

Pengaruh Waktu dan Tegangan Elektroplating Nikel terhadap Ketahanan Korosi pada Material A53 Grade B

Nadilla Putri Husnia^{1*}, Budi Prasajo², Pekik Mahardhika³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*,2}

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: nadillaputri@student.ppns.ac.id ^{1*}; budiprasajo@ppns.ac.id ^{2*}; pekikmahardhika@ppns.ac.id ^{3*}.

Abstract - Electroplating is a metal plating process using the help of electric currents. This study, used a time variation of 30 minutes, 40 minutes, 50 minutes, and a voltage of 2 volts, 3 volts, 4 volts, 5 volts, 6 volts. A53 steel pipe as a cathode, graphite as anode, and nickel sulfate as a metal coating. To determine the resistance of the electroplating layer, a corrosion test was carried out. From the electroplating test at 30 minutes with a voltage of 2 volts, it resulted in a thickness of 3.30 μm and at 50 minutes with a voltage of 6 volts which resulted in a thickness of 7.13 μm . Based on the calculation of the corrosion rate at 30 minutes with a voltage of 2 volts resulted in the corrosion rate of 0.07874 mm / y and at 50 minutes with a voltage of 6 volts it has a corrosion rate of 0.01727 mm / y. It can be concluded that the effect of the longer time variation and greater voltage on the electroplating process results in a thicker thickness. Likewise, in the corrosion test, the effect of the longer time variation and the greater the voltage on the electroplating process resulted in a slower corrosion rate.

Keywords: Corrosion, Electroplating, Nickel Sulfate, Time, Voltage.

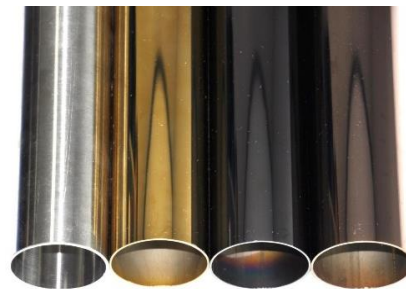
Nomenclature

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

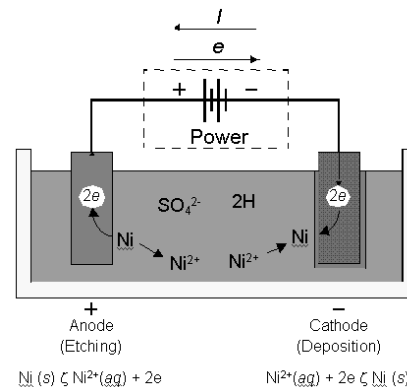
1. PENDAHULUAN

Teknologi pelapisan atau yang lebih dikenal sebagai *coating* adalah teknik pelapisan suatu material pada permukaannya [3]. Salah satunya yaitu proses *coating* menggunakan metode elektroplating. *Electroplating* merupakan proses perpindahan ion pelapis ke benda yang akan dilapisi dengan bantuan listrik yang akan menghasilkan nilai ketebalan sesuai dengan parameter seperti tegangan, waktu proses elektroplating, konsentrasi larutan, yang dilakukan saat proses elektroplating. *Electroplating* dapat diartikan sebagai proses pelapisan logam, dengan menggunakan bantuan arus listrik dan senyawa kimia tertentu guna memindahkan partikel logam pelapis ke material yang hendak dilapis. Pelapisan logam dapat berupa lapis seng (*zink*), galvanis, perak, emas, brass, tembaga, nikel dan krom [5]. Pelapisan nikel elektro (*electro nickel plating*), atau dikenal dengan nama *nickel electro-deposition*, menjadi proses yang semakin populer untuk beragam aplikasi produksi berbeda. Beberapa manfaatnya elektroplating nikel sulfat adalah meningkatkan resistansi terhadap korosi, meningkatkan kekerasan materi, kekuatan yang superior, resistansi supaya tidak menjadi aus,

meningkatkan fleksibilitas [10]. Untuk mengetahui tingkat ketahanan dan kelayakan hasil dari pelapisan elektroplating nikel sulfat yaitu perlu dilakukan pengujian korosi dengan larutan yang mengandung pH tinggi dan dalam waktu tertentu.



Gambar 1. Hasil Tampilan Pelapisan Elektroplating [5]

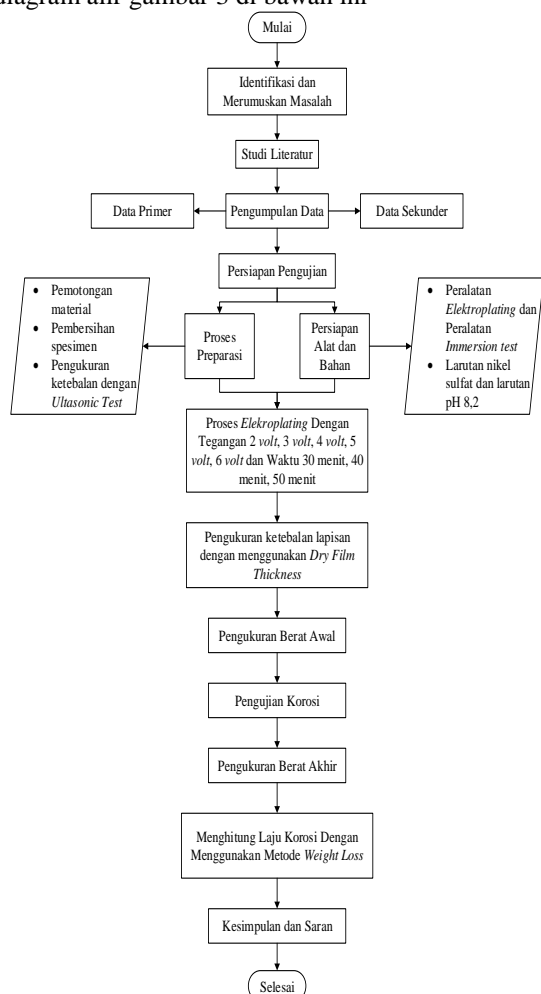


Gambar 2. Anoda, Katoda, dan Elektrolit [4]

2. METODOLOGI

2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menganalisa perpipaan bawah laut pada perairan laut selatan Jawa yang mengandung pH terbesar di Indonesia yaitu 8,2. Untuk meminimalisir terjadinya korosi perlu dilakukan proses *coating* menggunakan metode elektroplating dengan variasi tegangan sebesar 2 volt, 3 volt, 4 volt, 5 volt, 6 volt dan waktu proses elektroplating selama 30 menit, 40 menit, 50 menit dan menggunakan material pipa A53 Grade B berdiameter 2 inch dan panjang 25 mm. Metode elektroplating terjadi karena proses pengendapan zat (ion-ion logam) pada suatu logam dasar (katoda). Ion-ion tersebut bermuatan listrik berasal anoda (grafit) dengan perantara larutan elektrolit nikel sulfat yang terjadi secara terus menerus pada tegangan yang konstan berpindah menuju katoda (material pipa A53), sehingga terjadi pengendapan larutan nikel sulfat pada katoda yang menghasilkan pertambahan ketebalan spesimen pipa A53. Setelah itu, untuk membuktikan kelayakan dari hasil elektroplating akan dilakukan pengujian korosi (*immersion test*) menggunakan media korosif pH 8,2 dengan waktu perendaman selama 360 jam. Berikut merupakan metode penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir gambar 3 di bawah ini



Gambar 3. Diagram alir penelitian

2.2 Elektroplating

Secara sederhana, *electroplating* dapat diartikan sebagai proses pelapisan logam, dengan menggunakan bantuan arus listrik dan senyawa kimia tertentu guna memindahkan partikel logam pelapis ke material yang hendak dilapis. *electroplating* adalah suatu proses yang menghasilkan lapisan tipis logam di atas permukaan logam lainnya dengan cara elektrolisis, maka perlu kita ketahui skema proses *electroplating* tersebut. Proses *electroplating* mengubah sifat fisik, mekanik, dan sifat teknologi suatu material. Salah satu contoh perubahan fisik ketika material dilapis dengan nikel adalah bertambahnya daya tahan material tersebut terhadap korosi, serta bertambahnya kapasitas konduktifitasnya. Adapun dalam sifat mekanik, terjadi perubahan kekuatan tarik maupun tekan dari suatu material sesudah mengalami pelapisan dibandingkan sebelumnya. Karena itu, tujuan pelapisan logam tidak luput dari tiga hal, yaitu untuk meningkatkan sifat teknis/mekanis dari suatu logam, yang kedua melindungi logam dari korosi, dan ketiga memperindah tampilan (*decorative*) [5]. Elektroplating juga dilakukan untuk mencapai sebuah finishing yang lebih baik sekaligus untuk mendapatkan nilai estetika yang menarik juga sebagai salah satu cara meminimalisir terjadinya korosi atau menghambat terjadinya proses oksidasi suatu material hingga material itu sendiri tetap utuh dan selalu tetap baik walaupun dalam penggunaannya di lapangan tidak memungkinkan material itu bisa bertahan dalam jangka waktu yang lama [8]. Material pelapis yang digunakan yaitu nikel sulfat NiSo₄, dengan anoda grafit dan katoda material A53 grade B.

2.3 Korosi (Corrosion)

Korosi adalah suatu peristiwa perpindahan ion pada suatu material baja yang ditandai dengan penipisan ketebalan hingga menyebabkan keretakan dan kerusakan material. Korosi adalah kerusakan material umumnya logam yang ditandai dengan adanya pengurangan ketebalan pada material yang secara umum disebabkan oleh reaksi material dengan lingkungan di sekitarnya 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.

2.4 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 elektroplating. *Immersion test* ini dilakukan dengan media korosif pH 8,2 dalam waktu selama 360 jam dengan *fluida* diam.

2.5 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 10⁴) (ASTM G1*

Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens, 2004)

D : *Density of specimen (7,86 gr/cm³) (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 (cm²)*

T : *Exposure time (hour)*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perhitungan Laju Korosi

Setelah dilakukan uji elektroplating dengan material pelapis nikel sulfat, anoda grafit dan katoda material A53 grade B sebanyak 15 spesimen. Dan variabel yang digunakan dalam pengujian ini adalah variabel tegangan sebesar 2 volt, 3 volt, 4 volt, 5 volt, 6 volt dan variasi waktu selama 30 menit, 40 menit, 50 menit. Hasil dari pengujian elektroplating yaitu ketebalan lapisan elektroplating yang diukur dengan alat *Dry Film Thickness (DFT)* yang mengacu pada

standar ASTM B 499. Berikut pada tabel 1 di bawah ini merupakan hasil pengukuran ketebalan lapisan *coating* setelah di elektroplating menggunakan alat ukur *dry film thickness*.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan

Spes	Waktu (Menit)	Tegangan (Volt)	Ketebalan Lapisan <i>Coating</i> (µm)				Rata-Rata
			1	2	3	4	
1	30	2	3.7	1.7	3.5	4.3	3.30
2		3	3.2	4.7	3.8	2.1	3.45
3		4	3.8	2.0	5.2	3.3	3.58
4		5	3.6	5.1	3.8	2.3	3.70
5		6	4.2	3.1	3.8	3.8	3.73
6		2	2.3	3.0	5.1	4.8	3.80
7	40	3	5.8	3.1	4.5	2.0	3.85
8		4	3.1	4.2	6.6	2.5	4.10
9		5	6.1	3.9	2.6	5.1	4.43
10		6	6.3	6.0	4.6	2.9	4.95
11		2	7.8	5.7	3.7	3.8	5.25
12		3	4.3	6.8	6.5	5.3	5.73
13	50	4	3.8	5.0	5.8	9.8	6.10
14		5	9.3	5.0	6.5	4.1	6.23
15		6	7.1	6.3	7.7	7.4	7.13

Setelah didapatkan data pengukuran ketebalan lapisan *coating* dengan proses elektroplating akan menghasilkan ketebalan spesimen yang semakin bertambah. Berikut seperti tabel 2 di bawah ini merupakan pertambahan ketebalan spesimen.

Tabel 2. Hasil Pertambahan Ketebalan Spesimen

Spes	Outside Diameter (mm)	Inside Diameter (mm)	Panjang (mm)	Tebal Awal (mm)	Tebal Lapisan (mm)	Tebal Akhir (mm)
1	60.10	52.30	25	3.75	0.0033	3.75
2	60.10	52.30	25	3.76	0.0035	3.76
3	60.10	52.30	25	3.70	0.0036	3.70
4	60.10	52.30	25	3.75	0.0037	3.75
5	60.10	52.30	25	3.74	0.0037	3.74
6	60.10	52.30	25	3.75	0.0038	3.75
7	60.10	52.30	25	3.70	0.0039	3.70
8	60.10	52.30	25	3.70	0.0041	3.70
9	60.10	52.30	25	3.70	0.0044	3.70
10	60.10	52.30	25	3.73	0.0050	3.73
11	60.10	52.30	25	3.77	0.0053	3.78
12	60.10	52.30	25	3.76	0.0057	3.77
13	60.10	52.30	25	3.77	0.0061	3.78
14	60.10	52.30	25	3.75	0.0062	3.76
15	60.10	52.30	25	3.74	0.0071	3.75

Spesimen yang telah dilakukan proses elektroplating dan pengukuran ketebalan lapisan elektroplating, selanjutnya akan dilakukan pengujian korosi. Pada pengujian korosi harus diketahui selisih berat spesimen agar dapat dihitung laju korosinya. Berikut pada tabel 3 di bawah ini merupakan data selisih berat awal dan berat akhir spesimen setelah dilakukan pengujian korosi.

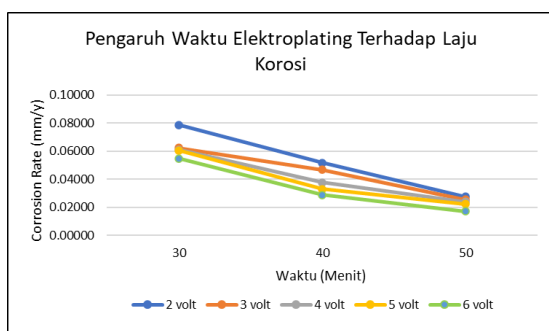
Tabel 3. Selisih Berat Spesimen

Spes	Waktu (Menit)	Tegangan (Volt)	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Selisih (Gram)
1		2	116.374	116.128	0.246
2		3	116.750	116.509	0.241
3	30	4	119.246	118.948	0.298
4		5	126.074	125.886	0.188
5		6	131.162	130.882	0.280
6		2	118.595	118.351	0.244
7		3	121.827	121.586	0.241
8	40	4	123.594	123.246	0.348
9		5	127.519	127.224	0.295
10		6	133.940	133.814	0.126
11		2	124.940	124.656	0.284
12		3	128.709	128.535	0.174
13	50	4	132.650	132.345	0.305
14		5	134.152	133.814	0.338
15		6	138.068	137.108	0.960

Perhitungan laju korosi dapat dihitung setelah dilakukan penimbangan berat spesimen awal dan akhir pada pengujian korosi dengan waktu yang telah ditentukan. Berikut pada tabel 4 di bawah ini merupakan data perhitungan laju korosi setelah dilakukan *immersion test*.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Laju Korosi

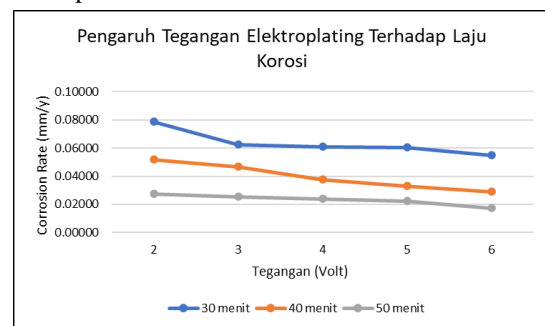
No	Larutan	Selisih	T (jam)	K	A (cm ²)	D (g/cm ³)	Cr (mm/y)
1		0.155	360	87600	60.943004	7.86	0.07874
2		0.123	360	87600	60.943004	7.86	0.06248
3		0.120	360	87600	60.943004	7.86	0.06096
4		0.119	360	87600	60.943004	7.86	0.06045
5		0.108	360	87600	60.943004	7.86	0.05486
6		0.102	360	87600	60.943004	7.86	0.05181
7		0.092	360	87600	60.943004	7.86	0.04674
8	pH 8.2	0.074	360	87600	60.943004	7.86	0.03759
9		0.065	360	87600	60.943004	7.86	0.03302
10		0.057	360	87600	60.943004	7.86	0.02896
11		0.054	360	87600	60.943004	7.86	0.02743
12		0.050	360	87600	60.943004	7.86	0.02540
13		0.047	360	87600	60.943004	7.86	0.02388
14		0.044	360	87600	60.943004	7.86	0.02235
15		0.034	360	87600	60.943004	7.86	0.01727



Gambar 4. Grafik Pengaruh Waktu Elektroplating Terhadap Ketebalan

Pada gambar 4 di atas menunjukkan data hasil perhitungan laju korosi terhadap waktu proses elektroplating di mana pada waktu 30 menit dengan tegangan 2 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.07874 mm/y, dan pada waktu 30 menit dengan tegangan 3 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.06258 mm/y, sedangkan pada waktu 30 menit dengan tegangan 4 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.06096 mm/y, lalu pada waktu 30 menit dengan tegangan 5 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.06045 mm/y, dan pada waktu 30 menit dengan tegangan 6 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.05486 mm/y. Sementara itu pada waktu 40 menit dengan tegangan 2 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.05181 mm/y, dan pada waktu 40 menit dengan tegangan 3 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.04674 mm/y, selanjutnya pada waktu 40 menit dengan tegangan 4 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.03759 mm/y, lalu pada waktu 40 menit dengan tegangan 5 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.03302 mm/y, dan pada waktu 40 menit dengan tegangan 6 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.02896 mm/y. Sedangkan pada waktu 50 menit dengan tegangan 2 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.02743 mm/y, dan pada waktu 50 menit dengan tegangan 3 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.02540 mm/y, lalu pada waktu 50 menit dengan tegangan 4 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.02388 mm/y, sementara pada waktu 50 menit dengan waktu 5 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.02235 mm/y, dan pada waktu 50 menit dengan tegangan 6 volt memiliki nilai laju korosi yaitu 0.01727 mm/y.

Nilai laju korosi yang disebutkan pada paragraf sebelumnya, dapat dianalisa bahwa pada waktu 30 menit dengan tegangan 2 volt memiliki laju korosi paling cepat dan pada waktu 50 menit dengan tegangan 6 volt memiliki laju korosi paling lambat. Dari analisa ini dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu proses elektroplating maka semakin lambat laju korosinya dan semakin sebentar waktu proses elektroplating maka semakin cepat laju korosinya. Dari segi pertahanan korosi, spesimen yang memiliki laju korosi paling lambat akan lebih tahan terhadap korosi, dan begitu pula sebaliknya jika spesimen memiliki laju korosi paling cepat maka akan cepat terkorosi.

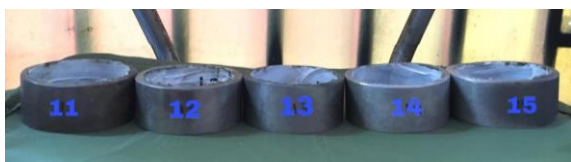


Gambar 5. Grafik Pengaruh Tegangan Elektroplating Terhadap Korosi

Pada gambar 5 di atas menunjukkan data hasil perhitungan laju korosi terhadap tegangan proses elektroplating di mana pada tegangan 2 volt dengan waktu 30 menit memiliki laju korosi 0.07874 mm/y, dan pada tegangan 2 volt dengan waktu 40 menit memiliki laju korosi 0.05181 mm/y, lalu pada tegangan 2 volt dengan waktu 50 menit memiliki laju korosi yaitu 0.02743 mm/y. Sementara itu, pada tegangan 3 volt dengan waktu 30 menit memiliki laju korosi 0.06248 mm/y, dan pada tegangan 3 volt dengan waktu 40 menit memiliki laju korosi yaitu 0.04674 mm/y, lalu pada tegangan 3 volt dengan waktu 50 menit memiliki laju korosi yaitu 0.02540 mm/y. Pada tegangan 4 volt dengan waktu 30 menit memiliki laju korosi 0.06096 mm/y, dan pada tegangan 4 volt dengan waktu 40 menit memiliki laju korosi yaitu 0.03759 mm/y, lalu pada tegangan 4 volt dengan waktu 50 menit memiliki laju korosi yaitu 0.02388 mm/y. Pada tegangan 5 volt dengan waktu 30 menit memiliki laju korosi 0.06045 mm/y, dan pada tegangan 5 volt dengan waktu 40 menit memiliki laju korosi yaitu 0.03302 mm/y, lalu pada tegangan 5 volt dengan waktu 50 menit memiliki laju korosi yaitu 0.02235 mm/y. Pada tegangan 6 volt dengan waktu 30 menit memiliki laju korosi 0.05486 mm/y, dan pada tegangan 6 volt dengan waktu 40 menit memiliki laju korosi yaitu 0.02896 mm/y, lalu pada tegangan 6 volt dengan waktu 50 menit memiliki laju korosi yaitu 0.01727 mm/y

Nilai laju korosi yang disebutkan pada paragraf sebelumnya, dapat dianalisa bahwa pada tegangan 2 volt dengan waktu 30 menit menghasilkan laju korosi paling cepat dan pada tegangan 6 volt dengan waktu 50 menit menghasilkan laju korosi paling lambat. Dan dari segi pertahanan korosi, spesimen yang memiliki laju korosi paling lambat akan lebih tahan terhadap korosi, dan begitu pula sebaliknya jika spesimen memiliki laju korosi paling cepat maka akan cepat terkorosi

Material pipa A53 Grade B digunakan sebagai spesimen pada penelitian ini, dengan dimensi diameter pipa 2" dan Panjang 25 mm. berikut pada gambar 6 di bawah ini merupakan gambar profil permukaan spesimen yang telah di elektroplating perbedaan waktu dan dilakukan pengujian korosi.



Gambar 6. Hasil Tampilan Permukaan Spesimen Setelah Dilakukan Proses Elektroplating

Tampilan permukaan spesimen pada gambar 6 di atas terdapat perbedaan warna permukaan. Setiap spesimen memiliki warna permukaan yang berbeda sesuai dengan waktu dan tegangan pada proses elektroplating. Pada gambar spesimen diatas menggunakan waktu 50 menit dengan tegangan secara berurutan mulai dari kiri yaitu 2 volt, 3 volt, 4 volt, 5 volt, dan 6 volt. Dari proses elektroplating

tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu dan semakin besar tegangan pada proses elektroplating maka akan semakin kurang indah/hangus tampilan permukaan spesimen dikarenakan terlalu besar tegangan dan terlalu lama waktu pada proses elektroplating. Dan dengan waktu dan tegangan tertentu menghasilkan tampilan yang indah atau keabu-abuan.



Gambar 7. Hasil Tampilan Permukaan Spesimen Setelah Dilakukan Pengujian Korosi

Tampilan permukaan spesimen setelah dilakukan pengujian korosi dengan waktu yang telah ditentukan menghasilkan warna yang kekuning-kuningan dikarenakan efek dari proses reaksi korosi. Pada gambar spesimen diatas menggunakan waktu 50 menit dengan tegangan secara berurutan mulai dari kiri yaitu 2 volt, 3 volt, 4 volt, 5 volt, dan 6 volt. Dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan dan semakin lama proses elektroplating maka akan semakin terlindungi dari korosi. Dan pada waktu dan tegangan tertentu menghasilkan tampilan yang baik dengan nilai laju korosi rendah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan laju korosi setelah dilakukan proses elektroplating dapat disimpulkan bahwa pada variasi waktu 30 menit dengan tegangan 2 volt yang memiliki nilai laju korosi sebesar 0.07874 mm/y dan pada variasi waktu 50 menit dengan tegangan 6 volt memiliki nilai laju korosi sebesar 0.01727 mm/y. Hal tersebut menunjukkan pada variasi waktu 50 menit dengan tegangan 6 volt memiliki laju korosi paling lambat dikarenakan tebalnya lapisan elektroplating dibandingkan dengan variasi waktu 30 menit dengan tegangan 2 volt memiliki laju korosi paling cepat dikarenakan tipisnya lapisan elektroplating.

5. SARAN

Saran yang diberikan penulis kepada peneliti yang akan melakukan penelitian selanjutnya antara lain:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi tegangan dan waktu yang lebih besar untuk dapat menganalisa kecacatan tampilan proses elektroplating
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode pengujian selain pengujian korosi
3. Pengujian selanjutnya dapat menggunakan variasi lain seperti jarak anoda dan katoda (spesimen), konsentrasi dan jenis lapisan.
4. Pengujian selanjutnya dapat menggunakan larutan proses elektroplating yang berfungsi sebagai pelapis yang berbeda.

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 Budi Prasajo, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan tugas akhir dengan sabar.
5. Bapak Pekik Mahardhika, S.ST., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan 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] ASTM-G01-03. (2011). Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. Annual Book of ASTM Standards, 1-9. <https://doi.org/10.1520/G0001-03R11>
- [2] Abdullah, Wismawati, I. E. M. ., & Bisono, Fipka S.ST., M. . (2019). Analisa Teknis dan Ekonomis pada Pipa Non-Proteksi Korosi, Pipa dengan Painting, Pipa dengan Painting dan Wrapping pada Trunkline SP F4 menuju SPU F PT Pertamina EP Field Asset 5 Sangasanga. *4th Confrence On Piping Engineering And Its Aplication 2019 "Pipeline Petroleum," II*, 124.
- [3] AM, M. (2016). *PENGARUH PENAMBAHAN KONSENTRASI ZnSO4 TERHADAP KETEBALAN, SIFAT ADHESIF DAN KETAHANAN KOROSI PADA BAJA ASTM A 213 T11 DENGAN METODE ELEKTROPLATING*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] *ASTM G1 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens*. (2004).
- [5] Gunadarma. (2013). *Proses Elektro Kimia*. http://doddi_y.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/27221/elektroplating.pdf
- [6] Fahlafi, R., Munir, M Miftachul ST., M., & Erawati, Ika S.S., M. P. (2019). Analisa Pengaruh pH Lingkungan Terhadap Laju Korosi dan Waktu Sisa Pada Heat Affected Zone Akibat Pengelasan SMAW Spec. Pipa API 5L Grade B. *Proceeding 4rd Conference of Piping Engineering and Its Application, II*, 224.
- [7] Jayanti, G. A., Soim, S., & Karuniawan, B. W. (2019). Analisis Teknis dan Ekonomis Sistem Proteksi Katodik Anoda Tumbal dan Proteksi Katodik Arus Paksa Pada Underground Gas Pipeline di Perusahaan Eksplorasi dan pengolahan Gas Bumi. *Proceeding 4rd Conference of Piping Engineering and Its Application, II*, 266.
- [8] Permadi, B. (2019). *Pengaruh Jarak Katoda dan Anoda Serta TEGangan Pada Proses Elektroplating Nikel Terhadap Baja ST 41*. Universitas Muhammadiyah Metro.
- [9] Prambudi, A. A., Prasajo, B., & Wismawati, E. (2019). Pengaruh Jenis Katalis dan Variasi Susunan Layer FRP (Fiberglass Reinforced Plastic) Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketahanan Korosi Pada Fluida Asam Phospat. *Proceeding 4rd Conference of Piping Engineering and Its Application, II*, 215.
- [10] Setiawan Ady, Y., & Sulistyoyo. (2017). *Pelapisan Stainless Steel AISI 304 Menggunakan Nikel (Ni) Melalui Proses Elektroplating*. 5.