

**PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR ASAM ASKORBAT
DAN KONSENTRASI LARUTAN NATRIUM KLORIDA
TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON RENDAH
PASCA PELAPISAN CAT EPOXY**

Ervan Harry Prasetya, Drs. Ranto, M.T. dan Suharno, S.T., M.T.

Prodi. Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP, UNS

Kampus UNS Pabelan JL. Ahmad Yani 200, Surakarta, Tlp/Fax 0271 718419

Email : ervanharry_9@yahoo.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate (1) Effect of the concentration ascorbic acid (AA) in a solution NaCl on the corrosion rate low carbon steel after coating process of epoxy paint. (2) Effect of NaCl concentration on the corrosion rate low carbon steel after coating process of epoxy paint. (3) Interaction of the effect between the inhibitor concentration AA with NaCl concentration on the corrosion rate low carbon steel after coating process of epoxy paint. The study is an experimental study. The research procedure uses four steps of preparation, experimentation and data collection, data analysis, conclusions. The research site in Polytecnic Manufacturing Ceper and Laboratory Faculty of Chemistry UNS. This study uses a 3x5 factorial experimental design. The population of the research was low carbon steel after coating process of epoxy paint. The sample of the research was AISI 1006 low carbon steel after coating process of epoxy paint. The sampling technique using random sampling. The experimental treatments with three replicate that using 45 samples. The method of data collection used in study is the experimental method. The results of this study are: (1) There is an influence of variation concentration of inhibitor AA to the corrosion rate of low carbon steel after coating process of epoxy paint, the addition of AA with a concentration below 100 ppm is increase the corrosion rate, whereas the addition of AA with a concentration above 100 ppm is decrease the corrosion rate. (2) There is an influence of NaCl concentration to the corrosion rate of low carbon steel after coating process of epoxy paint. The concentration of NaCl is directly proportional to the corrosion rate of low carbon steel after coating process of epoxy paint. (3) There is interaction effect between AA concentration of NaCl concentration on the rate of corrosion of low carbon steel after coating epoxy paint. The addition of AA concentration is directly proportional to the concentration of NaCl.

Key words: Ascorbic acid , epoxy, low carbon steel AISI 1006, inhibitors

PENDAHULUAN

Sains dan teknologi di abad ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Perkembangan tersebut mendorong dunia industri untuk membangun dan memproduksi produk guna memenuhi kebutuhan masyarakat dunia. Perkembangan yang dialami oleh industri tidak terlepas oleh adanya pemakaian

logam. Logam merupakan bahan yang paling banyak digunakan di dunia ini. Logam dapat menjadi kerugian besar bagi umat manusia di dunia akibat korosi yang ditimbulkannya.

Korosi merupakan masalah serius bagi dunia material. Dampak yang ditimbulkan korosi dapat berupa kerugian langsung dan kerugian tidak langsung. Kerugian langsung dapat berupa terjadinya

kerusakan pada peralatan, pemesinan, dan struktur bangunan. Kerugian secara tidak langsung berupa terhentinya kegiatan produksi diakibatkan penggantian peralatan yang rusak akibat korosi, bahkan kerugian tidak langsung dapat berupa terjadinya kecelakaan yang mengakibatkan korban jiwa.

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu berasal dari bahan itu sendiri dan lingkungan. Faktor dari bahan berupa kemurnian logam, struktur bahan, teknik pencampuran bahan, bentuk kristal dan sebagainya. Faktor lingkungan meliputi tingkat pencemaran udara, suhu, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif dan sebagainya.

Pengendalian korosi secara teoritis dilakukan sejak pemilihan bahan, proses perancangan, hingga struktur jadi dan bahkan melalui modifikasi lingkungan. Akan tetapi masih terdapat banyak hal yang dapat dilakukan untuk mengendalikan laju korosi yaitu pengendalian menggunakan proteksi katodik dan anodik, pengendalian laju korosi dengan lapisan penghalang serta pengendalian dengan menggunakan inhibitor.

Pengendalian laju korosi dengan lapisan penghalang disebut juga pelapisan. 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.

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 konsentrasi berkisar 3,5%, namun konsentrasi tersebut tergantung pada lokasi dan laju evaporasi. Korosi yang terjadi dapat juga merupakan dampak dari adanya udara yang mengandung butiran garam yang menyerang logam.

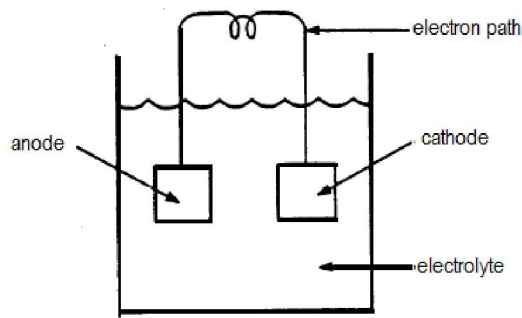
Pengendalian laju korosi di lingkungan elektrolit dengan menambahkan inhibitor. Penambahan inhibitor merupakan teknik pengendalian korosi yang paling murah, mudah, dan efektif. Jenis inhibitor yang dapat ditambahkan dalam lingkungan yang korosif yaitu inhibitor pemasif, inhibitor katodik, inhibitor organik dan inhibitor penyebab pengendapan. Penggunaan inhibitor dengan konsentrasi yang tidak tepat dapat mempercepat laju korosi.

KAJIAN PUSTAKA

Korosi

Korosi berasal dari bahasa latin "*Corrodere*" yang artinya perusakan logam atau perkaratan akibat lingkungannya. Mengenai pengertian korosi, K.R Trethewey dan J. Chamberlain berpendapat, "Korosi adalah penurunan

mutu logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya” (1991: 25).



Gambar 1. Sel Elektrokimia

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. Pada daerah anoda terjadi pelarutan atom-atom logam (misalkan besi) disertai pelepasan elektron membentuk ion Fe^{2+} yang larut dalam elektrolit (air dan udara). Elektron yang dilepaskan mengalir melalui elektrolit menuju daerah katoda sehingga terjadi reduksi gas oksigen dari elektrolit. Ion Fe^{2+} yang larut bergerak menuju katoda melalui elektrolit dalam sel elektrokimia dan bereaksi dengan ion-ion OH^- . Akibat adanya migrasi ion dan elektron maka akan menimbulkan korosi pada permukaan besi.

Laju Korosi

Laju korosi adalah banyaknya material yang hilang (teroksidasi) tiap satuan waktu (ASTM, 1987: 135). Satuan laju korosi menurut SI adalah mm per tahun. 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.

Laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (ASTM G31, 1987: 91) :

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

Klasifikasi Baja Karbon

Berdasarkan tingkatan banyaknya kadar karbon, baja karbon digolongkan menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon dibawah 0,3% (Harsono, 2000: 90). Baja karbon rendah dalam perdagangan dibuat dalam bentuk plat, profil, batangan untuk keperluan tempa, pekerjaan pemelasan dan lain-lain.

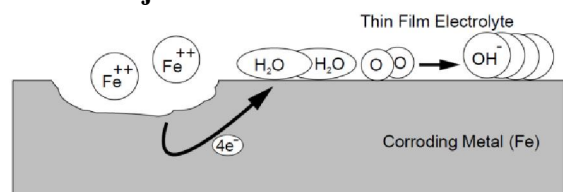
2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang adalah baja yang mengandung karbon antara 0,3 - 0,4%. Biasanya digunakan sebagai alat perkakas, baut, poros engkol, roda gigi, pegas dan lain-lain.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi adalah baja dengan kandungan karbon diatas 0,4% - 0,8%. Baja karbon ini banyak digunakan untuk keperluan pembuatan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi atau dalam penggunaannya akan menerima dan mengalami panas, misalnya landasan, palu, gergaji, bor, pahat, kikir dan sebagainya.

Korosi Baja



Gambar 2. Korosi Atmosferik pada Baja

Produk korosi terbentuk akibat lapisan pasif yang dihasilkan oleh baja ditembus oleh oksigen dan air sehingga terjadi reaksi redoks. Beda potensial antara logam dengan oksigen maupun air juga mempengaruhi reaksi tersebut (Pierre R. Roberge, 2000: 60).

Larutan Natrium Klorida (NaCl)

Natrium Klorida atau garam dapur merupakan salah satu garam yang di dalam air akan membentuk larutan elektrolit kuat. NaCl yang berbentuk kristal mengalami pelarutan yang disertai dengan penurunan suhu. Penurunan suhu yang terjadi pada saat melarutkan kristal NaCl ke dalam air menunjukkan bahwa antara kristal NaCl dan air terjadi suatu reaksi antar molekul – molekulnya (Margono, 1998: 132). Kristal NaCl yang dilarutkan dalam air akan menjadi partikel-partikel kecil dan akan ditarik oleh molekul air. Setelah molekul air dan molekul NaCl bergabung menjadi satu dan bereaksi sehingga akan sangat sulit untuk dibedakan. Campuran seperti ini biasa disebut dengan larutan.

Pelapisan Cat Epoxy

Salah satu usaha untuk mengendalikan terjadinya korosi adalah dengan pelapisan (*coating*). Pelapisan pada logam dapat dengan menggunakan logam atau dengan pengecatan. Pelapisan menggunakan logam adalah dengan menggunakan unsur logam lain untuk melapisi permukaan logam supaya tahan terhadap serangan korosi. Pelapisan menggunakan logam contohnya adalah dengan *chrom*.

Menurut SNI 03-2408-1991, pengecatan logam adalah pelapisan permukaan dengan bahan cat untuk menahan karat, menjadikan warna dasar serta memberikan pandangan yang indah dan merupakan pertahanan terhadap

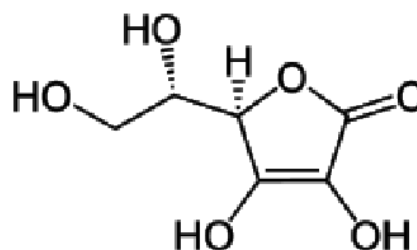
pengaruh-pengaruh destruktif terhadap cuaca.

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 lelehnya. Aplikasi dari cat *epoxy* adalah sebagai pelindung yang efisien dari korosi (N. Hammouda, dkk, 2011).

Inhibitor Asam Askorbat (AA)

Inhibitor adalah suatu zat yang bila ditambahkan dengan konsentrasi tertentu akan mengurangi laju korosi dan teradsorpsi membentuk suatu lapisan pelindung di permukaan logam untuk menghalangi reaksi langsung dengan lingkungan. Inhibitor terdiri dari anion ganda yang dapat masuk ke permukaan logam dan akan menghasilkan selaput lapisan tunggal yang kaya akan oksigen. Inhibitor ini umumnya terdiri atas ikatan yang mengandung kromat, fosfat, tungstat atau ion elemen transisi lainnya yang mudah teroksidasi (H. Zaini, 2003: 24).

Salah satu inhibitor organik adalah asam askorbat (AA) dengan struktur seperti pada gambar.

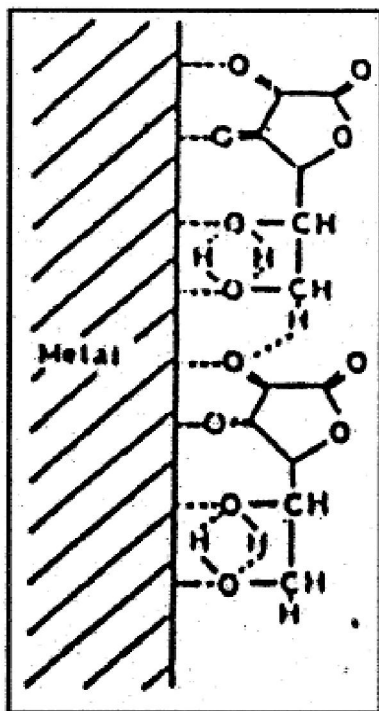


Gambar 3. Struktur Asam Askorbat

Asam askorbat merupakan senyawa organik yang mempunyai rumus kimia $C_6H_8O_6$, berbentuk kristal putih, tidak berbau, memiliki massa molar sebesar

176,12 g mol⁻¹, memiliki titik didih 190-192°C, kerapatan sebesar 1,65 g/cm³. Asam askorbat larut dalam air, 95% etanol, gliserol dan propilene glicol, serta asam ini tidak larut dalam dietil eter, kloroform, benzena dan minyak lemak. Inhibitor Asam Askorbat merupakan salah satu jenis inhibitor organik yang ramah lingkungan (Tjitro, Anggono & Hariyono, 1999: 31). Kristal AA stabil di udara, tetapi cepat teroksidasi dalam larutan dengan perlahan-lahan berdekomposisi menjadi *dehydroascorbic acid* (DAA). Selanjutnya secara berurutan akan berdekomposisi menjadi beberapa molekul asam dalam larutan hingga menjadi asam oksalat/*oxalic acid* (OA) dengan pH di atas 4.

Mekanisme inhibisi AA, yaitu teradsorpsi pada permukaan logam membentuk suatu bentangan dengan ikatan rangkap. Permukaan logam yang bereaksi dengan inhibitor AA ini akan terlindungi oleh lapisan pelindung tipis pada permukaannya.



Gambar 4. Terbentuknya Lapisan Pelindung pada Permukaan Logam

Ketika konsentrasi lebih dari 200 ppm, akan terbentuk suatu senyawa kompleks yang disebut kelat (*chelate*). Ion-ion logam, seperti ion besi, ion tembaga dalam larutan akan mengikat gugus-gugus AA yang bersifat negatif, kemudian membentuk senyawa kelat tersebut. Semakin banyak pembentukan senyawa kelat ini akan mengurangi efisiensi inhibisinya.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah AISI 1006. Sampel yang digunakan berukuran 3 x 20 x 30 mm berbentuk plat dan dilakukan pelapisan 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.

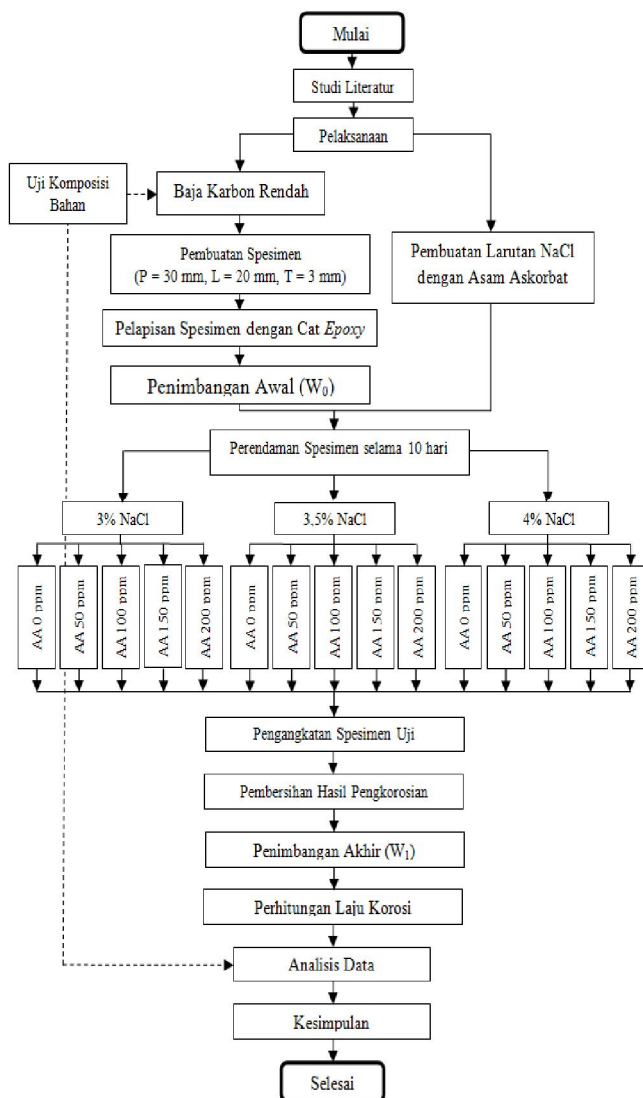
Tabel 1. Desain Penelitian

Konsentrasi Larutan NaCl	Konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat				
	0 ppm	50 ppm	100 ppm	150 ppm	200 ppm
3%	Y ₁₁₁	Y ₂₁₁	Y ₃₁₁	Y ₄₁₁	Y ₅₁₁
	Y ₁₁₂	Y ₂₁₂	Y ₃₁₂	Y ₄₁₂	Y ₅₁₂
	Y ₁₁₃	Y ₂₁₃	Y ₃₁₃	Y ₄₁₃	Y ₅₁₃
3,5%	Y ₁₂₁	Y ₂₂₁	Y ₃₂₁	Y ₄₂₁	Y ₅₂₁
	Y ₁₂₂	Y ₂₂₂	Y ₃₂₂	Y ₄₂₂	Y ₅₂₂
	Y ₁₂₃	Y ₂₂₃	Y ₃₂₃	Y ₄₂₃	Y ₅₂₃
4%	Y ₁₃₁	Y ₂₃₁	Y ₃₃₁	Y ₄₃₁	Y ₅₃₁
	Y ₁₃₂	Y ₂₃₂	Y ₃₃₂	Y ₄₃₂	Y ₅₃₂
	Y ₁₃₃	Y ₂₃₃	Y ₃₃₃	Y ₄₃₃	Y ₅₃₃

Tahap Eksperimen

Eksperimen penelitian ini diawali dengan pembuatan spesimen dari plat baja karbon rendah dengan pelapisan cat *epoxy*. Spesimen ditimbang kemudian direndam dalam larutan NaCl (3%, 3,5% dan 4%) berinhibitor Asam Askorbat dengan konsentrasi 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm dan 200 ppm 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 digunakan untuk menghitung besarnya laju korosi dengan menggunakan rumus perhitungan laju korosi metode *weight loss*.



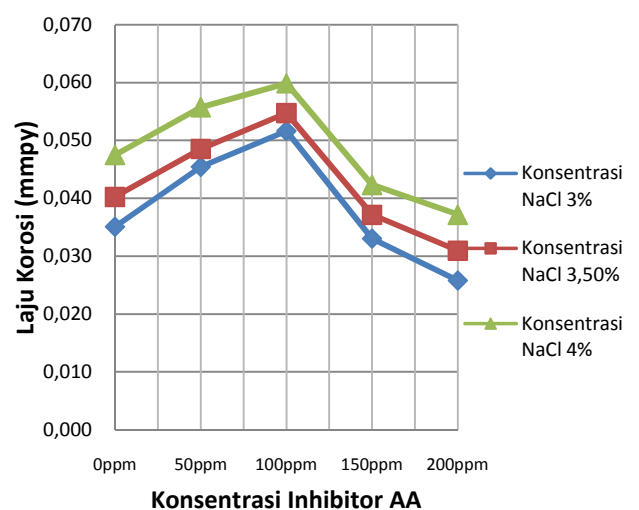
Gambar 5. Prosedur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Korosi

Tabel 2. Hasil Perhitungan Laju Korosi

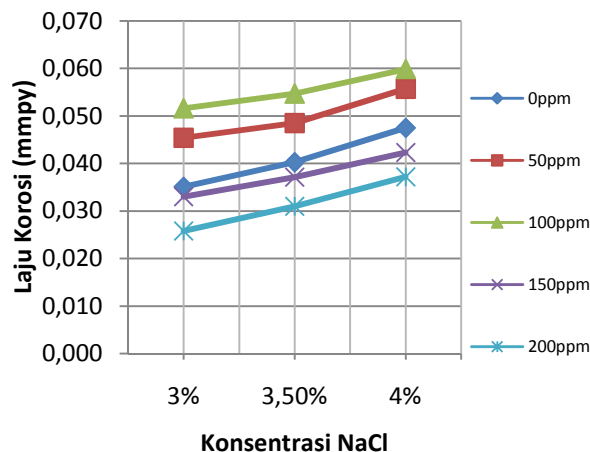
Variasi Larutan (%)	Variasi Inhibitor (ppm)	Berat Hilang (gr)	Laju Korosi (mmpy)	Rerata Laju Korosi (mmpy)
3	0	0,011	0,035	0,038
	50	0,015	0,045	
	100	0,017	0,052	
	150	0,011	0,033	
	200	0,008	0,026	
3,5	0	0,013	0,040	0,042
	50	0,016	0,049	
	100	0,018	0,055	
	150	0,012	0,037	
	200	0,010	0,031	
4	0	0,015	0,047	0,048
	50	0,018	0,056	
	100	0,019	0,060	
	150	0,014	0,042	
	200	0,012	0,037	



Gambar 6. Grafik Pengaruh Inhibitor AA terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Pasca Pelapisan Cat Epoxy

Berdasarkan Gambar 6. grafik hubungan antara konsentrasi AA dengan laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat epoxy diperoleh hasil laju

korosi tertinggi pada larutan NaCl 4% dengan penambahan inhibitor AA 100 ppm sebesar 0,060 mmpy. Laju korosi terendah pada larutan NaCl 3% dengan penambahan inhibitor AA 200 ppm sebesar 0,038 mmpy.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Pasca Pelapisan Cat Epoxy

Pada Gambar 7. grafik hubungan antara konsentrasi NaCl dengan laju korosi selalu meningkat dari konsentrasi 3% sampai dengan 4%.

Pembahasan

1. Pengaruh penambahan inhibitor terhadap laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat epoxy

Penambahan konsentrasi AA secara umum memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju korosi baja karbon rendah, hal ini dapat dilihat pada Tabel 2. perhitungan laju korosi. Secara khusus dapat dilihat rata-rata laju korosi pada konsentrasi AA 100 ppm > 50 ppm > 0 ppm > 150 > 200 ppm. Jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan 100 ppm AA menghasilkan laju korosi paling besar kemudian berturut – turut 50 ppm, 0 ppm, 150 ppm, dan 200 ppm.

Laju korosi tanpa penambahan inhibitor dapat dilihat pada Gambar 6. bukan merupakan laju korosi terendah maupun tertinggi dilihat dari variasi penambahan inhibitor di masing - masing larutan NaCl. Dalam hal ini, laju korosi dipengaruhi adanya pelapisan cat epoxy yang melapisi permukaan logam spesimen. Keberadaan cat epoxy mampu menghambat dan mengurangi intensitas reaksi logam dengan larutan NaCl.

Penambahan inhibitor AA 50 ppm pada larutan NaCl meningkatkan laju korosi pada spesimen baja karbon rendah. Peningkatan laju korosi ini disebabkan oleh inhibitor AA belum melakukan inhibisi karena dengan jumlah konsentrasi tersebut, AA yang teradsorpsi ke permukaan spesimen masih terlalu sedikit, sehingga masih banyak bagian permukaan logam yang belum terlindungi dari kontak dengan larutan NaCl. Bahkan dengan penambahan AA sebanyak 50 ppm justru sifatnya mudah berdekomposisi menjadi *dehydro-ascorbic acid* (DAA) sehingga mempengaruhi kondisi larutan menjadi semakin asam dan laju korosi menjadi semakin tinggi.

Penambahan inhibitor AA 100 ppm pada larutan NaCl meningkatkan laju korosi pada spesimen baja karbon rendah. Peningkatan laju korosi ini disebabkan oleh inhibitor AA belum melakukan inhibisi karena dengan jumlah konsentrasi tersebut, AA yang teradsorpsi ke permukaan spesimen masih terlalu sedikit, sehingga masih banyak bagian permukaan logam yang belum terlindungi dari kontak dengan larutan NaCl.

Pada konsentrasi AA sebesar 150 ppm mekanisme inhibisi yang dilakukan AA meningkat, tetapi beberapa bagian permukaan logam yang belum terlindungi terdorong untuk bereaksi dengan AA bebas (tidak teradsorpsi) dalam lingkungan membentuk senyawa kelat (chelat).

Pada konsentrasi AA sebesar 200 ppm terjadi penurunan daripada laju korosi pada konsentrasi 150 ppm. Mekanisme inhibisi yang dilakukan AA konsentrasi 200 ppm sama dengan ketika konsentrasi 150 ppm, tetapi dengan konsentrasi AA 200 ppm maka AA yang teradsorpsi hampir seluruh permukaan logam mampu melindungi permukaan logam dari kontak langsung dengan lingkungan, sehingga laju korosi akan turun dan mencapai minimum. Laju korosi ini juga dipengaruhi juga adanya pelapisan cat *epoxy* dimana keduanya saling melengkapi.

2. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat *epoxy*

Pengaruh NaCl pada larutan dengan variasi penambahan AA terjadi ketika ion Cl^- yang merupakan ion agresif dari golongan asam kuat merusak lapisan oksida baja. Permukaan logam akan berkecenderungan untuk kontak langsung dengan larutan semakin besar, hal ini menimbulkan pelarutan ion logam oleh ion Cl^- meningkat. Peningkatan laju korosi dibuktikan dengan data yang didapat disajikan pada Gambar 7. dan Tabel 2. Pengaruh dari konsentrasi NaCl dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaCl maka semakin tinggi

pula laju korosi yang terjadi pada baja karbon rendah.

3. Pengaruh interaksi konsentrasi NaCl dan inhibitor AA terhadap laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat *epoxy*.

Hasil komparasi laju korosi menunjukkan bahwa setiap perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda – beda terhadap laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat *epoxy*. Hasil perhitungan laju korosi juga menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi antara NaCl dan AA tidak terlalu besar. Hal serupa dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7, dimana garis – garis grafik tidak menunjukkan perpotongan. Hal tersebut terjadi karena kurangnya variasi konsentrasi larutan NaCl maupun AA yang digunakan dalam penelitian.

KESIMPULAN

1. Terdapat pengaruh konsentrasi inhibitor AA terhadap laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat *epoxy*, penambahan AA dengan konsentrasi di bawah 100 ppm mengalami peningkatan laju korosi, sedangkan penambahan AA dengan konsentrasi di atas 100 ppm mengalami penurunan laju korosi..
2. Terdapat pengaruh konsentrasi NaCl terhadap laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat *epoxy*. Semakin besar konsentrasi NaCl semakin besar pula laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat *epoxy*.
3. Terdapat interaksi pengaruh antara konsentrasi AA dan konsentrasi NaCl terhadap laju korosi baja karbon rendah pasca pelapisan cat *epoxy*.

Semakin besar konsentrasi NaCl maka semakin besar pula AA yang harus ditambahkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2006). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- American Standar Testing and Material. (1987). *ASTM G31-72: Standard Practice for Laboratory Immersion Testing of Metals*. West Conshohocken: ASTM.
- American Standar Testing and Material. (1999). *ASTM G1: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens*. West Conshohocken: ASTM.
- Bayuseno, A.P. (2009). *Analisis Laju Korosi pada Baja untuk Material Kapal dengan dan Tanpa Perlindungan Cat*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- 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.
- Febriyanti, E. (2008). *Studi Pengaruh Penambahan NaCl (ppm) dan Peningkatan pH Larutan terhadap Laju Korosi Baja Karbon dari Bijih Besi Hematite dan Bijih Besi Laterite*. Depok: Universitas Indonesia.
- Fontana, M. G. (1987). *Corrosion Engineering*. New York: Mc Graw Hill.
- Gunaatmaja, A. (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., Chandli, H., Guillemot, G. & Belmokre, K. (2011). The Corrosion Protection Behaviour of inc Rich Epoxy in 3% NaCl Solution. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 1, 51-60. Diperoleh 15 Maret 2013, dari <http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?paperID=4609>.
- Margono. 1998. *Kimia*. Surakarta: Widya Duta.
- Roberge, P. R. (2000). *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Saputra, R. (2011). *Studi Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Teh Rosella (Hibiscus Sabdariffa) Sebagai Green Corrosion Inhibitor untuk Material Baja Karbon Rendah di Lingkungan NaCl 3% pada Temperatur 40 Derajat Celsius*. Depok: Universitas Indonesia.
- Sudjana. (1991). *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

- 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.
- Zaini, H. (2003). *Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Asam Askorbat (Vitamin C) terhadap Laju Korosi Baja Karbon Medium K-945/EMS-45 dalam Larutan Natrium Klorida*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

DAFTAR SIMBOL

CPR = *Corrosion Penetration Rate*
(laju korosi) (mmpy)

W = Pengurangan berat (gram)

K = Konstanta ($8,76 \times 10^4$)

D = Densitas atau rapatan bahan
(gr/cm^3)

A = Luas permukaan bahan (cm^2)

T = Lamanya korosi berlangsung (jam)