

# PENGARUH HIBRID RESIN DENGAN VARIASI SUSUNAN MAT DAN WOVEN ROVING TERHADAP KETAHANAN KOROSI PADA FLUIDA ASAM PHOSPAT DAN KEKUATAN TARIK

Ibnu Abdil Aziz<sup>1\*</sup>, Budi Prasajo<sup>2</sup>, M. M. Eko Prayitno<sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*,2,3</sup>

Email: ibnuabdilaziz.teknikperpipaan@gmail.com<sup>1\*</sup>

**Abstract** - In chemical plants, corrosion problems often occur due to fluid acidity. Such as the installation of a phosphoric acid plant in one of the Manyar Roomo Gresik area factories which has a fairly high acidity level. To overcome this, the plant installation uses materials such as Fiberglass Reinforced Plastics which are strong and resistant to 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 examine Fiberglass Reinforced Plastics material with a variety of hybrid compositions from 411-157 BQTN EX and Mat and WR arrangements. In this test there is a test of Immersion test and Tensile test to determine the corrosion resistance and material strength. Tests on materials were carried out using 36 specimen samples consisting of 3 types of resin hybrid compositions and 3 types of Mat and WR arrangements. 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. From the above research the highest corrosion rate and the lowest tensile strength value of FRP hybrid resin specimens (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) with layer 1 variations (w, m, m, w, m, m, m, w) ) which is 0.01641 mm / year and 123.95 MPa. It can be concluded that specimens that have the greatest tensile strength and are corrosion resistant to phosphoric acid fluids with pH1 and temperature 70 ° are specimens that have a high percentage of DERAKANE 411 resin and a large amount of woven roving on the layer arrangement.

**Keyword:** Fiberglass Reinforced Plastics, Hybrid resin, Immersion test, and Tensile test

## Nomenclature:

PD = Design pressure [MPa]

Td = Design temperature [°C]

To = Operational temperature [°C]

Q = Debit [m<sup>3</sup>/s]

ρ = Densitas material [kg/m<sup>3</sup>]

ID = Inside diameter [m]

OD = Outside diameter [m]

V = kecepatan aliran [m/s]

## 1. PENDAHULUAN

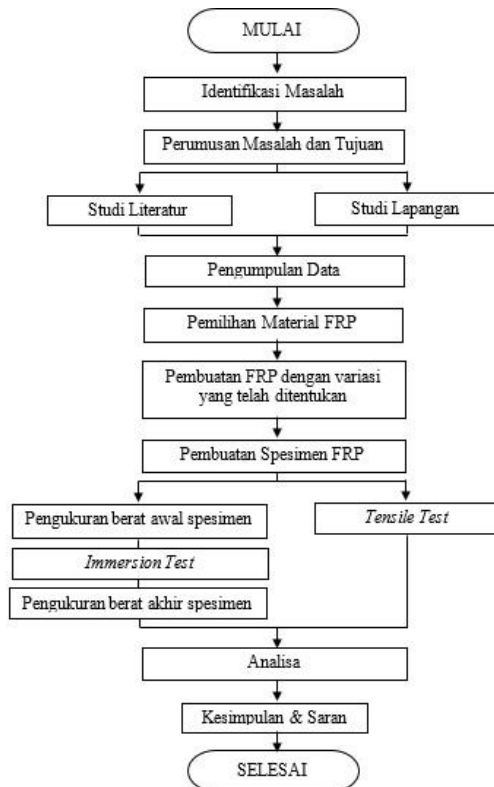
Pada industri yang bergerak pada bidang proses kimia, pastinya terdapat line yang mendistribusikan fluida bersifat asam yang sangat korosif terhadap material jenis carbon, sehingga material stainless steel dipilih karena relatif tahan korosi, korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Contoh korosi yang paling lazim adalah perkaratan besi hal ini dikarenakan material stainless steel secara umum mengandung unsur kromium yang membentuk lapisan pasif kromium oksida (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) saat bereaksi dengan oksigen (O<sub>2</sub>). Lapisan pasif ini dapat mencegah bereaksinya material dengan zat lain yang dapat menyebabkan degradasi, namun lapisan tersebut memiliki batas maksimal konsentrasi asam, jika suatu

fluida memiliki konsentrasi keasaman yang tinggi seperti asam phospat, korosi akan cepat terjadi dan pipa pada jalur tersebut berpotensi bocor atau berlubang. Maka material stainless steel saat ini jarang dijadikan material yang mendistribusikan fluida asam dan diganti menggunakan material non-logam salah satunya yaitu fiber reinforced plastics (FRP).

Pada Tugas Akhir (TA) ini akan membahas mengenai pengaruh komposisi hibrid resin DERAKANE 411-157 BTQN EX dengan susunan peletakan Woven Roving dan Mat terhadap ketahanan korosi serta kekuatan tarik pada aliran asam phospat untuk mengatasi permasalahan kebocoran pipa. Data diperoleh dengan cara 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.

## 2. METODOLOGI.

### 2.1. Diagram Alir



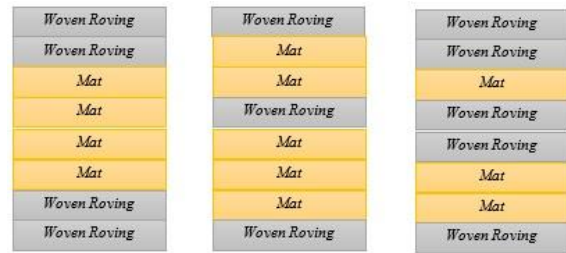
Gambar 1.1 Diagram alir penelitian

### 2.2. Langkah Penelitian

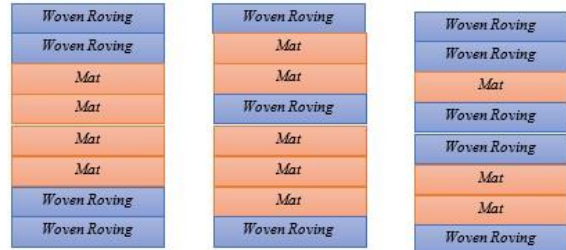
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan hasil data pengujian korosi erosi terhadap FRP (*Fiberglass Reinforced Plastics*) dan data pengujian kekuatan tarik. Susunan FRP terdiri dari 3 variasi susunan mat serta WR dan 3 variasi komposisi hibrid resin. Waktu pengujian dilakukan selama 24 jam untuk 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 2004 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 Tugas Akhir ini ditunjukkan pada gambar 1.1 Diagram Alir.

#### A. Variasi spesimen

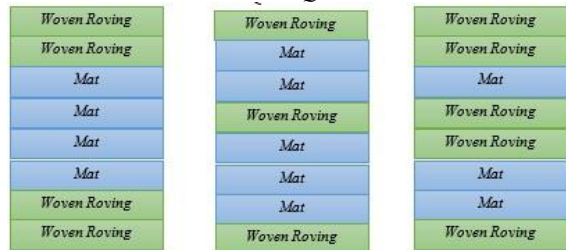
Susunan FRP terdiri dari 3 variasi susunan mat serta WR ( $w, m, m, w, m, m, m, w$ ), ( $w, w, m, m, m, m, w, w$ ), dan ( $w, w, m, w, w, m, m, w$ ) dan 3 variasi komposisi hibrid resin (100% DERAKANE 411), (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX), dan (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX)



Gambar 2.1 Variasi susunan WR dan Mat 100% Derakane 411



Gambar 2.2 Variasi susunan WR dan Mat 75% Derakane 411 25% 157 BQTN EX



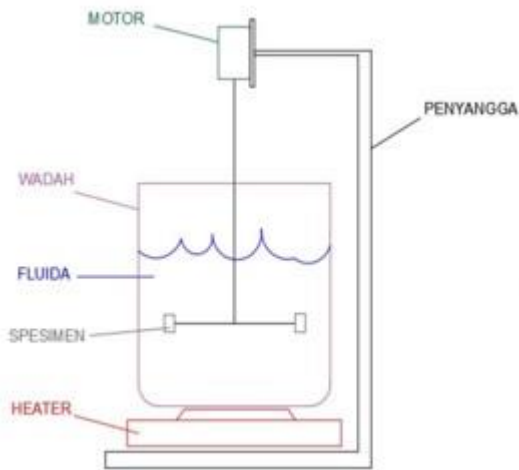
Gambar 2.3 Variasi susunan WR dan Mat 50% Derakane 411 50% 157 BQTN EX

#### 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 G31 dan ASTM C581 dengan kecepatan 1,7 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	$L = 2\pi r t$

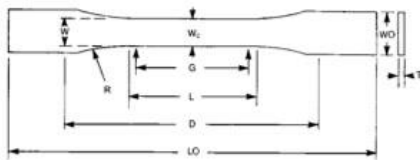
Gambar 2.4 Area yang terpapar saat pengujian *immersion*



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 fosfat 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  
 $Q = 0,032 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Menghitung kecepatan aliran :  
 $V = Q/A$   
 $= (0,032 \text{ m}^3/\text{s}) / (0,25 \pi d^2)$   
 $= (0,032 \text{ m}^3/\text{s}) / (0,25 \pi 0,154 \times 0,154 \text{ m}^2)$   
 $= 1,72 \text{ m/s}$

Dari perhitungan di atas ditemukan kecepatan fluida asam fosfat adalah 1,72 m/s. Setelah itu dikonversi menjadi satuan rpm untuk menghitung banyaknya putaran dalam pengujian tiap menitnya.

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

$$= (60.000 \times 1,72 \text{ m/s}) / (\pi \times 220 \text{ (mm)})$$

$$= 149,316 \text{ rpm}$$

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 150 rpm.

### B. Selisih Berat Spesimen

Tabel 1.1 Selisih Berat Spesimen

No	Kode Spesimen	Variasi		Berat			
		Layer : Woven Roving (w) Mat (m)	DERAKAN 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 Corrosion Rate FRP

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

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

$$k = 87600$$

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

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

- Kode spesimen 1.3.1

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

$$= (87600 \cdot 0,0005) / (78,72128 \cdot 24 \cdot 1,6608)$$

$$= 0,013959 \text{ mm/years}$$

Hasil perhitungan Corrosion Rate ditunjukkan pada tabel 1.2 Corrosion Rate FRP

Tabel 1.2 Corrosion Rate FRP

No	Kode Spesimen	Variasi			Corrosion Rate(mm/year)
		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
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
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	0.010999
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
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
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
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
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
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
18	3.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	50	50	0.016451

**D. Hasil Kekuatan Tarik FRP**

Hasil kekuatan tarik ditunjukkan pada tabel 1.3 Kekuatan Tarik FRP

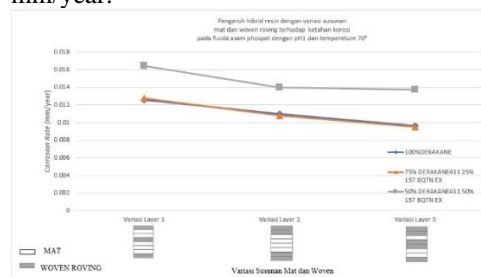
Tabel 1.3 Kekuatan Tarik FRP

No	Kode Spesimen	Variasi			Kekuatan Tarik (MPa)
		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
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
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
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
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
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
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
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
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
18	3.5.2	w, w, m, w, w, m, m, w	50	50	166,1

**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) hibrid resin (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) lebih tinggi dibandingkan spesimen FRP hibrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dan (100% DERAKANE 411), dan didapatkan nilai corrosion rate spesimen FRP dengan variasi layer 1 (w, m, m, w, m, m, m, w) lebih tinggi dibandingkan spesimen FRP dengan variasi layer 2 (w, w, m, m, m, m, w, w) dan layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w). Nilai corrosion

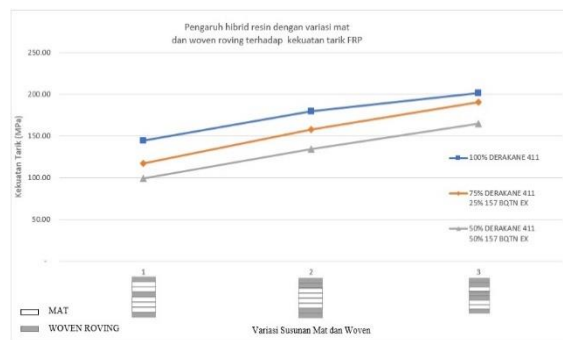
rate tertinggi didapatkan dari spesimen FRP hibrid resin (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w, m, m, w, m, m, m, w) yaitu 0,01641 mm/year, sedangkan Nilai corrosion rate terendah didapatkan dari spesimen FRP hibrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w) yaitu 0,00948 mm/year.



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

**F. Analisa Kekuatan Tarik FRP**

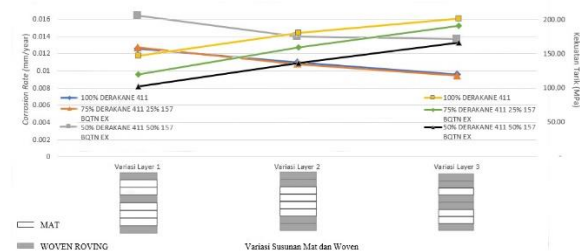
Untuk mempermudah analisa, hasil perhitungan kekuatan tarik FRP ditampilkan dalam bentuk grafik seperti gambar 3.2 Grafik Pengaruh hibrid resin dengan variasi susunan mat dan woven roving terhadap kekuatan tarik FRP. Berdasarkan data grafik, didapatkan nilai kekuatan tarik spesimen FRP (Fiber Reinforced Plastic) hibrid resin (100% DERAKANE 411) lebih tinggi dibandingkan spesimen FRP hibrid 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 dibandingkan spesimen FRP dengan variasi layer 2 (w, w, 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 hibrid 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 hibrid resin (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w, m, m, w, m, m, m, w) yaitu 98,75 MPa.



Gambar 3.2 Grafik Pengaruh hibrid resin dengan variasi susunan mat dan woven roving terhadap kekuatan tarik FRP

**G. Analisa Variasi Optimum**

Untuk mempermudah analisa, dibuatlah grafik seperti pada gambar 4.3 Grafik analisa variasi optimum FRP. Variasi spesimen yang tahan korosi terhadap fluida asam phospat dengan pH1 dan temperatur 70° dan memiliki kekuatan tarik tinggi yaitu spesimen FRP hibrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w).



Gambar 3.3 Grafik Variasi Optimum

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, dapat menjadi kesimpulan sebagai berikut

1. Nilai corrosion rate dari spesimen FRP hibrid resin (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w, m, m, w, m, m, m, w) yaitu 0,01641 mm/year, variasi layer 2 (w, w, m, m, m, m, w, w) yaitu 0,01398 mm/year, variasi layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w) yaitu 0,01371 mm/year, spesimen FRP hibrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w, m, m, w, m, m, m, w) yaitu 0,01275 mm/year, variasi layer 2 (w, w, m, m, m, m, w, w) yaitu 0,01081 mm/year, variasi layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w) yaitu 0,00948 mm/year, spesimen FRP hibrid resin (100% DERAKANE 411) dengan variasi layer 1 (w, m, m, w, m, m, m, w) yaitu 0,01256 mm/year, variasi layer 2 (w, w, m, m, m, m, w, w) yaitu 0,010996 mm/year, variasi layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w) yaitu 0,00962 mm/year. Sehingga semakin tinggi prosentase resin 157 BQTN EX dan semakin sedikit layer woven roving corrosion rate pada spesimen FRP, maka semakin besar nilai corrosion ratenya.
2. Nilai kekuatan tarik dari spesimen FRP hibrid resin (50% DERAKANE 411 50% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w, m, m, w, m, m, m, w) yaitu 98,75 MPa, variasi layer 2 (w, w, m, m, m, m, w, w) yaitu 134,15 MPa, variasi layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w) yaitu 164,6 MPa, spesimen FRP hibrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 1 (w, m, m, w, m, m, m, w) yaitu 116,9 MPa, variasi layer 2 (w, w, m, m, m, m, w, w) yaitu 157,5 MPa, variasi layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w) yaitu 190,3 MPa, spesimen FRP hibrid resin (100% DERAKANE 411) dengan variasi layer 1 (w, m, m, w, m, m, m, w) yaitu 144,55 MPa, variasi layer 2 (w, w, m, m, m, m, w, w) yaitu 179,35 MPa, variasi layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w) yaitu 201,1 MPa. Sehingga

semakin tinggi prosentase resin DERAKANE 411 dan semakin banyak layer woven roving kekuatan tarik pada spesimen FRP, maka semakin besar nilai kekuatan tariknya.

3. Variasi spesimen yang tahan korosi terhadap fluida asam phospat dengan pH1 dan temperatur 70° dan memiliki kekuatan tarik tinggi yaitu spesimen FRP hibrid resin (75% DERAKANE 411 25% 157 BQTN EX) dengan variasi layer 3 (w, w, m, w, w, m, m, w).

#### 5. SARAN

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

1. Gunakan variasi spesimen FRP hibrid resin 157 BQTN EX dengan persentase 60-90.
2. Gunakan variasi spesimen FRP dengan susunan layer yang terbuat dari serat alam seperti serat yang terbuat dari tumbuhan eceng gondok.

#### 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, M.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Budi Prasajo, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
5. Bapak MM. Eko Prayitno, 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. (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>
- [2] 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>
- [3] 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>
- [4] Google. (2018). google\_image. Retrieved December 29, 2018, from <https://www.google.co.id/imghp?hl=id>
- [5] Hidayat, D. (2013). Sifat Mekanik Paduan Hibrid Epoksi-, 1(1), 1–6.
- [6] Ilham Chaerul Rizqi Siregar, Hartono Yudo, K. (2017). Jurnal teknik perkapalan, 5(1), 163–172.
- [7] Makin, A., Prasajo, B., Teknik, J., Kapal, P., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2018). PENGARUH VARIASI SUSUNAN WOVEN ROFING DAN MAT, 4.
- [8] 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>
- [9] 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>
- [10] Qian, D., Bao, L., Takatera, M., Kemmochi, K., & Yamanaka, A. (2010). Fiber-reinforced 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>