

Analisis Laju Korosi Pada Plat Baja Spcc dengan Pengaplikasian Sistem Proteksi Katodik *Impressed Current*

Magfira Ayunda Salsabilla¹, Destri Muliastri², Dian Ratna Suminar³

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : magfira.ayunda.pmf18@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : destri.muliastri@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : dian.ratna@polban.ac.id

ABSTRAK

Korosi logam merupakan masalah yang merugikan terutama aspek finansial. Baja SPCC (*Steel Plate Cold Coil*) digunakan oleh industri sebagai material tangki. Dalam hal ini pengendalian korosi sangat diperlukan untuk menekan laju korosi. Salah satu teknik pengendalian korosi yaitu *Impressed Current Cathodic Protection* (ICCP). Penelitian ini menganalisis laju korosi dan mengukur tegangan potensial korosi dengan pengaplikasian Sistem ICCP pada baja SPCC. Variasi yang digunakan dalam penelitian yaitu tegangan dan lama perendaman. Variasi tegangan yaitu 3.5 Volt, 2 Volt, dan 1.5 Volt, sedangkan variasi lama perendaman yaitu 24 jam, dan 48 jam. Pengujian laju korosi menggunakan metode *weight loss* dan potensiodinamik. Struktur mikro untuk melihat korosi sumuran dilakukan menggunakan mikroskop optik. Hasil pengukuran tegangan potensial menghasilkan tegangan 2 Volt berada di dalam batas potensial proteksi katodik. Pengujian metode *weight loss* dan potensiodinamik menghasilkan laju korosi terendah yaitu variasi 2 Volt sebesar 0,46 mmpy pada metode *weight loss* dan 0,0821 mmpy pada metode potensiodinamik. Semakin lama perendaman dengan ICCP laju korosi semakin cepat, sedangkan pada variasi tanpa ICCP laju korosi meningkat yaitu sebesar 0,8371 mmpy pada metode *weight loss* dan 0,0965 mmpy pada metode potensiodinamik. Pengamatan mikroskop menghasilkan kedalaman korosi sumuran pada variasi tanpa sistem ICCP lebih dalam dari variasi menggunakan sistem ICCP.

Kata Kunci

ICCP, Laju Korosi, Proteksi Katodik, SPCC

1. PENDAHULUAN

Korosi tidak dapat dihindari, namun laju korosi dapat diminimalkan dengan melakukan teknik pengendalian korosi. Beberapa cara pengendalian korosi yang dapat dilakukan yaitu dengan pelapisan (*coating*), proteksi katodik dan anodik, penambahan inhibitor, dan pemilihan bahan dan desain yang tepat. [1]

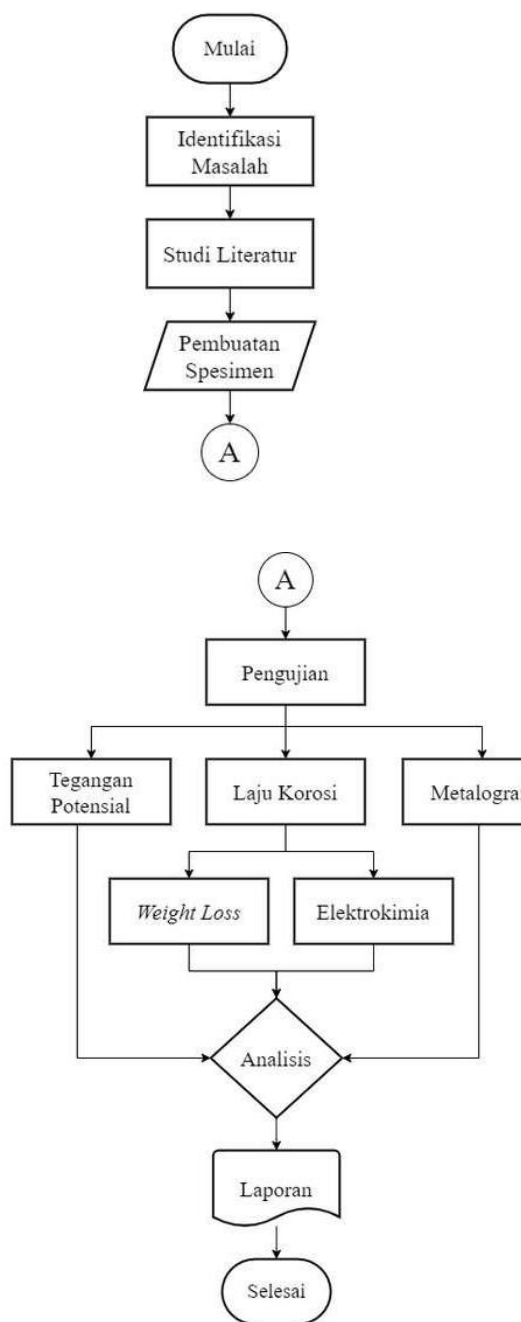
Berdasarkan penelitian Yulianti (2016), pengendalian korosi pada baja SPCC dilakukan dengan teknik *coating* menggunakan variasi jenis resin. Pengujian korosi pada penelitian tersebut menggunakan metode sembur garam (*salt spray*). Penelitian tersebut membuktikan bahwa pengendalian korosi dapat mengurangi laju korosi dengan

efisiensi sebesar 46%, dengan ketahanan korosi berkategori baik.

Penelitian ini berupaya menggunakan teknik pengendalian korosi lain yaitu proteksi katodik metode ICCP dengan objek yang sama seperti penelitian sebelumnya yaitu baja SPCC. Metode ICCP ini menggunakan arus listrik dan anoda yang dapat digunakan dalam jangka panjang, sehingga sistem ini diprediksikan dapat mengendalikan korosi dalam waktu yang lama. Analisis korosi yang dilakukan yaitu dengan melakukan penelitian pada plat baja SPCC yang dipasang rangkaian sistem ICCP, kemudian dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui laju korosi dan pengukuran potensial korosi dengan variasi yang diberikan yaitu tegangan listrik dan lama perendaman.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboraturium Korosi Politeknik Negeri Bandung



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Persiapan Spesimen

Plat SPCC dipotong menggunakan mesin potong berdasarkan standar ukuran spesimen dalam ASTM G-31 yaitu sebesar 50 mm x 25 mm dan ketebalan plat 3 mm. Kemudian spesimen diukur menggunakan jangka sorong dan ditimbang menggunakan neraca analitik. Setelah itu dilakukan pembersihan

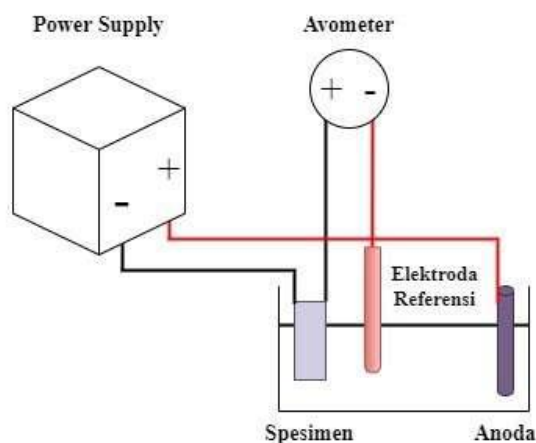
spesimen dengan pembersihan secara mekanik dan kimiawi untuk menghilangkan karat, minyak atau oli. Terdapat 6 spesimen atau variasi yang digunakan dalam penelitian seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Variasi Penelitian

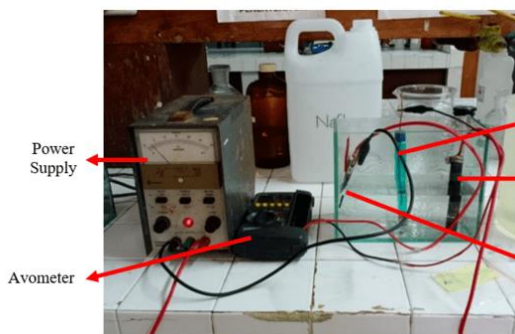
Spesimen	Tegangan	Lama Perendaman
Variasi Tegangan		
Variasi 1	3.5 Volt	6 Jam
Variasi 2	2 Volt	6 Jam
Variasi 3	1.5 Volt	6 Jam
Variasi Lama Perendaman		
Variasi 4	2 Volt	24 Jam
Variasi 5	2 Volt	48 Jam
Variasi Tanpa ICCP		
Variasi 6	-	48 Jam

Variasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi tegangan dan lama perendaman. Variasi 1, variasi 2, dan variasi 3 dilakukan untuk melihat pengaruh besar tegangan terhadap laju korosi dan potensial korosi. Setelah besar tegangan terbaik didapatkan, sedangkan variasi 4 dan variasi 5 dilakukan untuk melihat pengaruh lama perendaman terhadap laju korosi dan potensial korosi. Variasi 6 dilakukan untuk membandingkan spesimen yang diberikan metode ICCP dengan spesimen tanpa ICCP.

2.2 Rangkaian Sistem ICCP



(a)



(b)
Gambar 2. (a) Skema Rangkaian Sistem ICCP dan Pengukuran Proteksi Katodik, (b) *Set Up* Rangkaian Sistem ICCP

Spesimen direndam bersama anoda grafit di dalam larutan NaCl 3,5%. Negatif (-) pada power supply dihubungkan dengan struktur yang akan dilindungi, sedangkan positif (+) dihubungkan dengan anoda. Power supply akan menghasilkan arus DC yang besar arusnya diatur yaitu 0,1 mA sesuai dengan standar NACE RP0388-2001, sedangkan tegangannya diatur sesuai dengan variasi pada penelitian.

2.3 Pengukuran Potensial Korosi Sistem Proteksi Katodik

Pengukuran tegangan dilakukan selama penelitian dengan pemasangan ICCP menggunakan sebuah elektroda reference CSE atau Cu/CuSO₄ dan multimeter/avometer digital. Rangkaian dalam pengukuran tegangan yaitu dengan menghubungkan positif (+) pada avometer ke struktur yang dilindungi dan negatif (-) pada avometer ke elektrode referensi, kemudian besar tegangan akan terbaca pada avometer. Pengukuran tegangan dilakukan setiap 30 menit sekali. Besar arus dan tegangan yang tepat akan menghasilkan potensial korosi yang mendekati batas proteksi yaitu -850 mV sampai -1200 mV.

2.4 Pengujian Laju Korosi

Laju korosi merupakan kecepatan penurunan kualitas suatu material terhadap waktu. [2] Suatu logam memerlukan pengukuran ketahanan material terhadap korosinya. [3] Pengujian laju korosi pada penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode weight loss dan metode potensiodinamik.

2.4.1 Metode Weight Loss

Kehilangan berat atau weight loss merupakan pengujian korosi yang cukup sederhana untuk dilakukan. Pada penelitian ini, pengujian metode *weight loss* mengacu pada referensi [4] dengan mengukur kehilangan massa material yang diuji setelah proses perendaman kemudian menghitung besar laju korosinya. Rumus yang digunakan untuk menghitung laju korosi metode ini yaitu rumus pada persamaan berikut.

$$mpy = \frac{K \times W}{D \times A \times T} \quad (1)$$

dimana,

K = Konstanta

W = Kehilangan massa (gram)

D = Massa jenis (g/cm³)

A = Luas Permukaan (cm²)

T = Waktu (jam)

2.4.2 Metode Potensiodinamik

Pengujian potensiodinamik merupakan pengujian elektrokimia mengukur laju korosi dengan peralatan yang digunakan yaitu potensiotat. Potensiotat merupakan alat elektronik pengukur perbedaan potensial antara elektroda referensi dan elektroda kerja. [3] Terdapat tiga elektroda yang digunakan dalam metode potensiodinamik yaitu *Working Electrode* (WE) yang merupakan sampel yang akan diuji, *Auxiliary Electrode* (AE) dengan bahan yang biasa digunakan yaitu platina atau grafit, dan *Reference Electrode* (RE) merupakan elektroda yang potensialnya konstan. [4]

Persamaan yang digunakan dalam pengujian elektrokimia berdasarkan referensi standar [7] yaitu :

$$mpy = K \times \frac{\alpha \times i}{n \times D} \quad (2)$$

dimana,

α = Massa atom yang terkorosi (g/mol)

K = Konstanta (0,129 untuk satuan mpy) (mg)

n = Jumlah elektron yang dilepas pada logam terkorosi

D = Massa jenis logam terkorosi (g/cm³)

2.5 Pengujian Mtalografi dengan Mikroskop Optik

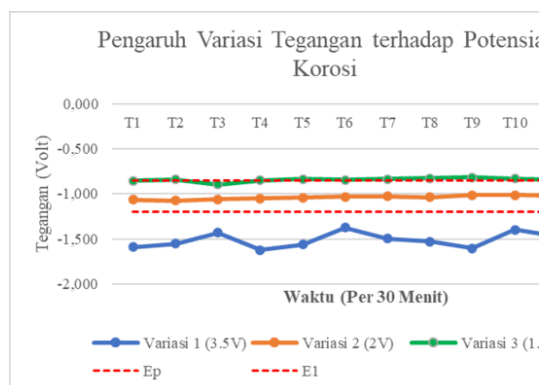
Korosi sumuran atau *pitting* corrosion dapat dilihat melalui mikroskop optik dengan terlebih dahulu melakukan proses lainnya pada pengujian metalografi. Pengujian metalografi dilakukan melalui beberapa tahapan. Berdasarkan standar pengujian metalografi ASTM E3, tahapan metalografi yaitu *mounting*, *grinding* atau pengampelasan, *polishing* dan etsa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran Potensial Korosi

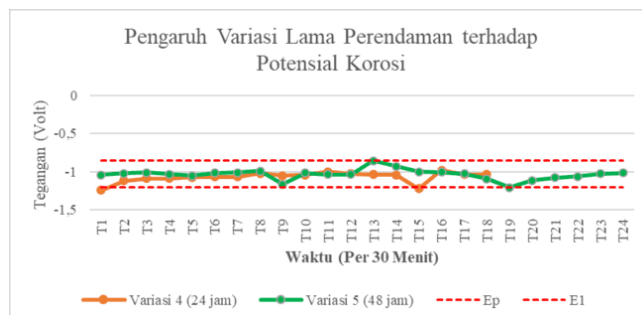
Pengukuran potensial korosi pada pengaruh tegangan listrik dilakukan pada variasi 1 sebesar 3.5 Volt, variasi 2 sebesar 2 Volt, dan variasi 3 sebesar 1,5 Volt. Grafik di bawah ini menunjukkan hasil potensial korosi pada ketiga variasi tegangan tersebut.

Variasi 2 dengan tegangan listrik sebesar 2 volt, potensial korosi lebih stabil dan berada di dalam daerah potensial proteksi dengan rata-rata tegangan yaitu -1,039 volt. Variasi 1 sebesar 3,5 volt, nilai potensial korosinya melewati batas kritis tegangan proteksi dengan rata-rata sebesar -1,519 volt. Sama halnya dengan variasi 1, variasi 3 dengan tegangan sebesar 1,5 volt, potensial korosi cenderung berada pada batas kritis potensial proteksi dengan rata-rata yaitu -0,844 volt.



Gambar 3. Pengukuran Potensial Korosi pada Variasi Tegangan

Grafik di bawah ini menunjukkan pengukuran potensial korosi pada variasi lama perendaman yaitu 24 jam dan 48 jam. Variasi 4 dengan lama perendaman selama 24 jam, rata-rata tegangan potensial yaitu -1,068 volt. Variasi 5 dengan lama perendaman selama 48 jam, rata-rata tegangan potensial yaitu -1,035 volt.



Gambar 4. Pengukuran Potensial Korosi pada Variasi Lama Perendaman

3.1 Laju Korosi Metode Weight Loss

Satuan yang digunakan dalam perhitungan laju korosi pada penelitian ini yaitu milimeter per year atau mmpy, sehingga konstanta yang digunakan yaitu $8,76 \times 10^4$. Densitas baja karbon yaitu $7,86 \text{ gram/cm}^3$. Adapun hasil perhitungan laju korosi metode *weight loss* disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Laju Korosi Metode Weight Loss

Spesimen	Kehilangan Massa	Corrosion Rate (mmpy)	Efisiensi (%)
Variasi Tegangan			
Variasi 1 (3.5V)	0,0071	0,4803	42,63
Variasi 2 (2V)	0,0068	0,4600	45,05
Variasi 3 (1.5V)	0,0075	0,5073	39,39
Variasi Lama Perendaman			
Variasi 4 (24 Jam)	0,0076	0,5141	38,59
Variasi 5 (48 Jam)	0,0343	0,5800	30,71
Variasi Tanpa ICCP			
Variasi 6	0,0990	0,8371	-

Berdasarkan tabel relativitas ketahanan korosi, spesimen dengan variasi tegangan memiliki relativitas ketahanan korosi yang baik yaitu berkisar 0,1 – 0,5 mmpy. Variasi lama perendaman dan variasi tanpa ICCP memiliki relativitas ketahanan korosi yang wajar yaitu berkisar 0,5 – 1 mmpy.

Variasi tanpa pemasangan ICCP menunjukkan laju korosi meningkat cukup signifikan apabila dibandingkan dengan variasi tegangan dan variasi lama perendaman. Hal ini disebabkan karena pada variasi tanpa pemasangan ICCP, tidak adanya proteksi apapun pada logam.

3.2 Laju Korosi Metode Potensiodinamik

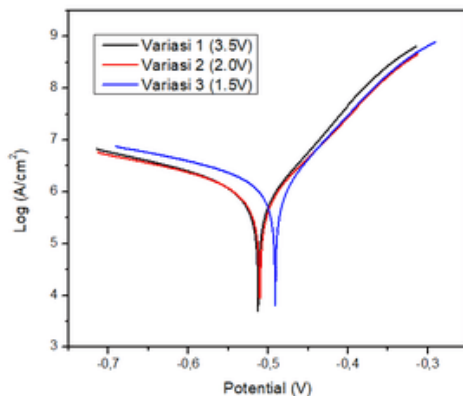
Laju korosi pada pengujian potensiodinamik menggunakan satuan milimeter per year atau mmpy, sehingga konstanta yang digunakan yaitu $3,27 \times 10^{-3}$. Densitas baja karbon terukur pada pengujian yaitu sebesar $7,5 \text{ gram/cm}^3$.

Adapun hasil perhitungan laju korosi metode potensiodinamik disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Laju Korosi Metode Potensiodinamik

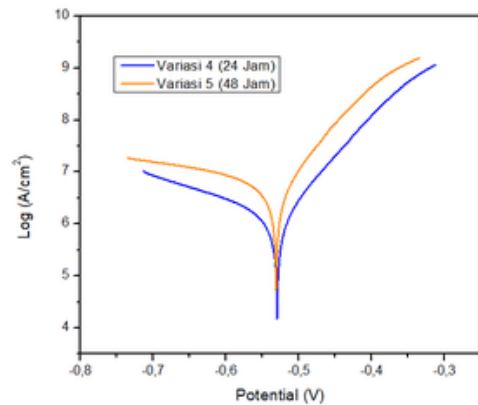
Spesimen	I _{corr} (A/cm ²)	CR (mmpy)	IE (%)
Variasi Voltase			
Variasi 1 (3.5 Volt)	6,9914	0,0831	13,89
Variasi 2 (2 Volt)	6,7532	0,0821	14,90
Variasi 3 (1.5 Volt)	6,8332	0,0850	11,94
Variasi Lama Perendaman			
Variasi 4 (24 Jam)	7,1234	0,0867	10,23
Variasi 5 (48 Jam)	7,4799	0,0910	6,09
Variasi Tanpa ICCP			
Variasi 6 (48 Jam)	7,9352	0,0965	-

Berdasarkan tabel relativitas ketahanan korosi, seluruh spesimen memiliki relativitas ketahanan korosi yang sangat baik yaitu berkisar 0,02 – 0,1 mmpy. Berdasarkan efisiensi yang diukur, variasi 2 dengan tegangan sebesar 2 volt memiliki efisiensi yang paling baik yaitu sebesar 14,9%.



Gambar 5. Kurva Potensiodinamik Variasi Tegangan

Gambar 5 merupakan kurva hasil pengujian potensiodinamik dengan variasi voltase. Potensial korosi ditunjukkan pada sumbu X dan kerapatan arus ditunjukkan pada sumbu Y. Semakin kecil voltase diturunkan, kurva bergeser ke atas dan ke kanan (semakin positif), menunjukkan bahwa laju korosi semakin cepat.



Gambar 6. Kurva Potensiodinamik Variasi Lama Perendaman

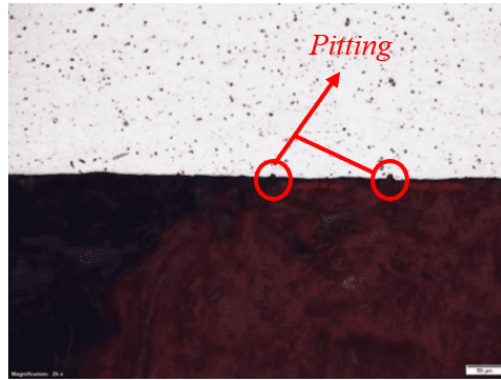
Gambar 6 merupakan kurva hasil pengujian potensiodinamik dengan variasi lama perendaman. Semakin lama perendaman yang dilakukan, kurva bergeser ke atas (semakin positif) menunjukkan bahwa laju korosi semakin cepat, dan bergeser ke kiri menunjukkan bahwa logam memiliki kecenderungan bersifat katodik.

3.3 Morfologi Korosi

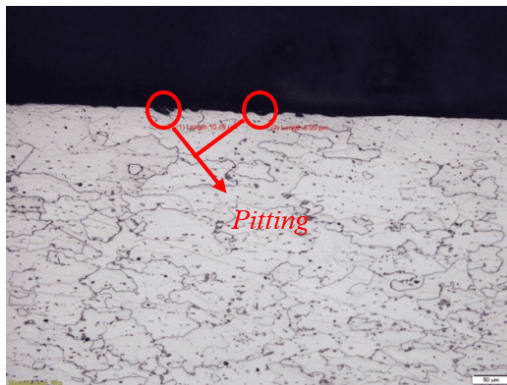
Melalui perbesaran mikroskop 20X, bentuk korosi dapat terlihat dan dapat diukur kedalamannya. Bentuk serangan korosi yang dapat dilihat pada penelitian ini yaitu *pitting* atau korosi sumuran.



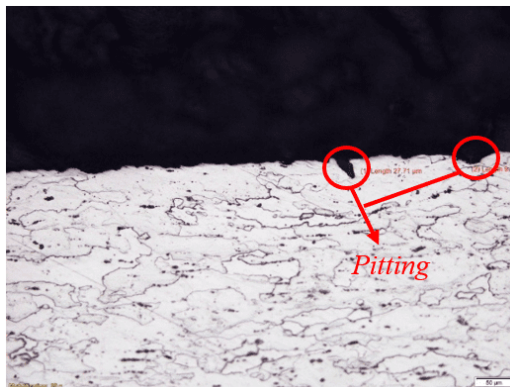
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 7. (a) Sebelum perendaman, (b) Perendaman dengan ICCP 2 Volt selama 24 Jam, (c) Perendaman dengan ICCP 2 Volt selama 48 Jam, (d) Perendaman Tanpa ICCP

Gambar 7 menunjukkan kedalaman korosi pada spesimen sebelum perendaman, spesimen dengan pemasangan ICCP, dan spesimen dengan perendaman namun tanpa pemasangan ICCP. Terlihat bahwa kedalaman *pitting* pada spesimen sebelum perendaman lebih kecil dibandingkan dengan spesimen setelah perendaman baik dengan ICCP maupun tanpa ICCP. Hal tersebut menunjukkan bahwa spesimen belum terkorosi dengan media

korosi, sementara itu kedalaman *pitting* pada spesimen tanpa pemasangan ICCP jauh lebih dalam dibandingkan dengan spesimen dengan pemasangan ICCP.

Kedalaman *pitting* pada spesimen tanpa pemasangan ICCP jauh lebih dalam dibandingkan dengan spesimen dengan pemasangan ICCP. Terlihat pada variasi 5 dengan lama perendaman 48 jam kedalaman *pitting* lebih besar dari variasi 4 dengan lama perendaman 24 jam. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin lama perendaman mengakibatkan semakin dalam *pitting*.

4. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Variasi 2 dengan tegangan sebesar 2 Volt memiliki laju korosi paling rendah yaitu 0,46 mmpy pada pengujian weight loss, dan 0,0821 mmpy pada pengujian potensiostatik. Semakin menurun voltase yang digunakan, laju korosi semakin meningkat.
2. Semakin lama perendaman dengan sistem ICCP, mengakibatkan laju korosi semakin meningkat. Efisiensi sistem ICCP mengalami penurunan seiring dengan lama perendaman logam dengan pemasangan ICCP.
3. Berdasarkan metode pengukuran tegangan potensial, variasi 2 dengan voltase sebesar 2 Volt memiliki potensial korosi yang relatif stabil dan berada di dalam batas proteksi dengan rata-rata sebesar -1,039 Volt. Semakin menurun voltase yang digunakan, potensial korosi semakin berada di bawah proteksi atau *under protection*.
4. Pada voltase sebesar 2 volt yang berada di dalam batas proteksi, semakin lama perendaman mengakibatkan tegangan potensial cenderung mengalami fluktuasi sehingga menjauhi batas tegangan proteksi.
5. Kedalaman korosi sumuran dengan tanpa pengaplikasian sistem ICCP lebih besar dibandingkan dengan kedalaman korosi sumuran dengan pengaplikasian sistem ICCP.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan beserta penyusunan laporan Tugas Akhir dan artikel ilmiah dengan judul **“Analisis Laju Korosi pada Plat Baja SPCC dengan Pengaplikasian Sistem Proteksi Katodik *Impressed Current*”**. Terima kasih sebanyak-banyaknya penulis ucapkan kepada orang tua, teman-teman, dan seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Penulis menyadari kekurangan baik dalam proses penelitian maupun penulisan artikel ilmiah ini. Semoga artikel ilmiah ini dapat memberi manfaat untuk pembaca dan dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

[9] N. S. T. "Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged Metallic Piping System," 2002.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Threthewey and C. , Korosi untuk Mahasiswa dan Rekrayasawan, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 1991.
- [2] Y. Kurniawan, I. Syarif and A. , "Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating," *Jurnal Teknik ITS*, p. 2, 2015.
- [3] M. G. Fontana, Corrosion Engineering, McGraw-Hill Book Company, 1987.
- [4] A. S. G. "Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals," pp. G31-03, 2004.
- [5] Y. Purwanto, "Pengukuran Laju Korosi Stainless Steel dan Baja Karbon dengan Metode Tafel dan Polarization Resistance," Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR)-BATAN, Tangerang Selatan, 2019.
- [6] Butchanan and Stansbury, "Electrochemical Corrosion," in *Handbook of Environmental Degradation of Material*, Tennessee, Departement Materials Science and Engineering, University of Tennessee, 2012, p. 87.
- [7] A. G. "Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements," 2015.
- [8] Yullianti, W. and D. , "Perbandingan Laju Korosi pada Material Steel Plate Cold Coil (SPCC) yang Dilapisi Cat dengan Resin yang Berbeda," *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 2016.