

## PENGARUH pH LARUTAN NaCl DENGAN INHIBITOR ASAM ASKORBAT 200 ppm DAN PELAPISAN CAT EPOXY TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON RENDAH

**Fajar Pratomo, Ranto, Suharno**

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP, UNS  
Kampus UNS Pabelan JL. Ahmad Yani 200, Surakarta, Telp/Fax (0271) 718419  
Email : maz\_fajr@yahoo.co.id

### ABSTRACT

*Corrosion is defined as the destruction or deterioration of a material because of reaction with its environment. Corrosion can be fast or slow because effect of solution pH. Corrosion rate can be reduced by paint coating. The purpose of this research were: (1) To investigated the effect of NaCl solution pH with 200 ppm Ascorbic Acid inhibitor to low carbon steel corrosion rate. (2) To investigated the effect of epoxy paint coating to low carbon steel corrosion rate. (3) To investigated the effect of NaCl solution pH with 200 ppm Ascorbic Acid inhibitor and epoxy paint coating to low carbon steel corrosion rate. This research used experimental method. The population which used low carbon steel plate with a length 5 m size 3 x 40 mm, while the sample made with size 3 x 20 x 30 mm. Data was discovered by measured weight loss of low carbon steel with epoxy paint coating and without coating after submerison in NaCl solution with 200 ppm Ascorbic Acid inhibitor at pH value 6, 7, and 8 during 240 hours. Weight loss score was entered to formula for calculate the corrosion rate. Data which discovered from experiment result was entered to the table, and was showed in graphics and then was analyticted by description analysis. Based on this research can be concluded: (1) NaCl solution pH with 200 ppm Ascorbic Acid inhibitor cause low carbon steel corrosion rate be different. Low carbon steel in NaCl solution with pH 7 or neutral has the lowest corrosion rate, while in pH 6 of acidic although pH 8 or alkaline corrosion rate becomes higher. (2) Epoxy paint coating causes the corrosion rate of low carbon steel in NaCl solution with 200 ppm Ascorbic Acid inhibitor is lower than without coating. (3) Epoxy paint coating on low carbon steel causes corrosion rate was the lowest in NaCl solution with 200 ppm Ascorbic Acid inhibitor which has a pH value of 7 or neutral, while the conditions are acidic or alkaline solution the corrosion rate becomes higher.*

**Keywords :** *NaCl solution pH, Ascorbic Acid inhibitor, epoxy paint, low carbon steel corrosion rate*

### PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan dan industri berdampak pada semakin banyaknya pemakaian logam. Logam pada jangka waktu tertentu akan mengalami penurunan daya guna. Penurunan daya guna logam dapat menimbulkan kerugian pada manusia. Salah satu penyebab terjadinya penurunan daya guna tersebut adalah karena terjadinya korosi. Trethewey, K.R. & Chamberlain, J (1991:64) “korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrolit terhadap lingkungannya. Proses korosi terjadi pada lingkungan sekitar yang dapat berupa lingkungan asam, udara, embun, air tawar, air

laut, air hujan dan tanah merupakan akibat dari reaksi kimia yang juga diakibatkan oleh proses elektrokimia”.

Lingkungan merupakan faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya korosi. Derajat keasaman atau pH (*potenz Hydrogen*) lingkungan juga berpengaruh terhadap laju korosi. pH lingkungan yang berbeda akan menyebabkan perbedaan pada laju korosi suatu logam. pH lingkungan dapat berubah akibat dari peristiwa alam seperti adanya hujan asam. Pelapisan, pemberian inhibitor dan pengubahan temperatur

lingkungan merupakan berbagai upaya yang dapat dilakukan untuk menekan laju korosi.

Pelapisan banyak digunakan untuk menekan laju korosi pada logam. Pelapisan logam dengan menggunakan cat merupakan salah satu cara yang banyak digunakan untuk menekan laju korosi. Cat banyak digunakan untuk pengendalian korosi karena dapat melindungi logam dari kontak dengan lingkungan yang memicu terjadinya korosi. Cat mempunyai jenis yang beragam dengan karakteristik yang berbeda. *Epoxy* merupakan salah satu jenis cat yang biasa digunakan sebagai bahan adhesif dan lapisan pelindung yang sangat baik karena memiliki kekuatan yang tinggi, dan daya rekat yang kuat. Selain itu *epoxy* juga baik dalam ketahanan terhadap bahan kimia, sifat dielektrik dan sifat isolasi, penyusutan rendah, stabilitas dimensi dan ketahanan lelahnya.

Salah satu material yang banyak digunakan dalam industri dan pembangunan adalah baja karbon rendah. Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon di bawah 0,3%. Baja karbon rendah dalam perdagangan dibuat dalam bentuk plat, profil, batangan untuk keperluan tempa, pekerjaan pemesinan dan lain-lain. Baja karbon rendah merupakan jenis baja yang mampu menahan beban berat.

Baja karbon rendah banyak digunakan untuk struktur konstruksi di industri petrokimia, di konstruksi pengeboran minyak lepas pantai, kerangka dan badan kapal, jembatan dan banyak lainnya. Pemakaian baja karbon rendah di daerah air laut seperti pada konstruksi pengeboran lepas pantai dan badan kapal akan lebih rentan terserang korosi karena ada kontak langsung dengan air yang mengandung garam. Air laut merupakan air garam dalam bentuk Natrium Klorida (NaCl) dengan pH sekitar 7,8-8,3. Korosi yang terjadi dapat juga merupakan dampak dari adanya kontak dengan air hujan terutama jika terjadi hujan asam. pH untuk air hujan adalah sekitar 6 sedangkan hujan asam nilainya  $< 5,6$ .

Logam yang berada di lingkungan elektrolit lebih rentan terhadap serangan korosi. Pengendalian korosi untuk lingkungan elektrolit dapat dengan penambahan inhibitor. Inhibitor merupakan zat kimia yang apabila ditambahkan dengan takaran yang tepat dapat menghambat

atau mengurangi laju korosi. Ada beberapa jenis inhibitor yang dapat ditambahkan dalam lingkungan yang korosif yaitu : inhibitor anodik, inhibitor katodik, inhibitor organik dan inhibitor penyebab pengendapan. Penggunaan inhibitor harus menggunakan takaran yang tepat. Konsentrasi inhibitor yang tidak tepat dapat mempercepat laju korosi.

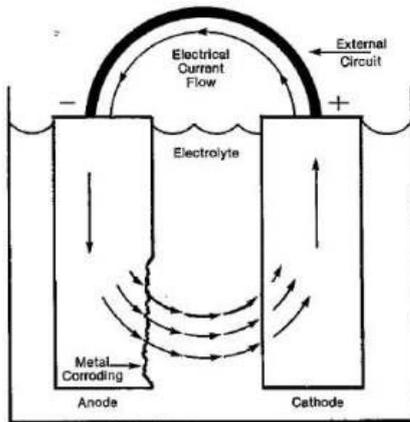
Asam Askorbat merupakan salah satu jenis inhibitor organik yang terbukti dapat mengurangi laju korosi. Sholeh Darmawan (2007) membuktikan bahwa Asam Askorbat mempunyai peranan penting sebagai inhibitor dalam larutan Natrium Klorida (NaCl) untuk menghambat laju korosi Baja HQ 7210 pasca pelapisan *Chrom*. Konsentrasi Asam Askorbat yang paling efektif untuk mengurangi laju korosi dalam penelitian tersebut sebesar 200 ppm. Berdasarkan uraian permasalahan di atas maka perlu dilakukan penelitian dengan judul "Pengaruh pH Larutan NaCl dengan Inhibitor Asam Askorbat 200 ppm dan Pelapisan Cat *Epoxy* terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah".

## **KAJIAN TEORI**

### **Korosi**

K.R. Trethewey & J. Chamberlain (1991:25) menyatakan bahwa korosi adalah penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya.

Korosi bisa terjadi karena adanya beda potensial listrik antara anoda dan katoda. Adanya penghubung antara anoda dan katoda menyebabkan adanya aliran listrik dari anoda ke katoda. Bagian logam yang bertindak sebagai anoda akan teroksidasi menjadi ion logam yang terhidrasi. Proses korosi secara umum dapat digambarkan dalam bentuk sel elektrokimia sebagai berikut.



Gambar 1. Sel Korosi Basah Sederhana

Laju Korosi adalah banyaknya material yang hilang (teroksidasi) tiap satuan waktu. Laju korosi dalam kondisi tertentu dapat meningkat dan dalam kondisi yang lain dapat menjadi lambat. Laju korosi tiap material berbeda-beda tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis materialnya. Berdasarkan standar ASTM G1, laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CPR = K \frac{W}{D \cdot A \cdot T}$$

Dimana :

CPR = *Corrosion Penetration Rate* (laju korosi) dalam mil per tahun

W = Pengurangan berat dalam gram

K = konstanta ( $3,45 \times 10^6$ )

D = Densitas atau rapatan bahan dalam  $\text{gr/cm}^3$

A = Luas permukaan bahan dalam  $\text{cm}^2$

T = Lamanya korosi berlangsung dalam jam

## pH

Raymond Chang (2005:99) menyatakan bahwa pH suatu larutan didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen (dalam mol per liter). Skala pH ( $pH = \text{potenz Hydrogen}$ ) dikenalkan oleh Sorensen ahli kimia Denmark pada tahun 1909. pH menyatakan konsentrasi  $\text{H}^+$  yang ada di dalam larutan. Harga pH berkisar antara 0 sampai 14. Berdasarkan teori asam basa Arrhenius, suatu larutan dapat bersifat asam, basa atau netral tergantung pada konsentrasi ion  $\text{H}^+$  atau ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan tersebut. Larutan akan bersifat asam apabila konsentrasi  $\text{H}^+$  lebih dominan dari konsentrasi

ion-ion yang lain, larutan bersifat basa jika konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  lebih dominan dari konsentrasi ion yang lainnya dan suatu larutan memiliki sifat netral jika konsentrasi  $\text{H}^+$  dan konsentrasi  $\text{OH}^-$  dalam larutan sama banyak.

Laju korosi baja karbon pada suhu kamar dapat berubah, cukup dengan perubahan pH larutan. Dalam sistem korosi karbondioksida, ketika pH larutan kurang dari 4, ion  $\text{H}^+$  yang ada membuat reduksi  $\text{H}^+$  mendominasi pada reaksi katodik. Laju korosi sensitif pada pH rendah.

## Pelapisan Cat Epoxy

Pengecatan logam adalah pelapisan permukaan dengan bahan cat untuk menahan karat, menjadikan warna dasar serta memberikan pandangan yang indah dan merupakan pertahanan terhadap pengaruh-pengaruh destruktif terhadap cuaca. Epoxy merupakan salah satu jenis cat yang biasa digunakan sebagai bahan adhesif dan lapisan pelindung yang sangat baik karena memiliki kekuatan yang tinggi, dan daya rekat yang kuat. Selain itu epoxy juga baik dalam ketahanan terhadap bahan kimia, sifat dielektrik dan sifat isolasi, penyusutan rendah, stabilitas dimensi dan ketahanan lelahnya. Aplikasi dari cat epoxy adalah sebagai pelindung yang efisien dari korosi (N. Hammouda, dkk, 2011).

## Inhibitor Asam Askorbat

Inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam. Inhibitor terdiri dari anion atom ganda yang dapat masuk ke permukaan logam dan dapat menghasilkan selaput lapisan tunggal yang kaya akan oksigen.

Inhibitor korosi mempunyai bermacam-macam jenis. Inhibitor menurut bahan dasarnya macamnya yaitu inhibitor organik dan inhibitor anorganik. Sedangkan menurut reaksi yang dihambat jenis inhibitor terdiri dari inhibitor anodik, inhibitor katodik, dan inhibitor campuran. Asam Askorbat atau vitamin C merupakan salah satu jenis inhibitor organik. Asam Askorbat

merupakan senyawa organik yang mempunyai rumus empiris  $C_6H_8O_6$  dan berbentuk murni yang merupakan kristal putih, tidak berbau dan mencair pada suhu 190-192<sup>0</sup>. Asam Askorbat mempunyai rasa asam dan bersifat reduktor yang kuat.

Inhibitor Asam Askorbat merupakan salah satu jenis inhibitor organik yang ramah lingkungan (Tjitro, Anggono & Hariyono, 1991). Asam Askorbat dalam larutan akan cepat teroksidasi oleh udara dan dengan perlahan-lahan berdekomposisi menjadi *dehydro-ascorbic acid* (DAA). Selanjutnya DAA akan berdekomposisi menjadi beberapa molekul di dalam larutan dengan pH di atas 4. Mekanisme inhibisi AA, yaitu teradsorpsi pada permukaan logam. Permukaan logam yang bereaksi dengan inhibitor AA ini akan terlindungi oleh lapisan pelindung tipis pada permukaannya.

## METODE PENELITIAN

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah berbentuk plat dengan ukuran 3 x 20 x 30 mm tanpa pelapisan kemudian dibandingkan dengan baja karbon rendah yang dilapisi cat epoxy. Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik *random sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel yang dilakukan secara acak. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen.

Eksperimen penelitian ini diawali dengan pembuatan spesimen dari plat baja karbon rendah dengan pelapisan cat *epoxy* dan tanpa pelapisan. Spesimen ditimbang kemudian direndam dalam larutan NaCl berinhibitor Asam Askorbat dengan pH 6, 7, dan 8 selama 240 jam. Spesimen diangkat kemudian dibersihkan sesuai standar ASTM G1. Spesimen kembali ditimbang untuk menghitung berat yang hilang setelah proses perendaman. Besarnya berat yang hilang dianalisis menggunakan rumus laju korosi untuk menghitung laju korosinya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Korosi

#### 1. Baja Karbon Rendah Tanpa Pelapisan

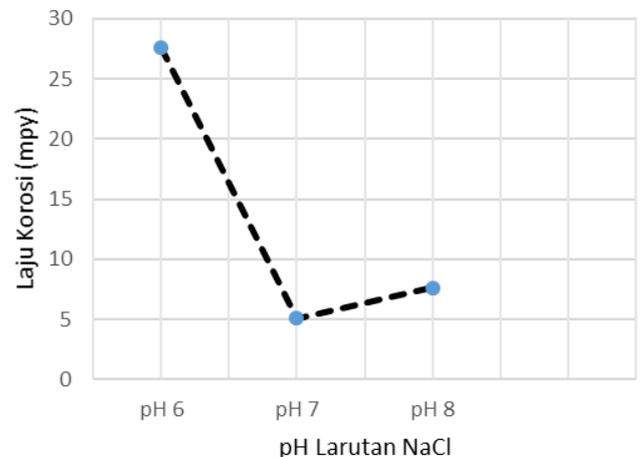
Pengujian korosi pada baja karbon rendah tanpa pelapisan diperoleh data

pH	Replikasi	Berat Hilang (gram)	Laju Korosi (mpy)	Laju Korosi Rata-rata (mpy)
6	1	0,209	25,48240	26,09203
	2	0,226	27,55513	
	3	0,207	25,23855	
7	1	0,039	4,755089	4,795731
	2	0,036	4,389313	
	3	0,043	5,242791	
8	1	0,053	6,462044	7,193596
	2	0,068	8,290925	
	3	0,056	6,827820	

sebagai berikut.

Tabel 1. Laju Korosi pada Baja Karbon Rendah Tanpa Pelapisan

Hasil perhitungan laju korosi pada Tabel 1. digambarkan pada grafik berikut.



Gambar 2. Grafik Pengaruh pH Larutan NaCl Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Tanpa Pelapisan

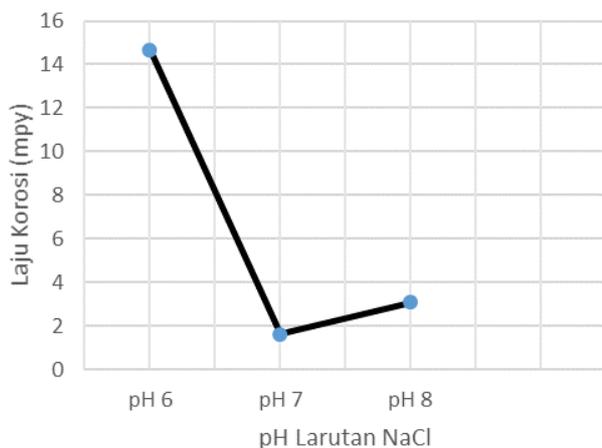
#### 2. Baja Karbon Rendah dengan Pelapisan Cat *Epoxy*

Pengujian korosi pada baja karbon rendah dengan pelapisan cat *epoxy* diperoleh data sebagai berikut.

pH	Replikasi	Berat Hilang (gram)	Laju Korosi (mpy)	Laju Korosi Rata-rata (mpy)
6	1	0,110	13,41179	14,67169
	2	0,124	15,11874	
	3	0,127	15,48452	
7	1	0,011	1,341179	1,625671
	2	0,010	1,219254	
	3	0,019	2,316582	
8	1	0,023	2,804283	3,088776
	2	0,029	3,535835	
	3	0,024	2,926209	

Tabel 2. Laju Korosi pada Baja Karbon Rendah dengan Pelapisan Cat *Epoxy*

Hasil perhitungan laju korosi pada Tabel 2. digambarkan pada grafik berikut.

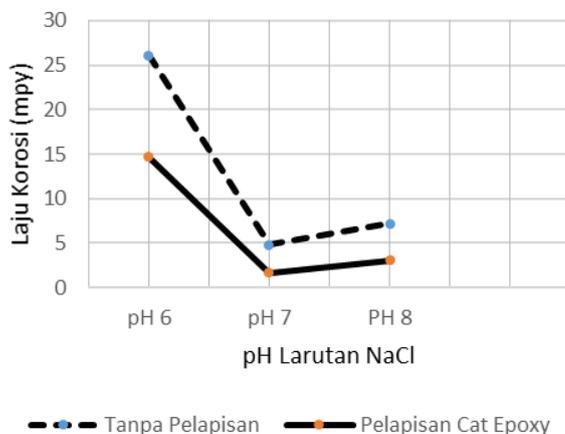


Gambar 3. Grafik Pengaruh PH Larutan NaCl Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Dengan Pelapisan Cat *Epoxy*

3. Pengaruh PH Larutan NaCl dengan Inhibitor Asam Askorbat 200 ppm dan Pelapisan Cat *Epoxy*

Hasil dari pengujian pengaruh pH larutan NaCl dengan inhibitor Asam Askorbat 200 ppm dan pelapisan cat *epoxy*

pada baja karbon rendah secara keseluruhan dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4. Grafik Pengaruh pH Larutan NaCl dan Pelapisan Cat *Epoxy* terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah

**Pembahasan**

1. Pengaruh PH Larutan NaCl dengan Inhibitor Asam Askorbat 200 ppm Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah

PH larutan NaCl memiliki pengaruh yang besar terhadap laju korosi baja karbon rendah dengan pelapisan cat *epoxy* maupun tanpa pelapisan. Pengaruh tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. untuk baja karbon rendah tanpa pelapisan dan pada Gambar 3. untuk baja karbon rendah dengan pelapisan cat *epoxy*. Kedua gambar tersebut menunjukkan perbedaan laju korosi pada pH yang berbeda. Lingkungan dengan pH 6 menyebabkan laju korosi yang lebih besar daripada lingkungan dengan pH yang lain, sedangkan laju korosi terendah ada pada lingkungan dengan pH 7. Tingginya laju korosi pada lingkungan dengan pH 6 disebabkan karena keadaan lingkungan yang bersifat asam yang memiliki ikatan ion  $H^+$ .

Perbedaan laju korosi yang mencolok antara lingkungan dengan pH 6 dan pH 7 disebabkan karena penambahan inhibitor. Penambahan inhibitor asam askorbat pada lingkungan dengan pH 6

menyebabkan laju korosi semakin besar karena lingkungan menjadi semakin asam. Sedangkan penambahan inhibitor asam askorbat pada lingkungan dengan pH 7 efektif untuk menekan laju korosi menjadi semakin rendah. Lingkungan dengan pH 8 memiliki laju korosi yang tidak berbeda jauh dengan pH 7. Inhibitor yang ditambahkan dalam lingkungan dengan pH 8 juga menekan laju korosi, namun tidak seefektif pada pH 7.

## 2. Pengaruh Pelapisan Cat *Epoxy* Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah

Pelapisan cat epoxy pada baja karbon rendah efektif untuk mengurangi laju korosi. Grafik pada Gambar 4. menunjukkan perbedaan laju korosi antara baja karbon rendah dengan pelapisan cat epoxy dan tanpa pelapisan. Garis yang menunjukkan laju korosi pada baja karbon rendah tanpa pelapisan berada di atas garis yang menunjukkan laju korosi baja karbon rendah dengan pelapisan cat epoxy.

Baja karbon rendah dengan pelapisan cat epoxy memiliki laju korosi yang lebih rendah karena lapisan cat epoxy dapat melindungi baja karbon rendah dari lingkungan yang mengandung garam NaCl yang bersifat korosif. Penambahan inhibitor asam askorbat juga mengurangi laju korosi karena asam askorbat dapat membentuk lapisan tipis yang melindungi logam. Inhibitor asam askorbat juga melindungi baja karbon rendah yang dilapisi cat epoxy sehingga laju korosinya menjadi rendah.

## 3. Pengaruh PH Larutan NaCl dengan Inhibitor Asam Askorbat 200 ppm dan Pelapisan Cat *Epoxy* Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah

Pengaruh pH larutan NaCl dengan inhibitor Asam Askorbat 200 ppm dan pelapisan cat epoxy terhadap laju korosi baja karbon rendah dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan grafik perbandingan antara laju korosi baja karbon rendah dengan pelapisan cat epoxy dan tanpa pelapisan.

Laju korosi pada baja karbon rendah pada semua pH larutan dengan pelapisan cat epoxy lebih rendah dari pada laju korosi baja karbon rendah tanpa pelapisan. Gambar garis yang menunjukkan laju korosi baja karbon rendah dengan pelapisan cat epoxy berada di bawah garis laju korosi baja karbon rendah tanpa pelapisan, hal tersebut menunjukkan bahwa dengan pelapisan cat epoxy laju korosi baja karbon rendah dapat dikurangi yang berlaku untuk nilai pH lingkungan 6, 7, dan 8.

Larutan NaCl dengan pH asam menyebabkan laju korosi pada baja karbon rendah baik dengan pelapisan cat epoxy maupun tanpa pelapisan menjadi lebih tinggi. Laju korosi terendah berada pada pH larutan NaCl yang bersifat netral atau nilainya 7.

## KESIMPULAN

1. pH larutan NaCl dengan inhibitor Asam Askorbat 200 ppm menyebabkan laju korosi baja karbon rendah berbeda-beda. Baja karbon rendah dalam larutan NaCl dengan pH 7 atau netral memiliki laju korosi yang terendah, sedangkan pada pH yang sifatnya asam maupun basa laju korosi menjadi semakin tinggi.
2. Pelapisan cat epoxy menyebabkan laju korosi baja karbon rendah dalam larutan NaCl dengan inhibitor Asam Askorbat lebih rendah daripada baja karbon rendah tanpa pelapisan.
3. Pelapisan cat epoxy pada baja karbon rendah menyebabkan laju korosi menjadi terendah dalam larutan NaCl dengan inhibitor asam askorbat 200 ppm yang memiliki nilai pH 7 atau bersifat netral, sedangkan pada kondisi larutan yang asam maupun basa laju korosi menjadi lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- ASTM International. (1985). *ASTM G31-72:Standard Practice for Laboratory*

- Immersion Testing of Metals*. United State.
- ASTM International. (1999). *ASTM G1: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens*. United State.
- Bayuseno, A.P. (2009). *Analisis Laju Korosi pada Baja untuk Material Kapal Dengan dan Tanpa Perlindungan Cat*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Chang, Raymond. (2005). *Kimia Dasar Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Darmawan, S. (2007). *Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C) dalam Larutan Natrium Klorida (NaCl) Terhadap Laju Korosi Baja HQ 7210 Pasca Pelapisan Chrom*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Fontana, M. G. (1986). *Corrosion Engineering*. New York: Mc Graw Hill.
- Gunaatmaja, Andhi. (2011). *Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi pada Baja Karbon Rendah dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan NaCl 3,5 %*. Depok : Universitas Indonesia.
- Hammouda, N., Chadli, H., Guillemot, G, & Belmokre, K. (2011). The Corrosion Protection Behaviour of Zinc-Rich Epoxy Paint in 3% NaCl Solution. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 1 (2), 51-60. Diperoleh 16 Januari 2013, dari <http://www.scrip.org/journal/aces>.
- Sudjana. (1995). *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Suhardi. (1996). *Ilmu Bahan*. Surakarta : FKIP UNS.
- Surakhmad, W. (1998). *Pengantar Penelitian Ilmiah*. Bandung: Tarsito.
- Tim Skripsi. (2012). *Pedoman Penulisan Skripsi*. Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UNS.
- Tjitro, S., Anggono, J., & Hariyono, H. (1999). *Pengaruh Lingkungan Terhadap Efisiensi Inhibisi Asam Askorbat (Vitamin C) pada Laju Korosi Tembaga*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Trethewey, K. R., & Chamberlain, J. (1991). *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.