

# ANALYSIS OF CATHODIC PROTECTION SYSTEM TYPE OF VICTIM ANODES USING MAGNESIUM AND ZINC

Haris Wicaksono\*, Bambang Sulaksono

Jurusan Teknik Mesin ,Fakultas Teknik, Universitas Pancasila

\*corresponding author: harisnajemun4@gmail.com

**Abstract.** Corrosion is a serious problem in the industrial world, one way to prevent corrosion is to use cathodic protection of sacrificial anodes, PT X has a 4874 meter gas pipeline that corrects corrosion, needs to be improved cathodic protection system of the gas pipeline, analysis of the cathodic protection system It uses a soil resistance meter, pH meter, and a multimeter. Field data that can prove the lowest potential value is -301 mV then for the lowest soil pH is 4 and the lowest soil resistance is 315 ohms. So the results required require a magnesium victim anode of 1 fruit and for swampy and flooded areas can use anode zinc type victims

**Keywords:** Corrosion, Cathodic Protection System, Victim Anode.

**Abstrak.** Korosi merupakan masalah yang serius di dunia industri, salah satu cara untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan menggunakan proteksi katodik anoda korban, PT X mempunyai pipa gas sepanjang 4874 Meter yang mengalami korosi, sehingga perlu dilakukan analisa sistem proteksi katodik dari pipa gas tersebut, analisa sistem proteksi katodik tersebut menggunakan alat soil resistan meter, pH meter dan multimeter. Data lapangan yang di dapat menunjukkan bahwa nilai potensial terendah adalah -301 mV kemudian untuk pH tanah terendah adalah 4 dan tahanan tanah yang terendah adalah 315 ohm.cm sehingga dari hasil perhitungan perlu penambahan anoda korban magnesium sebanyak 1 buah dan untuk daerah yang berawa dan banjir dapat menggunakan anoda korban jenis zink.

**Kata kunci:** Korosi, Sistem Proteksi Katodik, Anoda Korban.

---

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Korosi merupakan hal yang serius untuk diwaspadai dalam dunia industri, terutama industri-industri yang banyak menggunakan logam yang dalam keadaan panas maupun logam dalam keadaan dingin, banyak sekali metode-metode untuk mengendalikan laju korosi, salah satunya adalah dengan sistem proteksi katodik anoda korban yang pada intinya sistem ini mengorbankan logam lain untuk terkorosi dari pada logam inti yang ingin dijaga dari serangan korosi. Namun sistem proteksi katodik anoda korban ini dapat terjadi penurunan kemampuan dalam melindungi logam inti sehingga logam tersebut lambat laun akan mengalami korosi, oleh sebab itu perlu dilakukan analisa sistem proteksi katodik dan melakukan optimalisasi sistem katodik anoda korban.

Sebagai referensi, pengambilan data dilakukan di PT. X yang merupakan perusahaan dalam

bidang transportasi dan distribusi gas bumi. Salah satu elemen yang memegang peranan penting sebagai rantai produksinya adalah penggunaan jaringan pipa. Jaringan pipa digunakan sebagai komponen utama untuk menyalurkan gas dari produsen ke *shipper* kemudian dari *shipper* didistribusikan ke pelanggan industri maupun rumah tangga. Sesuai dengan peraturan Kementerian Pertambangan dan Energi No. 300. K/38/M.PE/1997 mengenai Keselamatan Kerja Pipa Penyalur Minyak Bumi dan Gas, bahwa pipa transmisi gas dan pipa induk yang digelar didaratannya wajib ditanam dengan kedalaman minimum 1(satu) meter dari permukaan tanah. Namun penempatan jaringan pipa baja di dalam tanah dapat menyebabkan material pipa terancam korosi akibat berinteraksi dengan lingkungan. Sebagai contoh yang terjadi di jalur pipa Stasiun Penerima Gas Pagardewa,

terdapat pipa yang telah terserang korosi sebagai berikut:



**Gambar 1.** Korosi di pipa

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas perlu dilakukan analisa sistem proteksi katodik. Analisis ini dilakukan pada sistem proteksi katodik jenis anoda korban dengan menggunakan elektroda magnesium dan zink sehingga diharapkan dapat melindungi pipa terhadap korosi.

### Studi Pustaka

Korosi adalah Pengaruh lingkungan sekitar dapat menyebabkan terjadinya proses degradasi atau perusakan material, proses inilah yang disebut dengan Korosi. Beberapa pakar mendefinisikan korosi sebagai berikut [1]:

- perusakan material tanpa perusakan material merupakan korosi
- kebalikan dari metallurgi ekstraktif adalah korosi
- sistem termodinamika logam dengan lingkungan (udara, air, tanah), yang berusaha mencapai kesetimbangan merupakan suatu korosi.

Berikut adalah tahapan perhitungan yang harus dilakukan untuk aplikasi sistem proteksi katodik anoda korban pada pipa, adalah sebagai berikut [5]:

### Menentukan luas Permukaan Struktur yang akan di produksi

$$S_A = \pi \cdot OD \cdot L \quad (1)$$

Dimana:

$S_A$  : Luas permukaan ( $m^2$ )

OD : Diameter pipa (m)

L : Panjang pipa (m)

### Menentukan Coating Breakdown

$$fc \text{ (average)} = 1 - \frac{(1-k_1^2)}{2k_2 t_r} \quad (2)$$

$f$  : Coating Breakdown (%)

$k_1$  : konstanta

$K_2$  : konstanta

Tr : Umur pipa (tahun)

**Tabel 1.** Constants ( $k_1$  and  $k_2$ ) for calculation of coating breakdown [9]

| Category | Description   | $k_1$ | $k_2$<br>$0-30m$ | $k_2$<br>$>30m$ |
|----------|---|-------|------------------|-----------------|
| I        | One layer of primer coat, about 50 $\mu m$ nominal DFT.   | 0.10  | 0.10             | 0.05            |
| II       | One layer of primer coat, plus minimum one layer of intermediate top coat, 150 - 250 $\mu m$ nominal DFT. | 0.05  | 0.03             | 0.02            |
| III      | One layer of primer coat, plus minimum two layers of intermediate/top coats, 300 $\mu m$ nominal DFT.     | 0.02  | 0.015            | 0.012           |
| IV       | One layer of primer coat, plus minimum three layers of intermediate/top coats, 450 $\mu m$ nominal DFT.   | 0.02  | 0.012            | 0.012           |

### Menentukan luas permukaan pipa cacat coating

Setelah dihitung presentase *coating breakdown* maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan luasan permukaan pipa yang mengalami *coating breakdown*, rumus yang digunakan:

$$A^1 = S_A \cdot Fc \quad (3)$$

Dimana:

$A^1$  : Luasan *coating breakdown* ( $m^2$ )

$S_A$  : Luas Permukaan ( $m^2$ )

$f_c$  : Coating Breakdown (%)

### Menentukan kebutuhan arus proteksi total:

$$I = \frac{5 \cdot m \cdot A}{m^2} \quad (4)$$

Dimana:

$I$  : Kebutuhan Arus Total (A)

$A^1$  : Luasan *coating breakdown* ( $m^2$ )

### Menghitung Tahanan Anoda

Tahanan anoda ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu dimensi anoda, tahanan tanah dan posisi instalasi. Anoda yang dipasang secara vertikal dan horizontal akan memiliki tahanan yang berbeda. Berikut adalah rumus untuk menghitung tahanan anoda.

Instalasi horizontal:

$$R_h = (\rho/2\pi L)[\ln(4L/D)-1] \quad (5)$$

Instalasi Vertikal:

$$R_v = (\rho/2\pi L)[\ln(8L/D)-1] \quad (6)$$

Dimana:

- $R_h$  : Tahanan anoda horizontal (Ohm)
- P : Tahanan tanah di kedalaman anoda ditanam (Ohm.cm)
- L : Panjang anoda termasuk *backfill* (cm)
- D : Diameter anoda termasuk *backfill* (cm)

### Menghitung arus keluaran anoda

Untuk mengetahui arus keluaran anoda, maka berlaku hukum Ohm, yaitu arus adalah tegangan dibagi dengan tahanannya. Setelah diketahui tahanan anoda, maka untuk tegangannya, yang berpengaruh adalah tegangan dorong (*Driving Voltage*) yang merupakan selisih antara tegangan anoda dan tegangan proteksi yang dikehendaki, berikut rumus menghitung arus keluaran anoda:

$$I_{Anoda} = (E_{Anoda} - E_{Proteksi})/R_{Anoda} \quad (7)$$

Dimana:

- $I_{Anoda}$  : Arus keluar dari tiap anoda (mA)
- $E_{Anoda}$  : Potensial anoda (mVolt)
- $E_{proteksi}$  : Potensial proteksi (mVolt)
- $R_{Anoda}$  : Tahanan anoda (ohm)

**Tabel 2.** Data yang didapat dari lapangan.

| Material Pipa                       | Carbon Steel              |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Jenis pipa                          | API 5L Grade X 42 NPS 28” |
| Tebal pipa (T)                      | 11,9 mm                   |
| Diameter luar (OD)                  | 28 Inci                   |
| Panjang pipa (L)                    | 4874 m                    |
| Kedalamam pipa (h)                  | 1,5 m                     |
| <b>Jenis anoda korban Magnesium</b> |                           |
| Berat anoda korban                  | 14,5 Kg (32lb)            |
| Panjang anoda                       | 20 cm                     |
| Potensial magnesium                 | 1550 mV                   |

### Menghitung Total Jumlah anoda

$$N_{Anoda} = \frac{I}{I_{anoda}} \quad (8)$$

Dimana

$N_{Anoda}$  : Jumlah anoda yang dibutuhkan (buah)

$I_{anoda}$  : Arus keluar dari tiap anoda (mA)

$I$  : Kebutuhan Arus Total (mA)

### Menentukan usia proteksi homogen anoda.

Setelah seluruh arus keluaran dibandingkan dengan kebutuhan arus, maka akan kita dapat perkiraan usia anoda dengan metode berikut:

$$U = \frac{0.116 \cdot W \cdot \eta \cdot U_f}{I_{anoda}} \quad (9)$$

Dimana:

$U$  : Umur tiap anoda (tahun)

$W$  : Berat Anoda (lb)

$\eta$  : Efisiensi anoda

$I_{Anoda}$  : Arus keluar dari tiap anoda (A)

$U_f$  : Faktor utilisasi (faktor kegunaan anoda)

### Menentukan jumlah anoda yang dibutuhkan selama pipa beroperasi

Menentukan jumlah anoda yang dibutuhkan selama pipa beroperasi dengan rumus sebagai berikut:

$$N_{total} = \frac{T}{U} \cdot N_{anoda} \quad (10)$$

$N_{total}$  : Jumlah total anoda dalam kurun waktu (buah)

$T$  : Rencana umur pipa (tahun)

$U$  : Umur tiap anoda (tahun)

### Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data lapangan didapatkan data sebagai berikut:

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| <b>Konduktivitas coating</b>   | 0,002 mho/km |
| Efisiensi anoda                | 50 %         |
| Tebal anoda                    | 6 mm         |
| <b>Jenis anoda korban Zinc</b> |              |
| Panjang anoda                  | 152,4 cm     |
| Diameter                       | 7,12 cm      |
| Efisiensi anoda                | 95 %         |
| Potensial Zinc                 | 1050 mV      |

Berdasarkan perhitungan jumlah anoda yang dibutuhkan dengan menggunakan Magnesium (Mg) adalah 4 buah sedangkan dengan menggunakan Zinc (Zn) dibutuhkan 2 buah.

Dalam implementasi di lapangan, jenis anoda atau elektrode yang sering digunakan adalah Magnesium (Mg) dan Zinc (Zn) namun kedua jenis elektrode ini mempunyai beberapa perbedaan, berikut adalah perbedaan antara elektrode Magnesium dan Zinc:

1. Magnesium pada deret volta memiliki posisi yang lebih negatif dari pada Zinc, sehingga Magnesium lebih mudah tereduksi dibandingkan dengan Zinc.
2. Harga Magnesium di pasaran lebih mahal dari pada Zinc, harga magnesium di pasaran adalah Rp.117.000/ Kg sedangkan elektroda zinc di pasaran adalah Rp. 75.000/Kg.

### Kesimpulan

1. Melakukan penambahan anoda korban Magnesium (Mg) karena jumlah anoda saat ini ada 3 buah dan belum mencukupi kebutuhan untuk melindungi pipa dari korosi, sehingga perlu adanya penambahan anoda korban sebanyak 1 buah.
2. Menggunakan anoda korban jenis Zinc (zn) untuk daerah yang cukup ekstrim seperti daerah rawa dan daerah yang sering terendam air.

### Daftar Pustaka

- [1] B. Utomo. 2012. "Jenis Korosi Dan Penanggulangannya,"Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan" vol. 6 no. 2, pp. 138-141
- [2] Isni, Utami. 2009. "Proteksi Katodik Dengan Anoda Tumbal Sebagai Pengendali Laju Korosi Baja Dalam Lingkungan Aqueous" Jurnal Teknik Kimia Vol.3, No.2
- [3] Juliana Anggono. "Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut" Jurnal Teknik Mesin Vol. 1, No. 2
- [4] M. Fajar Sidiq, 2013. "Analisa Korosi Dan Pengendaliannya" Jurnal Foundry Vol. 3 No. 1 ,ISSN: 2087-2259
- [5] Pribadi Ridzky Mulyono. 2017. "Perancangan Sistem Proteksi Katodik Anoda Tumbal Pada Pipa Baja Api 5l Grade B Dengan Variasi Jumlah Coating Yang Dipasang Di Dalam Tanah" Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- [6] M. Warnana, Dwa Desa. 2015. "Penentuan Area Korosi Tanah Lokal Berdasarkan Resistivitas Tanah Untuk Perancangan Sistem Proteksi Katodik" jurnal Geosaintek
- [7] Mohinder L. Nayyar. 1999. "Piping Handbook 7<sup>th</sup> Edition" McGraw-Hill Education–Europe, NewYork
- [8] IPS. 1997. "Material and Construction Standar for Three Layer Polyethylene Coating System". Standards and Research Departement. Iran
- [9] W.A. Peabody. 2001. "Constral of Pipeline Corrosion 2<sup>nd</sup> Edition",NACE International, Texas