

# Studi Sifat Kekuatan, Ketahanan Korosi dan Ketangguhan pada Material Komposit Berbasis *Polyester*, *Epoxy* dan *Silicone Rubber* dengan Variasi Komposisi Serat Penguat Karbon Fiber

Alvido Toto Wijaya<sup>1\*</sup>, Bambang Antoko<sup>2</sup>, Nora Amelia Novitrie<sup>3</sup>

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

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [alvidototo@student.ppns.ac.id](mailto:alvidototo@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [bambangantoko@ppns.ac.id](mailto:bambangantoko@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [noranovitrie@ppns.ac.id](mailto:noranovitrie@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>;

**Abstract** - FRP (Fiberglass Reinforced Plastic) is often used in corrosive conditions because it has a fairly high corrosion resistance. In its application, FRP has various types of variations which are composed of different matrices and reinforced. In this study, FRP was made with a variety of composite compositions with a matrix, namely epoxy, silicone rubber and polyester with carbon fiber as the reinforcing fiber. The purpose of this study was to compare the mechanical properties and corrosion resistance of these variations using the hand lay-up method. From the results of calculations and data analysis, it shows that composites with an epoxy matrix with a composition of 40% reinforcing fiber and 20° fiber position have the highest strength with a value of 60.77 Mpa in the tensile test and 0.0045 J/mm<sup>2</sup> in the impact test. Meanwhile, the effect of the composition on corrosion resistance shows that the composite with a silicone rubber matrix has the best resistance with a corrosion rate value of 0.1248 mmpy.

**Keyword:** Carbon Fiber, Epoxy, FRP, Polyester, Silicone Rubber

## Nomenclature

<b>E</b>	Energi Impak (J)
<b>HI</b>	Kuat Impak (J/mm <sup>2</sup> )
<b>CR</b>	Corrothion Rate (mmpy)

## 1. PENDAHULUAN

Berlatar belakang dari Tugas Akhir senior Teknik Perpipaan yang berjudul “Analisis Tekno Ekonomi Penggunaan Material *Carbon Steel* SA 106 Grade B dan *FRP* (Fiberglass Reinforced Plastic) Pada Jalur *Water Injection Pipeline* 10” 3000 m CPA-Mudi Pad C JOB PPEJ Tuban” dimana pada Tugas Akhir tersebut terdapat sebuah instalasi pipa jaringan pendukung sistem, yakni *water injection pipeline* yang terkubur dalam tanah (*underground*) sepanjang 3 km yang menghubungkan *Central Processing Area* (CPA) dan Mudi Pad C. Sistem *underground pipeline* tersebut berfungsi sebagai media penyalur fluida (*produce water*) hasil dari pengeboran yang telah dipisahkan oleh separator, kemudian dikembalikan lagi ke sumur sebagai proses injeksi (*water flooding*). Fluida yang melewati jalur tersebut termasuk dalam fluida korosif. Sehingga pada Tugas Akhir tersebut dilakukan perubahan material dari *carbon steel* menjadi material *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) yang pada aktualnya tidak diketahui kekuatan, ketahanan korosi dan ketangguhan dari material tersebut. Data operasional dari *water injection pipeline*, fluida yang mengalir didalam pipa mencapai 98 °C dengan tingkat keasaman yang fluktuatif. Sehingga muncul kekhawatiran dari tim pipeline mengenai kerusakan yang akan terjadi pada pipa

tersebut yang diakibatkan oleh kesalahan pada saat manufaktur atau yang lain.

Seiring dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan, penggunaan FRP dalam dunia industri terus meningkat. Khususnya dalam industri yang menangani fluida korosif. Namun dalam praktiknya bahan dari FRP yang digunakan hanya itu-itu saja. Variasi pada material FRP perlu dilakukan untuk mengetahui faktor yang akan membuat material FRP semakin unggul.

Latar belakang tersebut memotivasi penulis untuk melakukan percobaan mengenai pengaruh variasi resin *polyester*, *epoxy* dan *silicone rubber*. Adanya variasi resin tersebut, diharapkan akan menghasilkan kekuatan, ketahanan korosi dan ketangguhan yang bervariasi sehingga diketahui karakteristik dari setiap variasi. Selain itu, Tugas Akhir ini bisa menjadi referensi mengenai penggunaan material FRP didunia industri.

### 1.1 Klasifikasi Material

*Solid Engineering Materials* diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan *mechanical* dan *physical properties*, yaitu: *Metals*, *Polymers* dan *Ceramics*. Ketiga material tersebut dapat dikombinasikan menjadi material baru yang digolongkan dalam jenis komposit. Penggolongan material pipa tersebut secara rinci diklasifikasikan sebagai berikut:

#### 1. Metal

Merupakan kombinasi satu atau lebih dari *metallic element* (*iron*, *aluminium*, *copper*, *nickel* dan *gold*) ataupun *nonmetallic element* (*carbon*,

*nitrogen* dan *oxygen*). Material metal relatif kaku dan keras, namun juga elastis, memiliki ketahanan terhadap kepatahan.

2. *Polymer*

Secara umum dikenal sebagai material *plastic* dan *rubber*. *Polymer* yang umum diketahui yaitu polivinil klorida (PVC), polistirena (PS), polietilena (PE), polipropilena (PP), nilon, polikarbonat (PC) dan *silicone rubber*. Material ini memiliki perbedaan karakteristik dengan *metallic* atau *ceramic*. Kebanyakan polymer bersifat elastis dan tidak sekaku ataupun sekuat material tipe lain.

3. *Ceramic*

Merupakan gabungan antara *metallic* dan *nonmetallic elements*. Material *ceramic* biasanya bersifat getas.

4. *Composite*

Merupakan perpaduan dari dua jenis atau lebih material yang membentuk satu material baru sehingga dihasilkan material *composite* baru yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

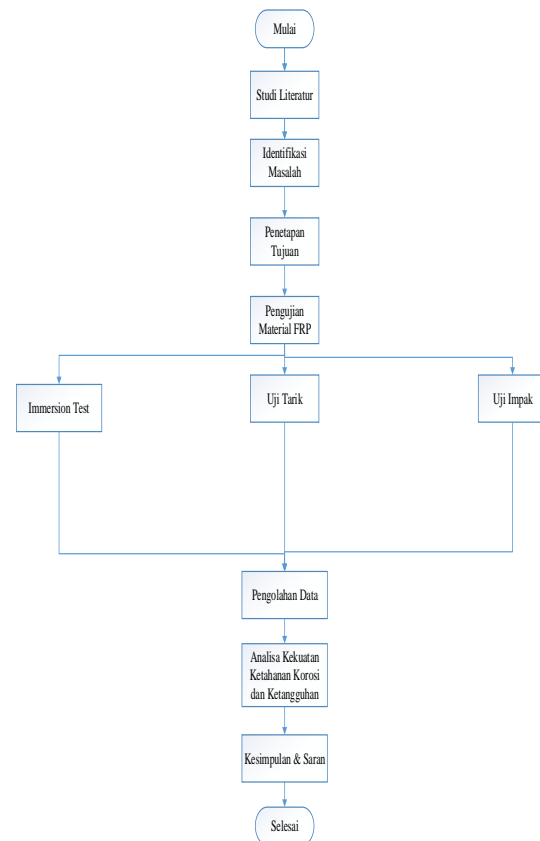
1.2 Material *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)*

FRP merupakan sebuah bahan *composite* yang biasanya terbuat dari resin yang dibentuk pipa. Spesifikasi standard untuk material FRP ada pada API Spec 15LR (untuk *low pressure*) dan 15HR (untuk *high pressure*). *Fiberglass reinforcement plastic* atau dalam kata lain bisa disebut juga *fiberglass reinforced composite* tersusun dari bahan penguat yang biasa disebut *reinforcement* dan resin yang biasa disebut *matrix*. Pada saat melakukan instalasi fitting (FRP to FRP) menggunakan *threaded joint*. *Threaded joint* merupakan salah satu cara menyambungkan pipa dengan menggunakan ulir disetiap sambungannya. Sedangkan apabila instalasi fitting (FRP to CS) menggunakan *flange*. (Syarif, 2013)

2. METODOLOGI

Spesimen dibuat dengan menggunakan cetakan yang dimensinya telah ditentukan dengan metode *hand lay-up* sesuai dengan pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian tarik, korosi dan dampak. Jumlah spesimen yang dibuat sesuai dengan desain eksperimen yaitu sebanyak 27 buah tiap pengujian. Kemudian pada spesimen dilakukan pengujian. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil dari pengujian untuk dilakukan analisa dan perhitungan.

2.1 Diagram Alir



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, diperoleh hasil dari pengujian tarik, pengujian dampak dan pengujian korosi. Dari hasil tersebut kemudian dilanjutkan dengan mengolah data hasil pengujian. Rancang desain eksperimen pengujian tarik, dampak dan korosi dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1 Rancangan Eksperimen Kuat Tarik

No	Spesimen	Resin	Serat	Posisi Serat
1	A1	epoxy	20%	tegak lurus sejajar
2	A2	epoxy	20%	20°
3	A3	epoxy	20%	40°
4	A4	epoxy	40%	tegak lurus sejajar
5	A5	epoxy	40%	20°
6	A6	epoxy	40%	40°
7	A7	epoxy	60%	tegak lurus sejajar
8	A8	epoxy	60%	20°
9	A9	epoxy	60%	40°

No	Spesimen	Resin	Serat	Posisi Serat
10	B1	<i>silicon rubber</i>	20%	tegak lurus sejajar
11	B2	<i>silicon rubber</i>	20%	20°
12	B3	<i>silicon rubber</i>	20%	40°
13	B4	<i>silicon rubber</i>	40%	tegak lurus sejajar
14	B5	<i>silicon rubber</i>	40%	20°
15	B6	<i>silicon rubber</i>	40%	40°
16	B7	<i>silicon rubber</i>	60%	tegak lurus sejajar
17	B8	<i>silicon rubber</i>	60%	20°
18	B9	<i>silicon rubber</i>	60%	40°
19	C1	<i>polyester</i>	20%	tegak lurus sejajar
20	C2	<i>polyester</i>	20%	20°
21	C3	<i>polyester</i>	20%	40°
22	C4	<i>polyester</i>	40%	tegak lurus sejajar
23	C5	<i>polyester</i>	40%	20°
24	C6	<i>polyester</i>	40%	40°
25	C7	<i>polyester</i>	60%	tegak lurus sejajar
26	C8	<i>polyester</i>	60%	20°
27	C9	<i>polyester</i>	60%	40°

Tabel 2 Rancangan Eksperimen Impak

No	Spesimen	Resin	Serat	Posisi Serat
1	A1.1	<i>epoxy</i>	20%	tegak lurus sejajar
2	A2.2	<i>epoxy</i>	20%	20°
3	A3.3	<i>epoxy</i>	20%	40°
4	A4.4	<i>epoxy</i>	40%	tegak lurus sejajar
5	A5.5	<i>epoxy</i>	40%	20°

No	Spesimen	Resin	Serat	Posisi Serat
6	A6.6	<i>epoxy</i>	40%	40°
7	A7.7	<i>epoxy</i>	60%	tegak lurus sejajar
8	A8.8	<i>epoxy</i>	60%	20°
9	A9.9	<i>epoxy</i>	60%	40°
10	B1.1	<i>silicon rubber</i>	20%	tegak lurus sejajar
11	B2.2	<i>silicon rubber</i>	20%	20°
12	B3.3	<i>silicon rubber</i>	20%	40°
13	B4.4	<i>silicon rubber</i>	40%	tegak lurus sejajar
14	B5.5	<i>silicon rubber</i>	40%	20°
15	B6.6	<i>silicon rubber</i>	40%	40°
16	B7.7	<i>silicon rubber</i>	60%	tegak lurus sejajar
17	B8.8	<i>silicon rubber</i>	60%	20°
18	B9.9	<i>silicon rubber</i>	60%	40°
19	C1.1	<i>polyester</i>	20%	tegak lurus sejajar
20	C2.2	<i>polyester</i>	20%	20°
21	C3.3	<i>polyester</i>	20%	40°
22	C4.4	<i>polyester</i>	40%	tegak lurus sejajar
23	C5.5	<i>polyester</i>	40%	20°
24	C6.6	<i>polyester</i>	40%	40°
25	C7.7	<i>polyester</i>	60%	tegak lurus sejajar
26	C8.8	<i>polyester</i>	60%	20°
27	C9.9	<i>polyester</i>	60%	40°

Tabel 3 Rancangan Eksperimen Immersion

No	Spesimen	Resin	Serat	Posisi Serat
1	A1.1.1	<i>epoxy</i>	20%	tegak lurus sejajar
2	A2.2.2	<i>epoxy</i>	20%	20°
3	A3.3.3	<i>epoxy</i>	20%	40°

No	Spesimen	Resin	Serat	Posisi Serat
4	A4.4.4	epoxy	40%	tegak lurus sejajar
5	A5.5.5	epoxy	40%	20°
6	A6.6.6	epoxy	40%	40°
7	A7.7.7	epoxy	60%	tegak lurus sejajar
8	A8.8.8	epoxy	60%	20°
9	A9.9.9	epoxy	60%	40°
10	B1.1.1	silicon rubber	20%	tegak lurus sejajar
11	B2.2.2	silicon rubber	20%	20°
12	B3.3.3	silicon rubber	20%	40°
13	B4.4.4	silicon rubber	40%	tegak lurus sejajar
14	B5.5.5	silicon rubber	40%	20°
15	B6.6.6	silicon rubber	40%	40°
16	B7.7.7	silicon rubber	60%	tegak lurus sejajar
17	B8.8.8	silicon rubber	60%	20°
18	B9.9.9	silicon rubber	60%	40°
19	C1.1.1	polyester	20%	tegak lurus sejajar
20	C2.2.2	polyester	20%	20°
21	C3.3.3	polyester	20%	40°
22	C4.4.4	polyester	40%	tegak lurus sejajar
23	C5.5.5	polyester	40%	20°
24	C6.6.6	polyester	40%	40°
25	C7.7.7	polyester	60%	tegak lurus sejajar
26	C8.8.8	polyester	60%	20°
27	C9.9.9	polyester	60%	40°

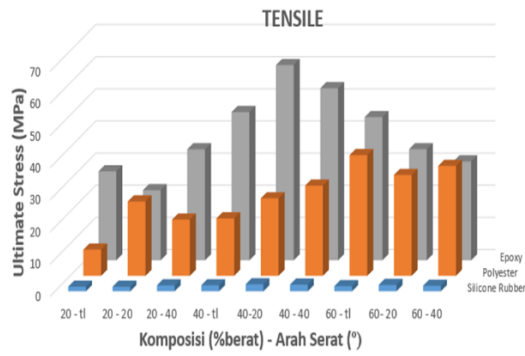
No	Spesimen	Ultimate Strength (MPa)
2	A2	21,82
3	A3	34,54
4	A4	46,14
5	A5	60,77
6	A6	53,56
7	A7	44,68
8	A8	34,57
9	A9	30,79
10	B1	1,43
11	B2	1,41
12	B3	1,85
13	B4	1,87
14	B5	2,18
15	B6	2,08
16	B7	1,59
17	B8	1,97
18	B9	1,71
19	C1	8,16
20	C2	23,13
21	C3	17,49
22	C4	17,87
23	C5	24,11
24	C6	28,07
25	C7	37,54
26	C8	31,37
27	C9	34,19

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai *ultimate stress* tertinggi dari tiap basis resin yang digunakan. Diketahui basis resin *epoxy* pada spesimen A5 memiliki nilai *ultimate stress* tertinggi dengan nilai 60,77 Mpa yang memiliki komposisi 40% serat penguat dan posisi serat 20°. Dilanjutkan oleh resin *polyester* pada spesimen C7 dengan nilai *ultimate stress* 37,54 Mpa yang memiliki komposisi 60% serat penguat dan posisi serat tegak lurus sejajar. Kemudian resin *silicone rubber* pada spesimen B5 dengan nilai *ultimate stress* 2,18 Mpa yang memiliki komposisi 40% serat penguat dan posisi serat 20°. Grafik hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 2.

### 3.1 Hasil Pengujian Tensile

Tabel 4 Nilai *Ultimate Stress*

No	Spesimen	Ultimate Strength (MPa)
1	A1	27,71



Gambar 2 Grafik Hasil Pengujian Tensile

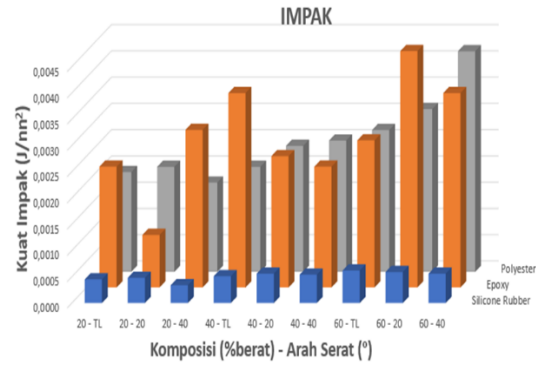
### 3.2 Hasil Pengujian Impak

Tabel 5 Nilai Kuat Impak

Spesimen	Energi Impak (J)	Kuat Impak (J/mm <sup>2</sup> )
A1.1	8,2	0,00231
A2.2	3,5	0,00099
A3.3	10,5	0,00296
A4.4	13	0,00366
A5.5	9	0,00254
A6.6	8	0,00225
A7.7	10	0,00282
A8.8	16	0,00451
A9.9	13	0,00366
B1.1	1,6	0,00045
B2.2	1,7	0,00048
B3.3	1,2	0,00034
B4.4	1,8	0,00051
B5.5	2	0,00056
B6.6	1,9	0,00054
B7.7	2,2	0,00062
B8.8	2,1	0,00059
B9.9	2	0,00056
C1.1	6,8	0,00192
C2.2	7	0,00197
C3.3	6,2	0,00175
C4.4	7	0,00197
C5.5	8,5	0,00240
C6.6	9	0,00254
C7.7	9,7	0,00273
C8.8	11	0,00310
C9.9	15	0,00423

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai kuat impak tertinggi dari tiap basis resin yang digunakan. Diketahui basis resin *epoxy* pada spesimen A8 memiliki nilai kuat impak tertinggi

dengan nilai 0,0045 J/mm<sup>2</sup>, yang memiliki komposisi 60% serat penguat dan posisi serat 20°. Dilanjutkan oleh resin *polyester* pada spesimen C9 dengan nilai 0,0042 J/mm<sup>2</sup>, yang memiliki komposisi 60% serat penguat dan posisi serat 40°. Kemudian resin *silicone rubber* pada spesimen B7 dengan nilai 0,00062 J/mm<sup>2</sup>, yang memiliki komposisi 60% serat penguat dan posisi serat tegak lurus sejajar. Grafik hasil pengujian impak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Hasil Pengujian Impak

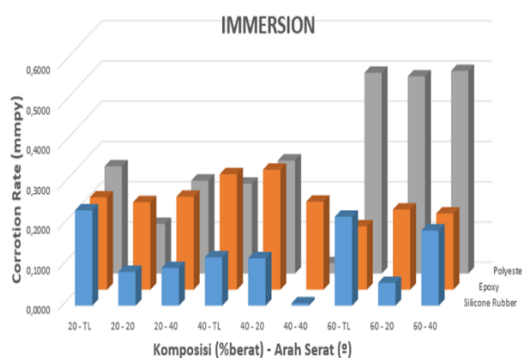
### 3.3 Hasil Pengujian Immersion

Tabel 6 Nilai Corrosion Rate

No	Spesimen	Corrosion Rate (mmpy)
1	A1.1.1	0,2292
2	A2.2.2	0,2171
3	A3.3.3	0,2307
4	A4.4.4	0,2867
5	A5.5.5	0,2980
6	A6.6.6	0,2186
7	A7.7.7	0,1573
8	A8.8.8	0,1989
9	A9.9.9	0,1891
10	B1.1.1	0,2368
11	B2.2.2	0,0840
12	B3.3.3	0,0938
13	B4.4.4	0,1203
14	B5.5.5	0,1180
15	B6.6.6	0,0061
16	B7.7.7	0,2209
17	B8.8.8	0,0567
18	B9.9.9	0,1868
19	C1.1.1	0,2663
20	C2.2.2	0,1233

No	Spesimen	Corrothion Rate (mmpy)
21	C3.3.3	0,2307
22	C4.4.4	0,2231
23	C5.5.5	0,2806
24	C6.6.6	0,0257
25	C7.7.7	0,4985
26	C8.8.8	0,4894
27	C9.9.9	0,5030

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai *corrothion rate* tertinggi dari tiap basis resin yang digunakan. Diketahui basis resin *polyester* memiliki nilai *corrothion rate* tertinggi pada spesimen C9 dengan nilai 0,5030 mmpy, yang memiliki komposisi 60% serat penguat dan posisi serat 40°. Dilanjutkan oleh resin *epoxy* pada spesimen A5 dengan nilai 0,2980 mmpy, yang memiliki komposisi 40% serat penguat dan posisi serat 20°. Kemudian resin *silicone rubber* pada spesimen B1 dengan nilai 0,2368 mmpy, yang memiliki komposisi 20% serat penguat dan posisi serat tegak lurus sejajar. Grafik hasil pengujian immersion dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Immersion

#### 4. KESIMPULAN

a. Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa variasi komposisi serat penguat karbon fiber pada spesimen berbasis *silicone rubber* tidak mengalami kenaikan dan penurunan secara signifikan dan diketahui kekuatannya stabil pada nilai 1,7877 Mpa. Pada spesimen berbasis *polyester* diketahui bahwa orientasi serat dengan komposisi yang berbeda mengakibatkan kekuatannya meningkat. Pada spesimen berbasis *epoxy* diketahui bahwa seiring dengan penambahan serat penguat, akan mengalami peningkatan kekuatan mekanik sampai ada penambahan serat 40% dengan posisi serat 20°, kemudian mengalami penurunan kekuatan mekanik yang disebabkan oleh komposisi serat terlalu banyak sehingga

menyebabkan matriks tidak tercampur secara maksimal.

- b. Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa variasi komposisi serat penguat karbon fiber terhadap ketangguhan material sangatlah berpengaruh. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian kuat impact yang tertinggi ada pada tiap basis resin yang sama yaitu 60%.
- c. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa variasi komposisi serat penguat karbon fiber menghasilkan nilai *corrothion rate* yang fluktuatif dan setelah dilakukan rata-rata diketahui bahwa spesimen berbasis *silicone rubber* memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dengan nilai 0,1248 mmpy dibandingkan dengan spesimen berbasis *epoxy* dengan nilai 0,2251 mmpy dan spesimen berbasis *polyester* dengan nilai 0,2934 mmpy.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan juga motivasi oleh berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

- a. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materil, motivasi, nasehat dan juga do'a bagi kelancaran penulis.
- b. Bapak Bambang Antoko, selaku dosen pembimbing 1 yang telah membantu dengan memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian jurnal tugas akhir ini.
- c. Ibu Nora Amelia Novitrie, selaku dosen pembimbing 2 yang telah membantu dengan memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian jurnal tugas akhir ini.

#### 6. PUSTAKA

- [1] ASTM D256. (2016). *ASTM D256 (pp. 1–20)*. <https://doi.org/10.1520/D0256-10>.
- [2] ASTM D638. (2015). *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics 1*. <https://doi.org/10.1520/D0638-14.1>
- [3] ASTM G31-72. (2004). *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals 1, i(Reapproved)*.
- [4] Haezer, E. (2016). Analisa Sifat Akustik dan Morfologi Material Komposit Polypropylene Berpenguat Serat Bambu dan Rami.
- [5] Hermawan, S. (2008). Laju Korosi Pipa Baja Karbon A 106 Sebagai Fungsi Temperature Dan Konsentrasi NaCl Pada Fluida yang Tersaturasi Gas CO2.
- [6] Ramadha, B., Wismawati, E., & K, B. W. (2017). Analisis Tekno Ekonomi Penggunaan Material Carbon Steel SA 106 Grade B dan Fiberglass Reinforced Plastic ( FRP ) pada Jalur Water Injection Pipeline 10 " – 3000 M Lifetime =, (April).
- [7] Saifulloh, Y. (2015). Bahan Penguat (Reinforced

*Material). Retrieved from  
<https://dokumen.tips/documents/pptpptx-561aa622321d2.html>*

- [8] Syaiful, M. (2013). Cara Penyambungan Pipa FRP. *Retrieved from  
<http://puyfingerboardz.blogspot.com/2013/11/cara-pemasangan-pipa-frp.html>*