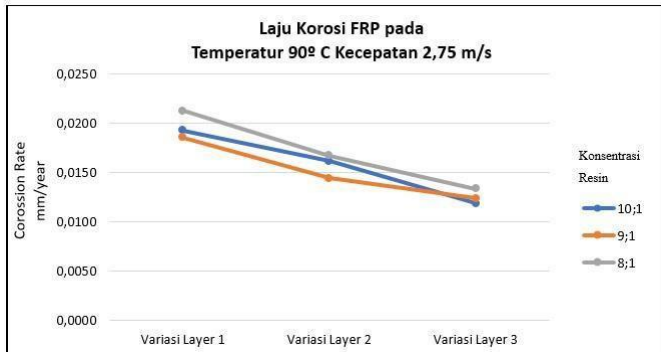
E. Analisa Corrosion Rate FRP

Pada Gambar 3.1, diperoleh 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 dari 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) diperoleh 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 konsentrasi resin 9:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R) diperoleh nilai laju korosi yang lebih tinggi daripada konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R). Nilai laju korosi tertinggi didapatkan dari spesimen FRP dengan konsentrasi resin 8:1 dengan variasi lapisan 1 (R,2M,R,3M,R) yaitu 0,0213 mm/tahun, sedangkan nilai laju korosi terendah didapatkan dari spesimen FRP dengan konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R) yaitu 0,0119 mm/tahun. Sehingga dapat diketahui pengaruh konsentrasi resin dan variasi susunan layer yang optimal adalah

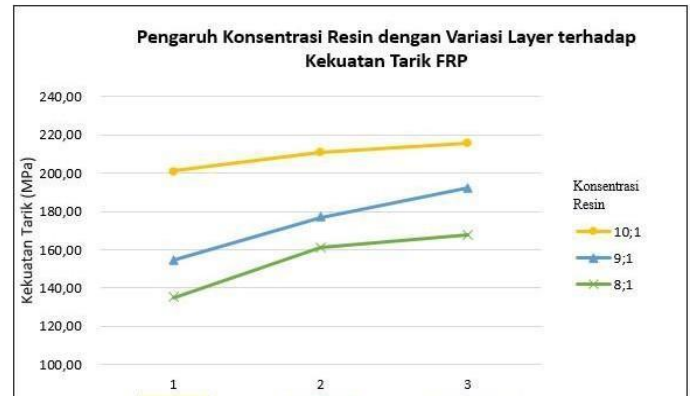


pada konsentrasi 10: 1 dengan variasi layer 3 (2RM,2R,2M,R)

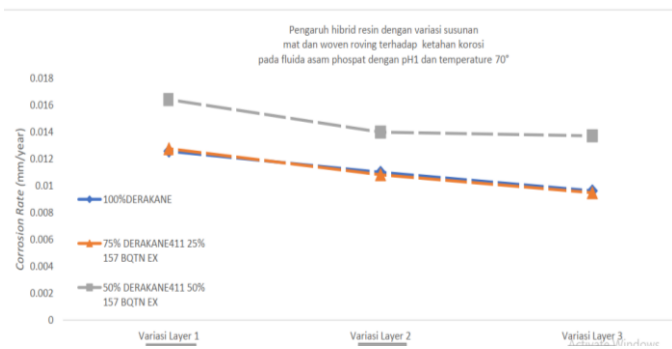
resin dan variasi yang optimal yaitu pada konsentrasi resin 10:1 dengan variasi lapisan 3 (2R,M,2R,2M,R).



Gambar 3.1 Grafik Laju Korosi Spesimen FRP pada Variasi Konsentrasi Resin



Gambar 3.3 Grafik Kekuatan Tarik Spesimen FRP pada Variasi Konsentrasi Resin



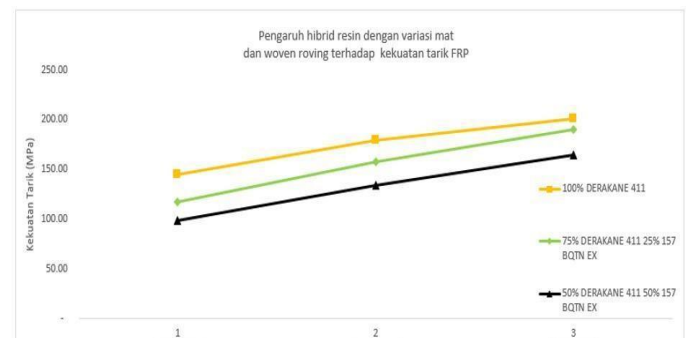
Gambar 3.2 Grafik Laju Korosi spesimen FRP pada variasi hybrid resin

Pada Gambar 3.2 Grafik pengaruh hybrid resin dengan variasi susunan mat dan woven roving terhadap ketahanan korosi fluida asam fosfat dengan pH1 dan suhu 90°, diperoleh nilai laju korosi FRP (Fiber Reinforced Plastik) pada spesimen hybrid resin (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) lebih tinggi daripada spesimen hybrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dan (100% DERAKANE 411), dan didapatkan nilai laju korosi dari spesimen FRP dengan variasi layer 1 (w,m,m,w,m,m,m,w) lebih tinggi dari spesimen FRP dengan variasi layer 2 (w,w,m,m,m,m,m,w,w) dan layer 3 (w,w,m,w,w,m,m,w). Nilai laju korosi tertinggi diperoleh dari spesimen FRP hybrid resin (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w,m,m,w,m,m,m,w) yaitu 0,01641 mm/tahun, sedangkan laju korosi terendah didapatkan dari spesimen FRP hybrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 3 (w,w,m,w,w,m,m,w) yaitu 0,00948 mm/tahun. Jadi semakin tinggi persentase resin 157 BQTN EX dan semakin sedikit woven roving pada spesimen FRP, maka semakin besar laju korosi.

F. Analisa Kekuatan Tarik FRP

Pada Gambar 3.4, nilai kekuatan tarik spesimen FRP (Fiberglass Reinforced Plastic) konsentrasi resin 10:1 lebih tinggi daripada konsentrasi resin 9:1 dan 8:1, dan nilai kekuatan tarik FRP pada variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R) lebih tinggi daripada spesimen FRP dengan variasi layer 2 (2R,4M,2R) dan variasi layer 1 (R,2M,R,3M,R). Nilai kekuatan tarik tertinggi didapatkan pada spesimen FRP dengan konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R) yaitu 215,75 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah didapatkan dari spesimen FRP dengan konsentrasi resin 8:1 dengan variasi layer 1 (R,2M,R,3M,R) yaitu sebesar 135,10 MPa. Sehingga dapat dilihat pengaruh konsentrasi

Pada Gambar 3.4, nilai kekuatan tarik hybrid resin FRP (100% DERAKANE 411) lebih tinggi daripada spesimen FRP hybrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dan (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX), dan didapatkan nilai kekuatan tarik spesimen FRP dengan variasi layer 3 (w,w,m,w,w,m,m,w) lebih tinggi dari spesimen FRP dengan variasi layer 2 (w,w,m,m,m,m,m,w,w) dan layer 1 (w,m,m,w,m,m,m,w). Nilai kekuatan tarik tertinggi didapatkan dari spesimen FRP hybrid resin (100% DERAKANE 411) dengan variasi layer 3 (w,w,m,w,w,m,m,w) yaitu 201,1 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah didapatkan dari spesimen FRP hybrid resin (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w,m,m,w,m,m,m,w) yaitu 98,75 MPa. Sehingga semakin tinggi persentase hybrid resin DERAKANE 411 dan semakin banyak woven roving, maka semakin besar nilai kekuatannya.

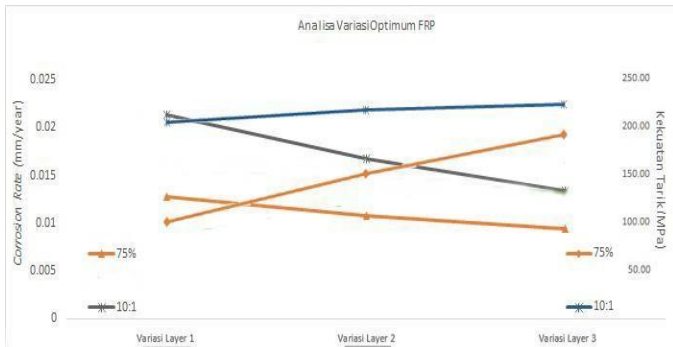


Gambar 3.4 Grafik Kekuatan Tarik Spesimen FRP pada Variasi Hybrid Resin

G. Analisa Variasi Optimum

Untuk menyederhanakan analisis, grafik dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Berdasarkan Gambar 3.6 Grafik Analisis Variasi Optimal, dari delapan belas variasi spesimen, komposisi paling optimal yang lebih tahan terhadap laju korosi adalah komposisi jenis hybrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dengan variasi dari layer 3 (2R,M,2R,2M,R) dan komposisi paling optimal yang lebih tahan terhadap kekuatan tarik adalah komposisi konsentrasi resin 10:1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R).





Gambar 3.5 Grafik Analisa Variasi Optimum

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bahwa semakin tinggi persentase hybrid resin 157 BQTN EX dan semakin sedikit jumlah woven roving pada spesimen FRP, maka semakin besar laju korosi dan semakin tinggi persentase hybrid resin DERAKANE 411 dan semakin banyak jumlah layer woven roving pada spesimen FRP, maka semakin besar nilai kekuatan tariknya.
2. Laju korosi spesimen FRP dipengaruhi oleh jumlah woven roving dan konsentrasi resinnya, bahwa semakin besar konsentrasi resin yang ada dan semakin banyak jumlah woven roving dalam FRP, maka semakin rendah nilai laju korosi. Dan nilai kekuatan tarik spesimen FRP dipengaruhi oleh jumlah woven roving dan konsentrasi resin, bahwa semakin besar konsentrasi resin yang tersedia dan semakin banyak jumlah serat woven roving dalam FRP, maka semakin besar nilai kekuatan tariknya.
3. Komposisi paling optimal yang lebih tahan terhadap laju korosi dalam aliran asam fosfat adalah komposisi jenis hybrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dengan variasi lapisan 3 (2R,M,2R,2M,R) dan komposisi optimal optimal yang paling tahan terhadap kekuatan tarik adalah komposisi konsentrasi resin 10: 1 dengan variasi layer 3 (2R,M,2R,2M,R).

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, C. 581-03. (2003). Standard Practice for Determining Chemical Resistance of Thermosetting Resins Used in Glass-Fiber-Reinforced Structures Intended for Liquid Service.
- ASTM, C. 582-02. (2003). Standard Specification for Contact-Molded Reinforced Thermosetting Plastic (RTP) Laminates for Corrosion-Resistant Equipment.
- ASTM, D. 638-03. (2004). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.
- ASTM, G. 31-72. (2004). Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals.
- 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>
- Ihham Chaerul Rizqi, S. (2017). Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk Pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan Kanpe Clear NF Sebagai Pengganti Las, 5(4).

Liu, H. (2003). *Pipeline Engineering*.

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.

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.

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 Phospha

