

PENGARUH KONDISI TANAH ASAM DAN CACAT GORES BERBENTUK PERSEGI PANJANG PADA LAPIS LINDUNG TERHADAP KEBUTUHAN ARUS PROTEKSI SISTEM IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP) DENGAN MENGGUNAKAN BAJA AISI 1045

Tubagus Noor Rohmannudin, Sulistijono, Faris Putra Ardiansyah

*Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jalan Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
roma_r2001@yahoo.com*

ABSTRACT

Corrosion is degradation of the metal due to an oxidation reaction between the metal with many substances that exist in the environment around them and form undesirable compounds. Corrosion can not be prevented, but still can be controlled its speed. One of the corrosion control process in a material can be used a coating and cathodic protection by providing a forced flow. At this time the research conducted will learn about the effect of the rectangular scratch defect and the acid soil pH to the needs of current protection in the impressed current cathodic protection system (ICCP). The variation of given scratch is rectangular with each area of 10 mm², 50 mm², 100 mm², 150 mm², 250 mm² and 500 mm². While the differences in soil pH use is pH 3, pH 5, and pH 7. Then there is also a specimen without scratch and without layers of protection that is used as a comparison. In the ICCP system installation, AISI 1045 steel is used as the cathode and graphite as the anode. The system used a rectifier that is useful for current rectifier. The flow of the ICCP protection is set such that the value of the potential difference can reach -850 mV against the reference electrode Cu / CuSO₄. Measurement of the current protection on the ICCP system performed during the 7 days with daily data retrieval. After obtained the measurement of the current protection value, showed that the greatest current protection value with 500 mm² defect area in acidic soils (pH 3) that is equal to 1.696 mA. While the smallest current protection in area of 10 mm² with normal soil that is equal to 0.032 mA. The influence of these two variables were calculated using multiple regression statistical analysis so as to get the equation $Y = 0,11 + 0,008 X_1 + 0,0004 X_2$. Where the value of X_1 as soil pH conditions, X_2 as scratch defect, and Y as current protection.

Keywords: Acid Soil pH, AISI 1045 Steel, ICCP, Protection Current, Rectangular Scratch Defect

1. PENDAHULUAN

Penggunaan struktur yang terbuat dari besi dan baja kini memiliki peranan yang sangat penting dalam dunia industri terutama pada penggunaan untuk saluran air, saluran gas, maupun tiang konstruksi. Struktur yang diaplikasikan pada kegiatan tersebut didesain sedemikian rupa agar dapat dipakai hingga 30-50 tahun. Namun pada kenyataannya timbul banyak permasalahan yang menyebabkan turunnya kualitas baja tersebut hingga terjadi kerusakan yang sangat parah.

Hal ini dikarenakan korosi yang menjadi penyebab utama terhadap kegagalan material dimana dampak yang ditimbulkan akan berimbas pada lingkungan dan ekonomi. Oleh karena itu, berbagai upaya terus dilakukan guna untuk mempertahankan masa pemakaian yang lebih lama dan sesuai standar.

Selain itu, kondisi pada struktur yang dipendam didalam tanah dapat membuat masalah menjadi lebih kompleks. Pada umumnya, korosi pada tanah dapat dibatasi dengan pengukuran resistivitas tanah dan

potensial struktur terhadap tanah. Namun setelah diteliti kembali masih terdapat banyak faktor yang dapat menyebabkan timbulnya korosi pada tanah, diantaranya ialah jenis tanah, kelembaban, pH tanah, dan cacat/goresan pada baja yang dapat menimbulkan korosi sumuran. Pelapisan (*Coating*) menjadi solusi untuk menjaga kestabilan dan penghalang terhadap lingkungan korosif untuk mengurangi laju degradasi. Lapisan tambahan diberikan untuk mengisolasi struktur agar terhindar dari lingkungan luar yang dapat menimbulkan korosi.

Namun pada kenyataannya, tak jarang saat proses pemasangan *coating* terdapat ketidaksempurnaan sehingga timbul goresan atau sobekan. Usaha lain yang dapat dilakukan untuk mengendalikan korosi ialah dengan menggunakan proteksi katodik metode *Impressed Current Cathodic Protection* (ICCP). Sistem proteksi ini dapat melindungi baja yang relatif besar dengan memberikan sejumlah arus secara paksa yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Dengan keuntungan yang lebih fleksibel dalam mengendalikan korosi pada struktur baja konstruksi yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian ini. Pada penelitian ini akan dibahas karakteristik tanah pada tingkat keasaman yang berbeda-beda terhadap kebutuhan arus proteksi yang dibutuhkan oleh struktur baja yang dipendam didalam tanah. Selain itu, variabel lain yang diteliti ialah variasi cacat gores yang diberikan pada lapis lindung diharapkan memiliki pengaruh pada kebutuhan proteksi katodik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Proteksi katodik digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam. Proses yang dilakukan biasanya berupa reaksi elektrokimia dimana logam yang dilindungi akan bertindak sebagai katoda. Arus mengalir berasal dari anoda melalui sel elektrolit menuju ke katoda. Sehingga kemampuan proteksi terhadap katoda dapat dicapai dengan mengalirkan

arus listrik tersebut. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 1045 yang mempunyai komposisi seperti pada tabel 1. Anoda grafit yang berfungsi sebagai anoda dipilih karena memiliki laju konsumsi yang rendah dan tergolong dalam logam yang inert. Untuk *coating*/lapis lindung yang digunakan adalah cat *zinc chromate* dan *epoxy filler* dengan tambahan hardener. Dan yang terakhir untuk mengubah kondisi pH tanah dapat ditambahkan dengan larutan aquades yang dicampurkan dengan HCl untuk mengubah tanah menjadi asam.

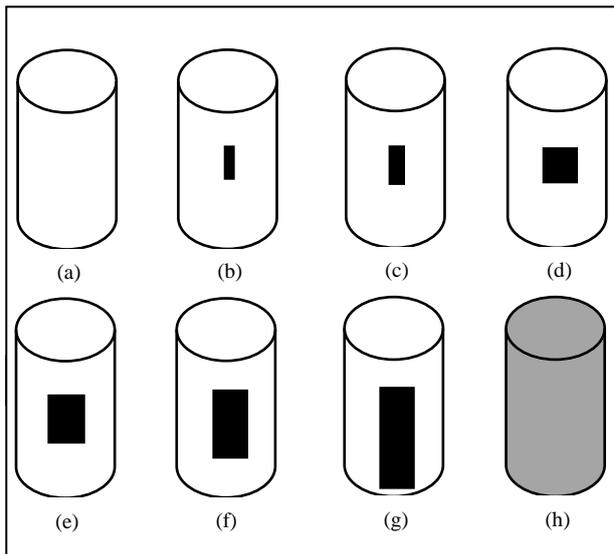
Tabel 1.
Komposisi Kimia Baja AISI 1045

Unsur	% berat
C	0,45
Si	0,25
Mn	0,6
P	0,01
S	0,002
Cu	0,04

Tabel 2.
Spesifikasi Anoda Grafit

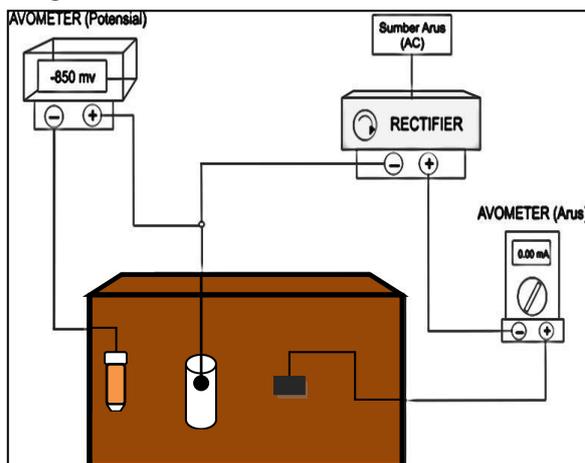
Spesifikasi	Keterangan
Kategori	Impregnated Epoxy Resin (H)
Model	M120H
Bentuk	Tubular
Dimensi	p=138 mm ; d = 36 mm
Massa pakai	20 tahun
Komposisi Kimia	99.8% Carbon; 0.2% Ash
Laju konsumsi	0.1-1kg/A.Year

Langkah penelitian ini diawali dengan preparasi baja yang bertindak sebagai katoda. Baja dipotong menjadi 24 bagian dengan gergaji mesin hingga mendapatkan dimensi masing-masing panjang 100 mm dan diameter 20 mm. Melubangi spesimen katoda dengan mengebor salah satu ujungnya untuk tempat pemasangan kabel katoda. Pembuatan tanda goresan dapat dilakukan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Spesimen Katoda dengan Goresan Berbentuk Persegi Panjang Seluas: (a) 0 mm^2 (*Full Coating*), (b) 10 mm^2 , (c) 50 mm^2 , (d) 100 mm^2 , (e) 150 mm^2 , (f) 250 mm^2 , (g) 500 mm^2 , (h) Tanpa *Coating*

Langkah selanjutnya dengan melakukan pelapisan cat *zinc chromate* dan *epoxy filler* sebanyak 2 lapis. Untuk anoda grafit dipotong hingga berukuran tebal $\pm 10 \text{ mm}$ dan dengan diameter 36 mm . Katoda dan anoda dihubungkan melalui kabel tembaga dengan *rectifier* sebagai penyearah arus. Kabel tembaga pada baja dihubungkan ke kutub negatif (-) *rectifier* sedangkan kabel tembaga pada anoda grafit dihubungkan ke kutub positif (+) *rectifier*. Rangkaian menggunakan dua avometer untuk menghitung potensial kerja dan arus dalam rangkaian ICCP.



Gambar 2. Rangkaian ICCP

Pada penelitian ini menggunakan media tanah yang berbeda-beda. Terdapat 3 perbedaan pH tanah yang akan diujikan. Pengambilan media tanah yang berbeda ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kebutuhan arus proteksi yang dibutuhkan pada lingkungan tanah yang asam hingga netral. Untuk mengubah pH tanah menjadi asam dapat ditambahkan dengan larutan Asam Klorida (HCl) sesuai dengan kebutuhan.

Rangkaian yang telah dipasang dapat diukur kebutuhan arus proteksi yang digunakan pada sistem ICCP ini. Metode pengukuran yang digunakan mengacu kepada *half-cell potensial* (potensial elektroda setengah sel). Elektroda acuan yang digunakan pada sistem ini adalah elektroda acuan Cu/CuSO_4 . Dengan mendapatkan nilai potensial terhadap elektroda acuannya, maka arus proteksi yang digunakan dapat diatur dengan sedemikian rupa sehingga nilai potensial yang bekerja pada spesimen dapat berada dalam kondisi imun/dapat terproteksi.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai arus proteksi dengan melakukan pengukuran setiap hari selama 7 hari. Hal ini mengacu pada standard NACE TM0169-2000 "*Laboratory Corrosion Testing of Metals*". Data arus proteksi pada sistem didapatkan setelah arus tersebut diatur sehingga nilai potensial yang bekerja berada pada -850 mV dimana baja akan mulai terproteksi. Pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali agar mendapatkan nilai arus proteksi yang lebih tepat dan pengukuran tersebut diambil nilai rata-ratanya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran potensial awal dilakukan pada baja AISI 1045 sebelum instalasi ICCP dinyalakan. Nilai potensial awal ini berfungsi untuk mengetahui nilai potensial sebelum dan sesudah instalasi ICCP yang selanjutnya dapat digunakan sebagai patokan untuk menentukan arus proteksinya.

Tabel 3.
Hasil Nilai Potensial Awal
(a) Kondisi Tanah pH 3

pH Tanah	Luas Goresan (mm ²)	Potensial Korosi (-mV)
3	10	755
	50	730
	100	745
	150	710
	250	702
	500	698
	Tanpa Goresan	778
	Tanpa Coating	701

(b) Kondisi Tanah pH 5

pH Tanah	Luas Goresan (mm ²)	Potensial Korosi (-mV)
5	10	763
	50	746
	100	744
	150	712
	250	705
	500	713
	Tanpa Goresan	779
	Tanpa Coating	714

(c) Kondisi Tanah pH 7

pH Tanah	Luas Goresan (mm ²)	Potensial Korosi (-mV)
7	10	776
	50	755
	100	764
	150	739
	250	718
	500	723
	Tanpa Goresan	782
	Tanpa Coating	720

Tabel 4.
Hasil Pengukuran Rata-Rata Arus Proteksi
(a) Kondisi Tanah pH 3

pH Tanah	Luas Goresan (mm ²)	Arus Proteksi (mA)
3	10	0,038
	50	0,076
	100	0,182
	150	0,712
	250	1,292
	500	1,696
	Tanpa Goresan	0,023
	Tanpa Coating	3,595

(b) Kondisi Tanah pH 5

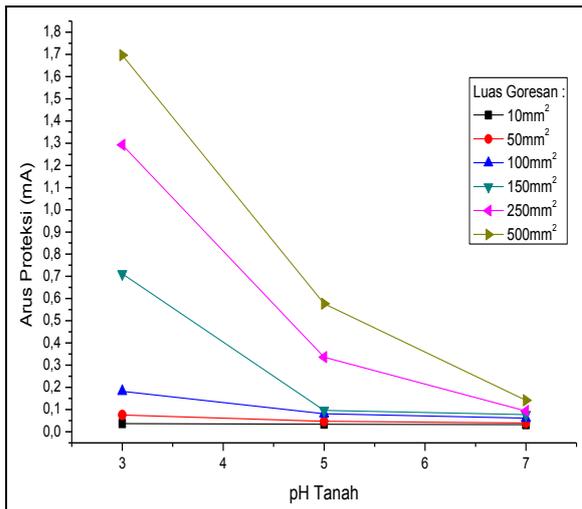
pH Tanah	Luas Goresan (mm ²)	Arus Proteksi (mA)
5	10	0,034
	50	0,047
	100	0,081
	150	0,096
	250	0,336
	500	0,577
	Tanpa Goresan	0,020
	Tanpa Coating	3,452

(c) Kondisi Tanah pH 7

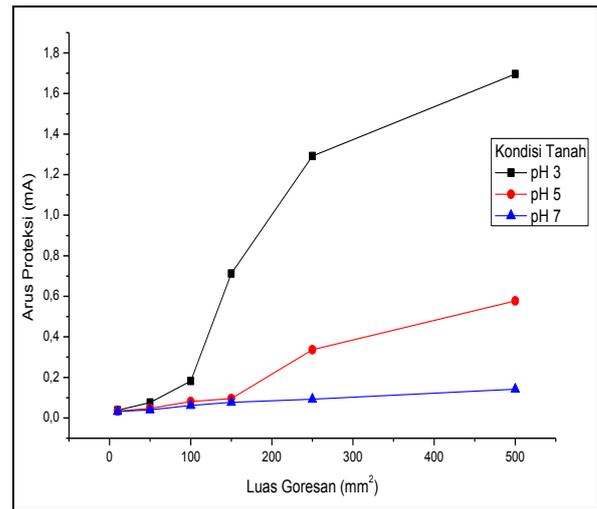
pH Tanah	Luas Goresan (mm ²)	Arus Proteksi (mA)
7	10	0,032
	50	0,040
	100	0,061
	150	0,077
	250	0,093
	500	0,142
	Tanpa Goresan	0,014
	Tanpa Coating	1,949

Setelah mengukur potensial awal, maka rangkaian ICCP dapat dinyalakan dengan mengatur keluaran arus sehingga potensial kerja berada pada -850 mV dimana baja dapat terproteksi. Hasil akhir yang didapatkan berupa nilai rata-rata arus proteksi sebagai berikut :

Berdasarkan data rata-rata arus proteksi yang telah didapatkan maka hasil yang ada dilanjutkan dengan memplotkan hingga didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik Pengaruh Arus Proteksi Terhadap Kondisi pH Tanah



Gambar 4. Grafik Pengaruh Arus Proteksi Terhadap Variasi Cacat Goresan

Dengan kondisi cacat goresan yang sama, berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa pemasangan instalasi ICCP didalam tanah dengan nilai pH yang semakin asam maka dibutuhkan nilai arus proteksi yang semakin tinggi, sebaliknya apabila kondisi tanah memiliki kecenderungan menuju ke daerah basa maka arus proteksi yang dibutuhkan semakin kecil. Pada kondisi baja yang tidak tertutup oleh lapis lindung, arus proteksi pada kondisi tanah dengan pH 3 membutuhkan 3,595 mA. Sedangkan pada pH 5 membutuhkan arus 3,452 mA dan untuk pH 7 membutuhkan arus 1,949 mA. Selisih kenaikan arus proteksi yang dibutuhkan cukup tinggi. Dari tanah dengan kondisi netral (pH 7) menuju ke kondisi yang cukup asam (pH 5) terjadi peningkatan sebesar 43,54%. Sedangkan tanah dengan kondisi cukup asam (pH 5) menuju ke kondisi yang asam (pH 3) terjadi peningkatan sebesar 3,97%. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tanah yang memiliki pH<4 akan memiliki tingkat agresifitas korosi yang sangat tinggi. Sehingga untuk melindungi baja tersebut diperlukan keluaran arus proteksi yang besar pula. Pada kondisi tanah dengan pH lebih dari 4 memiliki kemampuan untuk membentuk lapisan pasif yang bersifat protektif pada permukaan logam. Lapisan ini biasanya terbentuk dari oksida logam yang berfungsi sebagai pemisah antara logam dengan lingkungannya.

Pengukuran arus proteksi dilanjutkan dengan membandingkan terhadap variasi cacat goresan yang diberikan. Pada kondisi pH tanah yang sama, semakin besar luas goresan yang diberikan pada baja maka akan semakin besar pula arus proteksi yang diberikan. Sebagai contoh pada kondisi tanah dengan pH 7, telah diberikan cacat goresan dengan luasan 10 mm², 50 mm², 100 mm², 150 mm², 250 mm², dan 500 mm². Arus yang diberikan secara berturut-turut adalah 0,032 mA; 0,04 mA; 0,061 mA; 0,077 mA; 0,093 mA; dan 0,142 mA. Hal ini dapat terjadi akibat adanya daerah pada permukaan logam yang terekspos langsung dengan lingkungannya. Sehingga dapat mengakibatkan terjadinya reaksi oksidasi yang berlanjut dengan adanya inisiasi korosi. Oleh karena itu, dibutuhkan pasokan elektron yang semakin tinggi guna menghindari terjadinya korosi yang lebih parah.

Analisa selanjutnya dengan menggunakan metode statistika. Untuk menentukan adanya suatu hubungan variabel sebabnya yaitu pH tanah dan variasi cacat goresan terhadap variabel terikat untuk arus proteksinya.

$$Y = 0,11 + 0,008 X_1 + 0,0004 X_2. \quad (1)$$

Dimana nilai X₁ untuk kondisi pH tanah dari kondisi tanah pH 3 hingga pH 7, X₂ untuk luas cacat goresan dengan rentan luas 0 mm² hingga 6908 mm², dan Y untuk arus proteksi dalam satuan mA. Untuk menguji kekuatan pengaruh dari kondisi pH tanah

dan variasi cacat goresan terhadap arus proteksi, digunakan uji korelasi *pearson* dan uji korelasi berganda. Dari hasil uji korelasi *pearson* didapatkan bahwa hubungan antara kondisi pH tanah dengan kebutuhan arus proteksi memiliki kategori yang sedang sebesar 0,381 ($0,2 < r < 0,4$). Sedangkan untuk variabel variasi cacat goresan terhadap kebutuhan arus memiliki hubungan yang kuat yaitu sebesar 0,735 ($0,6 < r < 0,8$)

Perhitungan dilanjutkan mendapatkan nilai korelasi berganda sebesar 0,828. Artinya pengaruh yang ditimbulkan oleh kedua variabel ini sangatlah kuat, sehingga apabila pH tanah dan variasi cacat goresan memiliki nilai yang tinggi maka secara otomatis nilai arus proteksi yang dibutuhkan akan semakin tinggi. Adapun kontribusi secara simultan kedua variabel tersebut sebesar : $(0,828)^2 \times 100\% = 69\%$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Terdapat pengaruh yang ditimbulkan oleh kondisi pH tanah yang berbeda-beda terhadap kebutuhan arus proteksinya. Dengan membandingkan pada luas cacat goresan yang sama, arus proteksi yang dibutuhkan pada baja akan semakin turun dengan meningkatnya derajat keasaman tanah dari pH 3 hingga pH 7
2. Sama halnya dengan pH tanah, variasi cacat goresan pada lapis lindung dapat mempengaruhi nilai proteksi yang diberikan pada baja. Pada kondisi pH tanah yang sama, arus proteksi yang dibutuhkan cenderung meningkat seiring meluasnya cacat goresan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bardal, Einar. 2003. *Corrosion and Protection*. Trondheim : Norway
- Bofardi, B.P. 1985. *Control of Environmental Variables in Water Recirculating Systems*. New Jersey : Noyes Publications
- Callister, W. 2006. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*

Seventh Edition. USA : John Wiley & Sons Inc

Chemical Composition of AISI 1045. Diakses tahun 2014. (Online) Available at <http://www.strindustries.com>

Fontana, Mars G. 1996. *Corrosion Engineering 2nd Edition*. Singapore: McGraw-Hill International.

NACE SP0169-2007, Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems. Diakses tahun 2014. (Online) Available at <http://www.nace.org>

NACE TM 0169-95. *Laboratory Corrosion Testing of Metals*

Peabody, A.W. 2001. "Control of Pipeline Corrosion," Edited by Ronald L Bianchetti, Texas: NACE International the Corrosion Society

Shobah, M. Nurus. 2014. *Pengaruh Goresan Lapis Lindung dan Salinitas Air Laut Terhadap Arus Proteksi Sistem Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) pada Pipa API 5L Grade B,* Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Wu, J. Dkk. 2009. *The Influence of Coating Damage on The ICCP Cathodic Protection Effect*. Luoyang Ship Material Research Institute. P.R.China