

# Analisa Laju Korosi Pada Metode Katodik Anoda Tumbal dan Coating Pada Material A53 Grade B Pada Jalur Pipa Underground

Almahtiar Lumongga Lubis<sup>1\*</sup>, Bambang Antoko<sup>2</sup>, Bayu Wiro<sup>3</sup>

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*,2</sup>

Program Studi D4 Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

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

**Abstract** - Underground piping have a big risk of corrosion, so control must be considered. Corrosion control is carried out by the method of coating, painting and a protective layer (wrapping) or using the cathodic protection method, both the sacrificial anode (SACP) and impressed current (ICCP). To find out the most ideal corrosion control design, a test is needed to compare the corrosion rate of each design with variations in anode weight, paint thickness, and the number of layer wrapping. Corrosion rate values were obtained from A106-B material test results using an ASTM G31-72 standard immersion test

**Keyword:** Corrosion rate, A106 Grade B, ASTM G31-72, Immersion test

## Nomenclature

CR	Corrosion Rate(mm/y)
K	Constant Factor
D	Density of Specimen (gr/cm <sup>3</sup> )
W	Weight Loss (gr)
A	Area of Specimen (cm <sup>2</sup> )
T	Exposure time (hour)

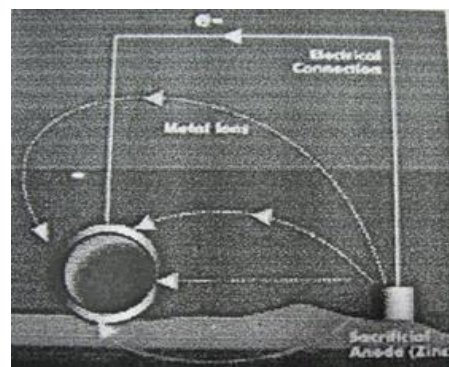
## 1. PENDAHULUAN

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Dalam bahasa sehari-hari korosi disebut perkaratan, yang ditandai dengan pengurangan ketebalan sebagian permukaan material maupun merata di seluruh permukaannya. Kerusakan tersebut tidak dapat dihindari atau dihilangkan, tetapi bisa dilakukan “pencegahan” agar korosi tidak terjadi dalam waktu yang relatif singkat. Pencegahan ini dapat dilakukan sedemikian rupa sehingga *lifetime* material dijaga supaya tidak mengganggu performa.

Secara ilmiah, korosi tidak dapat dicegah atau dihilangkan, namun masih bisa dikendalikan dengan menurunkan laju korosinya. Pengendalian korosi yang dapat dilakukan adalah dengan metode pelapisan (*coating*) pada pipa *aboveground* dengan menggunakan cat. Sedangkan pada pipa bawah tanah (*underground*) dan bawah laut (*underwater*) dilakukan dengan 2 metode, yaitu pembalutan pipa dengan lapisan pelindung (*wrapping*) dan menggunakan metode perlindungan katodik, baik anoda tumbal (SACP) maupun arus tanding (ICCP).



Gambar 1 Korosi Merata [5]



Gambar 2 Skema Proteksi Katodik Anoda Tumbal [4]

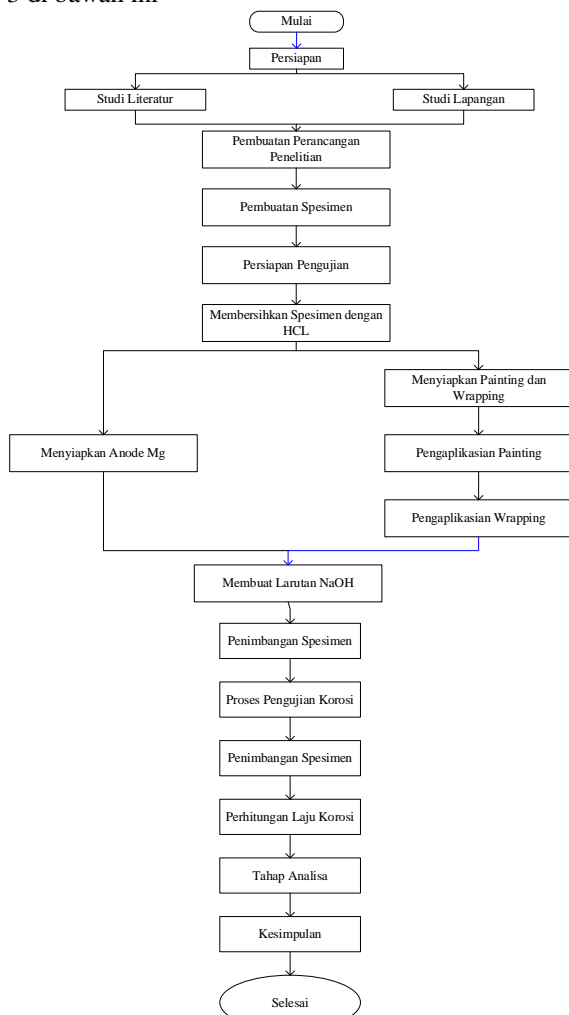
Pada penelitian ini menganalisa perpipaan bawah tanah. Untuk meminimalisir terjadinya korosi perlu dilakukan proses *painting* dengan variasi ketebalan 200 $\mu$ m, 300 $\mu$ m, dan 400 $\mu$ m, serta proses *wrapping* dengan variasi layer, 2 layer, 3 layer, dan 4 layer. Serta variasi berat anoda, seberat 13,45gr, 26,6gr, dan 40,35gr. Yang selanjutnya akan diuji *immersion test* pada larutan NaOH dengan waktu

168 jam. Sehingga menambatkan berat akhir yang nantinya akan mendapatkan nilai corrosion rate pada setiap spesimen.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Metode Penelitian

Pada penelitian ini berguna untuk mengetahui proses perlindungan korosi dengan menggunakan katodik anoda tumbal dan *coating* dan juga mengetahui tingkat *corrosion rate* pada setiap variasi. Untuk itu pada penelitian ini melakukan percobaan pada plat bermaterial A106 Grade B, dengan panjang 120mm, lebar 40mm yang akan di painting dengan variasi ketebalan 200µm, 300µm dan 400µm, lalu di wrapping dengan variasi layer yaitu 2 layer, 3 layer, dan 4 layer, dan juga variasi berat anoda dengan berat 13,45gr, 26,9gr, dan 40,35gr. Lalu dilakukan pengujian korosi (*immersion test*) menggunakan larutan NaOH selama 168 jam. Berikut merupakan metode penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir gambar 3 di bawah ini



Gambar 3 Diagram alir penelitian

### 2.2. Korosi (*Corrosion*)

Korosi adalah suatu peristiwa perpindahan ion pada suatu material baja yang ditandai dengan penipisan ketebalan hingga menyebabkan keretakan dan kerusakan material. 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 [9]. Korosi tidak dapat dihentikan, tetapi dapat dihambat salah satunya dengan memberikan lapisan pada [2]. Korosi dapat merusak sebagian kecil permukaan material ataupun secara merata ke seluruh permukaan material. Kerusakan ini akan menghasilkan berbagai macam oksida logam, kerusakan permukaan logam secara morfologi, perubahan sifat mekanis, ataupun perubahan sifat kimia [7]. Korosi dapat terjadi pada semua logam, terutama yang berhubungan dengan udara atau cairan yang korosif. Material pipa carbon steel memiliki kelemahan yang jika tidak dilakukan perawatan pada jalur pipa tersebut akan mengalami korosi [6] dan salah satu jenis utama yang mudah terkena korosi adalah sistem perpipaan. Ada berbagai macam jenis korosi antara lain yaitu korosi erosi, korosi sumuran, korosi merata, korosi galvanic, dan korosi batas butir.

### 2.3. Immersion Test

Immersion test merupakan pengujian korosi dengan cara merendam specimen atau benda yang diuji dengan larutan asam atau basa dengan waktu tertentu. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai laju korosi dari perendaman specimen yang telah dilakukan proses electroplating. Immersion test ini dilakukan dengan media korosif pH 8,2 dalam waktu selama 360 jam dengan fluida diam.

### 2.4. Laju Korosi (*Corrosion Rate*)

Pada perhitungan laju korosi ini menggunakan metode *weight loss* dengan mengacu pada standart pada (*ASTM G1 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens*, 2004). Dan juga nilai nilai densitas material yang didapat dari (*ASTM G1-03(2004) Standards Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimen, American Society for Testing Material, U.S.A*) [1][4] maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$Cr = \frac{(K.W)}{(D.A.T)} \quad (1)$$

Dimana:

Cr : Corrosion Rate (mm/y)

**K** : Konstanta (8,76 x 10<sup>4</sup>) (ASTM G1 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens, 2004)  
**D** : Density of specimen (7,86 gr/cm<sup>3</sup>) (ASTM G1-03 (2004). Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimen, American Society for Testing Material, U.S.A)  
**W** : Weight loss (gr)  
**A** : Area of specimen (cm<sup>2</sup>)  
**T** : Exposure time (hour)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Perhitungan Laju Korosi

Setelah dilakukan proses coating dengan di painting dengan variasi ketebalan 200µm, 300µm dan 400µm, lalu di wrapping dengan variasi layer yaitu 2 layer, 3 layer, dan 4 layer, dan juga variasi berat anoda dengan berat 13,45gr, 26,9gr, dan 40,35gr. Lalu dilakukan pengujian korosi (*immersion test*) menggunakan larutan NaOH selama 168 jam. Berikut pada tabel di bawah ini merupakan hasil pengukuran luas permukaan spesimen dan selisih berat spesimen.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan

No.	Kode Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Luas Permukaan (mm <sup>2</sup> )
1	1a	120	40	3.9	10848
2	1b	120.7	39.3	3.9	10735.02
3	2a	120.1	40.2	3.9	10906.38
4	2b	120.5	39.9	3.9	10867.02
5	3a	120.7	40	3.9	10909.46
6	3b	120.5	40.5	3.9	11016.3
7	4a	120.6	40.7	3.9	11074.98
8	4b	120.6	40.7	3.9	11074.98
9	5a	120.7	40.7	3.9	11083.9
10	5b	120.5	41	3.9	11140.7
11	6a	120.3	41	3.9	11122.74
12	6b	120.5	40.9	3.9	11115.82
13	7a	121	40.5	3.9	11060.7
14	7b	121	40.6	3.9	11085.68
15	8a	120.9	41.1	3.9	11201.58
16	8b	120.9	41.1	3.9	11201.58
17	9a	120.9	41.1	3.9	11201.58
18	9b	120.9	41.1	3.9	11201.58
19	10a	121	41.1	3.9	11210.58
20	10b	121	41.1	3.9	11210.58
21	11a	121.1	41.2	3.9	11244.58
22	11b	121	41.3	3.9	11260.54
23	12a	120.9	41.1	3.9	11201.58
24	12b	120.9	41.1	3.9	11201.58
25	13a	120.9	41.1	3.9	11201.58
26	13b	120.9	41.1	3.9	11201.58
27	14a	120.9	41.1	3.9	11201.58
28	14b	120.9	41.1	3.9	11201.58
29	15a	120.9	41.1	3.9	11201.58
30	15b	120.8	41.4	3.9	11267.4
31	16a	120.9	41.3	3.9	11251.5
32	16b	121	41.3	3.9	11260.54

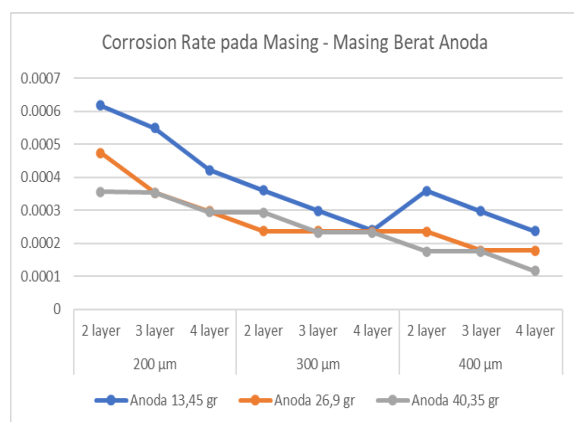
33	17a	121.5	41	3.9	11230.5
34	17b	121.5	41	3.9	11230.5
35	18a	121.5	41	3.9	11230.5
36	18b	121.5	41	3.9	11230.5
37	19a	121.5	41	3.9	11230.5
38	19b	121.4	40.9	3.9	11196.46
39	20a	121.5	41	3.9	11230.5
40	20b	121.4	41.2	3.9	11271.64
41	21a	121.5	41.2	3.9	11280.66
42	21b	121.5	41.3	3.9	11305.74
43	22a	121.5	41.3	3.9	11305.74
44	22b	121.6	41.3	3.9	11314.78
45	23a	121.7	41.3	3.9	11323.82
46	23b	121.5	41.8	3.9	11431.14
47	24a	121.5	41.8	3.9	11431.14
48	24b	121.5	41.8	3.9	11431.14
49	25a	121.5	41.8	3.9	11431.14
50	25b	121.5	41.8	3.9	11431.14
51	26a	121.5	41.8	3.9	11431.14
52	26b	121.5	41.8	3.9	11431.14
53	27a	122	41.8	3.9	11476.84
54	27b	122.1	41.8	3.9	11485.98

Tabel 2 Selisih Berat Spesimen

Kode Spesimen	Berat Anode	Tebal Cat Painting	Jumlah Layer Wrapping	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Delta
1a	13,45	200	2 Layers	155.45	155.37	0.08
1b			2 Layers	156.03	155.93	0.1
2a			3 Layers	171.1	171.03	0.07
2b			3 Layers	170.5	170.41	0.09
3a			4 Layers	171.87	171.79	0.08
3b			4 Layers	171.83	171.76	0.07
4a			2 Layers	157.02	156.94	0.08
4b			2 Layers	156.8	156.74	0.06
5a			3 Layers	177.56	177.5	0.06
5b			3 Layers	177.66	177.61	0.05
6a			4 Layers	173.25	173.19	0.06
6b			4 Layers	173.41	173.37	0.04
7a		2 Layers	161.61	161.57	0.04	
7b		2 Layers	161.53	161.47	0.06	
8a		3 Layers	161.19	161.15	0.04	
8b		3 Layers	161.21	161.16	0.05	
9a		4 Layers	152.39	152.35	0.04	
9b		4 Layers	152.77	152.73	0.04	
10a		2 Layers	158.56	158.5	0.06	
10b		2 Layers	158.22	158.14	0.08	
11a		3 Layers	187.06	187.01	0.05	
11b		3 Layers	186.3	186.24	0.06	
12a		4 Layers	186.3	186.25	0.05	
12b		4 Layers	185.77	185.72	0.05	
13a	2 Layers	162.11	162.06	0.05		
13b	2 Layers	161.71	161.67	0.04		
14a	3 Layers	184.32	184.27	0.05		
14b	3 Layers	184.54	184.5	0.04		
15a	4 Layers	182.86	182.82	0.04		
15b	4 Layers	182.8	182.76	0.04		
16a	26,9	400	2 Layers	171.36	171.32	0.04
16b			2 Layers	171.5	171.46	0.04
17a			3 Layers	182.73	182.69	0.04
17b			3 Layers	183.32	183.29	0.03
18a			4 Layers	182.28	182.25	0.03
18b			4 Layers	181.7	181.67	0.03
19a			2 Layers	188.5	188.44	0.06
19b			2 Layers	188.5	188.44	0.06
20a			3 Layers	193.6	193.55	0.05
20b			3 Layers	194.15	194.09	0.06
21a			4 Layers	205.38	205.33	0.05
21b			4 Layers	205.38	205.33	0.05
22a		2 Layers	179.57	179.52	0.05	
22b		2 Layers	179.9	179.85	0.05	
23a		3 Layers	191.34	191.29	0.05	
23b		3 Layers	191.61	191.57	0.04	
24a		4 Layers	204.44	204.4	0.04	
24b		4 Layers	204.5	204.46	0.04	
25a		2 Layers	163.22	163.18	0.04	
25b		2 Layers	163.3	163.27	0.03	
26a		3 Layers	186.63	186.6	0.03	
26b		3 Layers	186.86	186.83	0.03	
27a		4 Layers	190.81	190.78	0.03	
27b		4 Layers	191.28	191.26	0.02	

Tabel 3 Hasil Perhitungan Laju Korosi

Kode Spesimen	Berat Anode	Tebal Cat Painting	Jumlah Layer Wrapping	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Delta	Cr (mm/y)	Rata-rata Cr (mm/y)	
1a	13,45	200	2 Layers	155.45	155.37	0.08	0.000489	0.0005536	
1b			2 Layers	156.03	155.93	0.1	0.000618		
2a			3 Layers	171.1	171.03	0.07	0.000426		
2b			3 Layers	170.5	170.41	0.09	0.000549		
3a			4 Layers	171.87	171.79	0.08	0.000486		
3b		4 Layers	171.83	171.76	0.07	0.000422	0.000454		
4a		2 Layers	157.02	156.94	0.08	0.000479			
4b		2 Layers	156.8	156.74	0.06	0.000359			
5a		3 Layers	177.56	177.5	0.06	0.000359			
5b		3 Layers	177.66	177.61	0.05	0.000298			
6a		4 Layers	173.25	173.19	0.06	0.000358			
6b		4 Layers	173.41	173.37	0.04	0.000239	0.00029829		
7a		2 Layers	161.61	161.57	0.04	0.00024			
7b		2 Layers	161.53	161.47	0.06	0.000359			
8a		3 Layers	161.19	161.15	0.04	0.000237			
8b	3 Layers	161.21	161.16	0.05	0.000296				
9a	26,9	200	4 Layers	152.39	152.35	0.04	0.000237	0.000237	
9b			4 Layers	152.77	152.73	0.04	0.000237		
10a			2 Layers	158.56	158.5	0.06	0.000355		0.00023689
10b			2 Layers	158.22	158.14	0.08	0.000473		
11a			3 Layers	187.06	187.01	0.05	0.000295		
11b		3 Layers	186.3	186.24	0.06	0.000353			
12a		4 Layers	186.3	186.25	0.05	0.000296			
12b		4 Layers	185.77	185.72	0.05	0.000296	0.00029612		
13a		2 Layers	162.11	162.06	0.05	0.000296			
13b		2 Layers	161.71	161.67	0.04	0.000237			
14a		3 Layers	184.32	184.27	0.05	0.000296			
14b		3 Layers	184.54	184.5	0.04	0.000237			
15a		4 Layers	182.86	182.82	0.04	0.000237	0.00026651		
15b		4 Layers	182.8	182.76	0.04	0.000236			
16a		40,35	200	2 Layers	171.36	171.32		0.04	0.000236
16b	2 Layers			171.5	171.46	0.04		0.000236	
17a	3 Layers			182.73	182.69	0.04		0.000236	
17b	3 Layers			183.32	183.29	0.03	0.000177		
18a	4 Layers			182.28	182.25	0.03	0.000177		
18b	4 Layers		181.7	181.67	0.03	0.000177	0.000207		
19a	2 Layers		188.5	188.44	0.06	0.000354			
19b	2 Layers		188.5	188.44	0.06	0.000356			
20a	3 Layers		193.6	193.55	0.05	0.000295			
20b	3 Layers		194.15	194.09	0.06	0.000353			
21a	40,35		200	4 Layers	205.38	205.33	0.05	0.000294	0.000324
21b				4 Layers	205.38	205.33	0.05	0.000293	
22a				2 Layers	179.57	179.52	0.05	0.000293	
22b				2 Layers	179.9	179.85	0.05	0.000293	
23a				3 Layers	191.34	191.29	0.05	0.000293	
23b		3 Layers	191.61	191.57	0.04	0.000232	0.000263		
24a		4 Layers	204.44	204.4	0.04	0.000232			
24b		4 Layers	204.5	204.46	0.04	0.000232			
25a		2 Layers	163.22	163.18	0.04	0.000232			
25b		2 Layers	163.3	163.27	0.03	0.000174		0.000203	
26a		3 Layers	186.63	186.6	0.03	0.000174			
26b		3 Layers	186.86	186.83	0.03	0.000174			
27a		4 Layers	190.81	190.78	0.03	0.000173			
27b		4 Layers	191.28	191.26	0.02	0.000116			



Gambar 4 Corrosion Rate pada Masing Masing Berat Anoda

Pada gambar 3 di atas menunjukkan data hasil perbandingan laju korosi pada berbagai variasi ditunjukkan pada grafik diatas. Dapat diamati dan dianalisa bahwa laju korosi paling rendah terjadi pada variasi berat anoda 40,35gr, ketebalan *painting* 400 µm, dan layer *wrapping* 4 layer. Dan laju korosi paling tinggi terjadi pada variasi berat anoda 13,45gr, ketebalan *painting* 200 µm, dan layer *wrapping* 2 layer. Bisa dianalisa bahwa semakin berat anoda, semakin tebal *painting*, dan semakin banyak layer *wrapping* dapat sangat efektif untuk menekan tingkat laju korosi.

#### 4. KESIMPULAN

a. Dari pengujian laju korosi dengan metode *weight loss* didapatkan hasil rata – rata laju korosi senilai 0,00038 mm/y untuk variasi menggunakan anoda dengan berat 13,45gr, lalu senilai 0,00026 mm/y untuk variasi menggunakan anoda dengan berat 26,9gr, dan senilai 0,00025gr untuk variasi menggunakan anoda dengan berat 40,35gr. Sehingga dapat ditarik kesimpulan, semakin berat anodanya semakin sangat efektif untuk menekan laju korosi, semakin tebal *painting*nya dan semakin banyak jumlah layer *wrapping*nya juga akan semakin efektif untuk menekan laju korosi.

#### 5. SARAN

Dari penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa saran untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Menggunakan metode Anova untuk pengolahan data
2. Menambahkan perhitungan ekonomis
3. Pada penelitian selanjutnya bisa melakukan variabel lain sebagai parameter yang belum diteliti pada penelitian ini

#### 6. UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc. FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
2. Bapak George Endri Kusuma, ST., M.Sc.Eng sebagai Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan dosen pembimbing penulis.
3. Bapak Dimas Endro Witjonarko, ST., MT. sebagai Koordinator Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Bambang Antoko, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan tugas akhir dengan sabar.

5. Bapak Bayu Wiro K, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 pada Tugas Akhir ini.
6. Kedua orang tua yang telah memberi banyak kasih sayang, nasehat dan motivasi selama menempuh perkuliahan ini.
7. Keluarga besar Teknik perpipaan yang telah memberikan bantuan serta arahan kepada penulis.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASCOATINDO (2007). *Coating Inspector* Muda. Bandung: Corrosion Care Indonesia
- [2] ASTM-G01-03. (2011). Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. Annual Book of ASTM Standards, 1-9.
- [3] *ASTM G1 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens.* (2004).
- [4] API. (2003). *570 Piping Inspection Code.* U.S.A: American Petroleum Institute.
- [5] Damayanti,A.E., Antoko,B., M., & Karuniawan, B. W. (2018). Analisa Laju Korosi dan *Lifetime* Pipa *Underground* Baja Karbon A53 dengan *Wrapping* Protection . *Proceeding 3rd Conference of Piping Engineering and Its Application, II*, 224.
- [6] Ganesya,A.B., Antoko,B., & Karuniawan, B. W. (2018). Pengaruh Variasi Kelembaban, Temperatur, dan Ketebalan Cat Pada Material A53 Grade B Terhadap Laju Korosi Di PT PJB UBJOM Pacitan Studi Kasus PLTU 1 Jatim Pacitan . *Proceeding 3rd Conference of Piping Engineering and Its Application, II*, 224.
- [7] Permana,R.G., Antoko,B., & Bisono, Fipka. (2019). Pengaruh Pembagian Luasan Anoda Terhadap Laju Korosi dan *Lifetime* Material API 5L X65M PSL Pada Pipa *Underground.* *Proceeding 4rd Conference of Piping Engineering and Its Application, II*, 224.