

Aplikasi Katodik Proteksi Dengan Sistem Anoda Korban Untuk Mencegah Korosi Pada Pipa Logam

Kuswara ¹, Julius Sentosa Setiadji ²

¹Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra,
wara2403@gmail.com

²Prodi Teknik Elektro dan Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra
julius@petra.ac.id

Abstract— When a metal or alloy experiences corrosion, there will be a part that functions as an anode where corrosion occurs, and there is a part that functions as a cathode where corrosion does not occur. Electric current that moves away from the metal leads to the electrolyte causing corrosion, while electric current that enters the metal does not cause corrosion. Based on these symptoms, it is hoped that all metals act as cathodes so that the metal will be resistant to corrosion. This treatment requires moving or separating the part that acts as an anode to another place in the same electrolytic environment and connecting it electrically with the metal. In a cathodic protected state, if you use a forced current system, the protected metal is electrified through the environment and the anode towards the metal, whereas if you use a sacrificial anode system then the metal is flooded with electrons. In a sacrificial anode system, the more reactive metal will function as an anode and experience corrosion, while the electrons remaining in the metal will flow through the conductor to the protected metal or cathode. The amount of electric current produced by the anode determines the level of protection. The greater the electric current produced, the higher the level of protection in it. The electric current will increase if the anode is larger or the potential difference between the metal being protected and the anode is higher. The research results for adjacent pipes used a sacrificial anode system because it was more effective in protecting the pipe from rust by using magnesium as the anode, while for new pipes a counter current system of 0.5 mA/m was used to protect the pipe from rust for 20 years.

Keywords: Corrosion, Cathodic Protection, Sacrificial Anode, Magnesium

Abstrak— Ketika sebuah logam atau paduan mengalami korosi, maka akan ada bagian yang berfungsi sebagai anoda di mana korosi berlangsung, serta ada yang berfungsi selaku katoda di mana tidak berlangsungnya korosi. Arus listrik yang menjauhi logam mengarah ke elektrolit menyebabkan korosi, sedangkan arus listrik yang masuk ke logam tidak menyebabkan korosi. Berdasarkan gejala tersebut maka diharapkan seluruh logam berperan sebagai katoda sehingga logam tersebut akan tahan terhadap korosi. Perlakuan ini mengharuskan dilakukan pemindahan atau pemisahan bagian yang berperan sebagai anoda ke tempat lain dalam lingkungan elektrolitnya yang sama dan menghubungkannya secara elektrik dengan logam tersebut. Dalam keadaan terproteksi katodik, jika menggunakan sistem arus paksa maka logam yang terproteksi dialiri arus listrik lewat lingkungan dan anodanya menuju logam, sedangkan jika menggunakan sistem anoda korban maka logam dibanjiri dengan elektron. Dalam sistem anoda korban, logam yang lebih reaktif akan berfungsi sebagai anoda dan mengalami korosi, sementara elektron yang tertinggal pada logam akan mengalir lewat konduktor ke logam yang dilindungi atau katoda. Besaran arus listrik yang dihasilkan oleh anoda menentukan tingkat proteksi. Semakin besar arus listrik yang diproduksi, semakin tinggi tingkat proteksi di dalamnya. Arus listrik akan bertambah besar apabila anoda lebih besar atau perbedaan potensial di antara logam yang diproteksi dan anoda lebih tinggi. Hasil penelitian untuk pipa yang berdekatan digunakan sistem anoda korban karena lebih efektif melindungi pipa dari karat dengan menggunakan magnesium sebagai anodanya sedangkan untuk pipa baru digunakan sistem arus tanding sebesar 0,5 mA/m untuk melindungi pipa dari karat selama 20 tahun.

Kata Kunci : Korosi, Katodik Proteksi, Anoda Korban, Magnesium.

I. PENDAHULUAN

PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yakni perusahaan yang menyediakan air bersih untuk seluruh warga Surabaya. Salah satu hal yang membuat terganggunya distribusi air bersih ke pelanggan adalah adanya kebocoran pipa, korosi menjadi penyebab utama terjadinya kebocoran untuk pipa yang terbuat dari bahan logam. Dampak dari adanya kebocoran pipa akan membuat PDAM Surabaya mengeluarkan biaya untuk perbaikan, sedangkan dampak bagi pelanggan adalah berhentinya pasokan air bersih ke

rumah pelanggan. Mengingat dampak yang begitu besar bagi PDAM Surabaya maupun pelanggannya maka untuk pipa yang terbuat dari material logam akan dilakukan pemasangan sistem katodik proteksi. Seperti yang tertulis pada buku diktat Kuliah Korosi Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang ditulis oleh DR. Sulistijono pada tahun 1999, dinyatakan bahwa korosi dapat dikendalikan maka pada pipa logam milik PDAM Surabaya akan dipasang katodik proteksi [1]. Penggunaan katodik proteksi ini bertujuan agar tidak terjadi lagi korosi pada pipa logam PDAM Surabaya

Korosi tetap terjadi meskipun dengan proteksi katodik. Proteksi ini memfokuskan korosi pada area berbeda yang diketahui dan menghilangkannya dari struktur yang dilindungi. Arus yang keluar dari bangunan (*groundbed*) di tempat yang teridentifikasi ini dapat dirancang untuk jangka waktu pemakaian tertentu. Selain itu, juga dapat dites untuk mengetahui apakah masih bisa dipakai atau perlu diganti pada akhir masa pemakaiannya tanpa membahayakan jaringan pipa yang sedang dilindungi [2]

Secara umum, melindungi struktur baja secara berlebihan tidak akan merusak baja, hanya mempercepat laju konsumsi anoda dan daya listrik yang digunakan secara tidak efisien [3]. Sejumlah arsip di Indonesia menunjukkan bahwa proteksi katodik pertama kali digunakan di sektor minyak di Sumatera pada tahun 1950-an. Saat proteksi katodik dulu belum banyak digunakan, pelapis pelindung dan desain faktor keamanan yang tinggi biasanya merupakan satu-satunya metode yang digunakan untuk mengontrol korosi pada struktur di dalam elektrolit (tanah atau/dan air). Sejak proteksi katodik menjadi metode yang populer untuk pengendalian korosi, banyak negara lalu membuat berbagai standar pedoman. Di masa kini, peraturan perlindungan katodik telah distandarisasi dan diakui di seluruh dunia. Standar ini mulai dikembangkan pada tahun 1960-an dan masih terus dilakukan transformasi hingga saat ini.

Secara umum, para praktisi lebih menyukai standar yang sederhana yang mudah dipahami dan diaplikasikan di lapangan. Dengan pengecualian pada beberapa struktur tertentu, proteksi katodik biasanya tidak digunakan secara terpisah dan bahkan bekerja bersama dengan lapisan pelindung untuk mencegah korosi.

Proteksi katodik pada prinsipnya proses yang sederhana, yaitu melalui penurunan potensial logam ke wilayah yang terlindungi sesuai diagram pH-potensial. Tetapi, mengingat kompleksitas sistem yang diproteksi, penerapan proteksi katodik sering kali menjadi rumit dan lebih bergantung pada keterampilan praktis daripada teknik semata. Akibatnya, tingkat keberhasilan aplikasi sangat dipengaruhi oleh pengalaman yang dimiliki.

Semoga dengan adanya penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam perkembangan program pemeliharaan di sektor jaringan perpipaan, seperti PGN, Pertamina maupun PDAM khususnya dalam teknik pemasangan katodik sebagai alternatif pencegahan korosi pada pipa baja /steel. Kedepan pemasangan katodik proteksi pipa logam milik PDAM Surabaya tidak bocor lagi karena korosi, sehingga pendapatan perusahaan terus meningkat dan seluruh warga kota Surabaya bisa mendapatkan supply air bersih yang terjaga baik dari sisi kualitas, kuantitas dan kontinuitas.

II. LANDASAN TEORI

Proteksi katodik memiliki aplikasi yang sangat luas, mampu mengatasi korosi pada semua jenis struktur logam yang ada pada lingkungan elektrolitnya, baik itu air, tanah atau larutan kimia. Ini artinya bahwasannya secara praktis, proteksi katodik tidak bisa digunakan untuk mengendalikan korosi di udara.

Dengan proteksi katodik, seluruh bentuk korosi bisa diatasi, mencakup: korosi sumuran (*fitting*), korosi merata,

korosi celah, korosi lelah, korosi oleh bakteri, korosi tegangan, korosi kavitasi, dan sebagainya. Ada 2 sistem katodik proteksi yang sering digunakan, yaitu.

A. Sistem anoda korban (*Sacrificial Anode*)

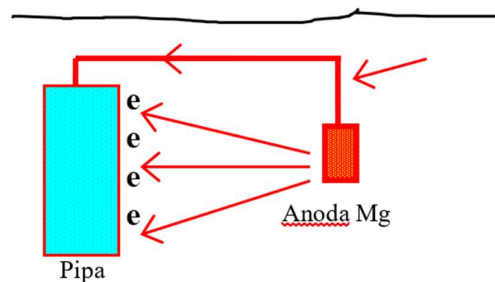
Sistem anoda korban adalah metode perlindungan katodik yang digunakan untuk mencegah atau mengurangi laju korosi pada material logam, khususnya baja, dengan cara mengorbankan logam lain yang lebih reaktif sebagai anoda. Sistem anoda korban bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia, di mana logam yang lebih aktif secara galvanis (anoda korban) akan terkorosi lebih dulu, sehingga melindungi logam yang dilindungi (katoda).

Keuntungan :

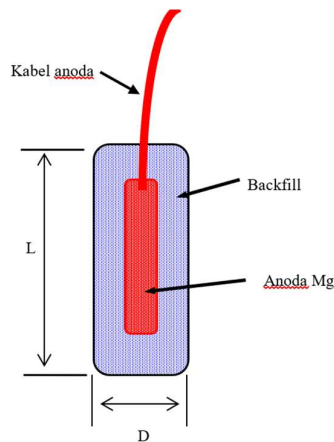
1. Efektif di lingkungan agresif misalnya air laut atau tanah dengan kadar garam tinggi
2. Tidak memerlukan sumber listrik eksternal
3. Instalasi tergolong mudah
4. Tidak ada potensi risiko interaksi
5. Biaya terjangkau untuk struktur kecil
6. Area dengan struktur yang padat
7. Potensi *over*-proteksi rendah
8. Penyaluran arus secara merata.
9. Tidak membutuhkan perawatan khusus, hanya inspeksi rutin
10. Tanpa biaya operasional dan perawatan.

Kerugian :

1. Jika lapisan pelindung mulai memburuk dan lebih banyak arus yang dibutuhkan, keluaran arus anoda akan menjadi terbatas.
2. Tidak optimal untuk lingkungan yang memiliki resistivitas tinggi.
3. Jumlah anoda yang diperlukan meningkat untuk struktur yang besar.



Gambar 1. Sistem anoda korban



Gambar 2. Anoda Magnesium



Gambar 3. Stok Anoda Magnesium di Gudang PDAM (15kg)

B. Sistem arus tanding (*Impressed current cathodic protection, ICCP*)

Sistem **arus tanding** (*impressed current cathodic protection, ICCP*) adalah metode perlindungan katodik yang digunakan untuk mencegah korosi pada logam, seperti baja, dengan mengalirkan arus listrik eksternal yang dikontrol ke dalam sistem. Dalam metode ini, logam yang akan dilindungi dijadikan sebagai katoda, sehingga korosi dicegah dengan mempertahankan potensial elektroda logam pada tingkat tertentu yang aman. Dengan sistem arus tanding, struktur baja dapat bertahan lebih lama dengan risiko korosi yang sangat minimal, meskipun berada di lingkungan yang korosif

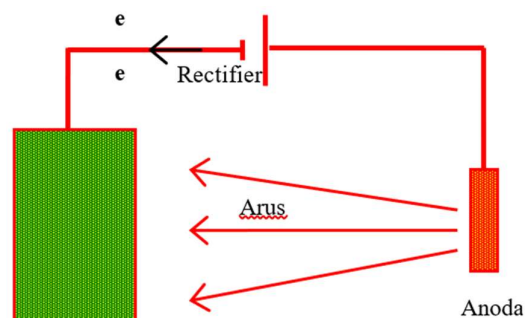
Keuntungan :

1. Sistem instalasi ini cocok untuk proteksi struktur besar
2. Sistem dapat dirancang fleksibel terhadap perubahan waktu.
3. Keluaran arus proteksi dapat diatur dengan fleksibel sesuai kebutuhan.
4. Sistem bisa dirancang guna masa pakai melebihi 20 tahun.
5. Biaya awal lebih terjangkau.
6. Arus keluaran atau potensial struktur dapat dikontrol secara otomatis [4].

Kerugian :

1. Ada potensi terjadinya interaksi dengan struktur lain.
2. Bergantung pada pasokan listrik eksternal.
3. Memerlukan perawatan dan pemeriksaan berkala secara seksama.
4. Memerlukan biaya operasional.

5. Berpotensi mengalami gangguan akibat masalah catu daya listrik.



Gambar 4. Sistem Arus Tanding

Dalam praktiknya, pemilihan antara kedua sistem tersebut tidak hanya bergantung pada faktor teknis, tetapi juga pada faktor-faktor lain yang mungkin non-teknis. Adapun pemilihan metode proteksi katodik dipengaruhi oleh pertimbangan-pertimbangan berikut ini :

1. Besar arus proteksi yang diperlukan,
2. Adanya gangguan arus liar (*stray current*) yang menyebabkan fluktuasi potensial yang cukup berarti antara pipa dengan bumi yang bisa menghalangi penggunaan anoda korban,
3. Adanya arus pengganggu (*interference current*) proteksi katodik dari struktur yang berdekatan yang bisa membatasi penggunaan sistem proteksi katodik arus paksa,
4. Tersedianya sumber listrik,
5. Tempat yang tersedia, jauh dekatnya dengan struktur asing, kondisi permukaan, adanya jalan dan bangunan, lintasan sungai, konstruksi lain dan pemeliharaan yang harus diperhatikan
6. Perkembangan area instalasi di masa depan dan perluasan sistem jaringan pipa di masa depan
7. Biaya pemasangan, operasi dan perawatan,
8. Resistivitas listrik lingkungan [5].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahap-tahap yang baik dalam membuat rancang bangun adalah sebagai berikut:

1. Perancangan awal dibuat dengan memakai data yang tersedia dan referensi dari kasus-kasus sejenis.
2. Modifikasi rancang bangun mungkin perlu dilakukan sesuai dengan transformasi yang sering muncul dalam praktik konstruksi.
3. Sesudah pemasangan konstruksi selesai, dibuat desain akhir untuk proteksi katodik.
4. Masih memungkinkan untuk melakukan modifikasi jika proteksi katodik ternyata kurang optimal.

B. Rancang Bangun Sistem Anoda Korban

Secara umum, rancang bangun dapat dibuat dengan menggunakan data di atas. Biasanya, informasi ini akan disediakan oleh pemilik struktur atau konsultannya, meskipun sering kali tidak banyak informasi yang dapat diakses. Dengan sedikit informasi ini, seorang perancang

yang berpengalaman biasanya dapat membuat desain awal yang dapat dibenarkan dengan menambahkan pertimbangan keselamatan.

Guna rancang bangun sistem anoda korban tersebut akan dibuat desain sistem proteksi katodik struktur pipa di dalam tanah. Dari sinilah dapat diputuskan bahwasannya anoda yang harusnya dipakai yaitu anoda Zn. atau Mg. Di bawah ini adalah dasar pemilihan antara dua anodanya.

Sejumlah hal mengenai pemakaian anoda Mg.

1. Anoda Mg. bisa digunakan hingga resistivitas tanahnya berkisar 6000 ohm-cm, di atas nilai itu, efisiensinya berkurang dan biayanya meningkat.
2. Arus proteksinya bisa terdistribusi dengan gampang, melalui dipasangnya sepanjang jalur pipanya.
3. Akan ada *over*-proteksi di sekitar anoda, untuk itu perlu dilakukan pengaturan keluaran arus.
4. Anoda Mg. Tidak cocok untuk dipakai pada struktur yang dilapisi jenis *coal*tar, sebab gampang rusak jika potensial strukturnya kurang dari -1200mV CSE.
5. Proteksi katodik yang pakai anoda Mg. Mengeluarkan biaya lebih mahal dari yang lain.
6. Anoda jadi lebih efektif jika arus proteksinya kecil, atau proteksi strukturnya sedikit.

Sejumlah hal mengenai pemakaian anoda Zn.

1. Karena memiliki tegangan dorong yang rendah, anoda Zn cuma cocok dipergunakan pada tanah yang resistivitasnya rendah, hingga maksimal 1500 ohm-cm. Baru-baru ini penggunaan hingga resistivitas 3000 ohm-cm juga diterapkan.
2. Tidak terjadi *over*-proteksi seperti pada anoda Mg.
3. Melalui anoda Zn umur proteksi bisa dirancang antara 20 hingga 40 tahun, sedangkan melalui anoda Mg. biasanya tidak lebih dari 20 tahun.
4. Jika terjadinya perubahan resistivitas tanah, keluaran arus anoda Zn terjadi perubahan juga, sehingga seperti berfungsi selaku sistem proteksi potensial tetap.
5. Anoda Zn bisa dipergunakan guna lapisan pelindung berjenis *coal*tar.

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Menganalisa Kebutuhan Arus Proteksi

Untuk desain proteksi katodik konstruksi pipa logam dalam tanah, data yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Ukuran pipa : dia. 18" x 50 km ($t = 0,375"$)
2. Lapisan pelindung pipa: pita polietilen (*polyethylene tape wrap*) dengan overlap 5 cm, lulus *uji holiday detector*.
3. Area ROW meliputi sawah, kebun, penyeberangan sungai, dan beberapa penyeberangan jalan.
4. Pipa lain berdiameter 14" terletak di sebelah kanan pipa di jarak sekitaran 2m, sejajar dengan pipa baru, terproteksi katodik menggunakan anoda korban.
5. Masa proteksi yang diinginkan adalah 20 tahun.
6. Rata-rata resistivitas tanahnya sebesar 2000 ohm-cm.

B. Keperluan Arus Proteksi.

Keperluan arus proteksi total,
 $86137 \times 0,5 = 43068 \text{ mA} = \mathbf{43,068 \text{ A}}$

Luas permukaan yang diproteksi total
 $\pi \times 18 \times 0,0254 \times 60.000 = \mathbf{86137 \text{ m}^2}$

C. Perhitungan Kebutuhan Anoda

$N = 43,068 \text{ A} \times 20 \times 8760 / (1200 \text{ kg}/\text{AY} \times 0.8) = \mathbf{7860 \text{ kg.}}$

Guna menentukan ukuran anoda ada pedoman (*Rule of Thumb*) :

Resistivitas tanah :

sampai 1500 ohm-cm ~ 25 kg
 sampai 2500 ohm-cm ~ 15 kg
 lebih dari 2500 ohm-cm ~ 8 kg

Penulis mengembangkan *Rule of Thumb* ini dengan memanfaatkan keahliannya di bidangnya. Karena lapisan pelindung yang lebih kuat telah dikembangkan, pedoman ini berbeda dengan yang ada di dalam buku. Masalah keluaran arus proteksi yang terkait dengan kebutuhan arus proteksi adalah masalah ukuran anoda.

Berdasarkan data resistivitas tanah, dapat digunakan anoda dengan ukuran 15 kg dan 8 kg. Namun, untuk menyederhanakan berbagai hal, teknisi biasanya memilih untuk menggunakan satu ukuran karena dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan, misalnya memperbesar ruang di antara anoda atau mengubur banyak anoda dalam satu lubang. Ada persyaratan teknis untuk aplikasi sistem anoda korban dan kondisi lapangan menentukan sistem yang akan dipakai sesuai penerapannya di lapangan. Digunakan anoda dengan tipe berat 15 kg, dan setelah dilakukan pengecekan material di pasar ternyata yang cocok adalah tipe berat, $w = 14,5\text{kg}$, dengan data sebagai berikut:

Ukuran anoda Mg: D = 15 cm, Panjang L = 51 cm

Dengan *backfill* : D = 20 cm, L = 60 cm

Jumlah total anoda, $N = W/w = 7860/14,5 = \mathbf{543 \text{ buah.}}$

Peningkatan 10% dalam penyediaan anoda diperlukan untuk keselamatan dan pemasangan di lokasi-lokasi utama, seperti penyeberangan sungai, *street crossing*, dan kondisi lainnya.

Pemesanan anoda = $543 \times 110\% = 598 \text{ buah}$. Jarak pemasangan anoda : $60.000 \text{ m} / 543 \sim 110 \text{ m}$. Oleh karena keadaan lapangan memiliki peran utama, maka pada umumnya tidak mungkin untuk menentukan secara pasti tentang jarak ini di lapangan. Penyesuaian di lapangan sering dilakukan, dan tidak terkecuali untuk perubahan anoda korban.



Gambar 5. Pemasangan Anoda di lapangan

D. Keluaran arus anoda

Jadi, anoda sebaiknya diinstal secara horizontal, dan ini lebih efektif dari pemasangan secara vertikal. Namun, jika kondisi sekitar tidak memadai, anoda bisa diatur secara vertikal. Dengan ini diperlukan penambahan cadangan anoda, sebab proteksi katodik dengan anoda korban adalah hasil dari hampir semua modifikasi lapangan. Dalam prakteknya, keluaran arus anoda biasanya tidak lebih besar seperti yang telah dihitung pada desain. Ingatlah, bahwasanya hitungan itu merupakan hitungan yang diproteksi selama 20 tahun. Jika lapisan pelindung diaplikasikan dengan baik di tahap awal, maka keluaran arus anoda dibuat kurang dari seperlima, sebab kebutuhan arus pada tahapan awal cukup kecil. Seiring waktu, kebutuhan arus proteksi akan meningkat karena degradasi lapisan pelindung.

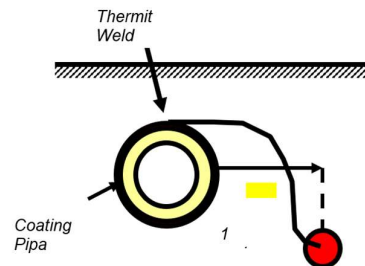
Arus anoda dalam sistem proteksi katodik yang menggunakan anoda korban secara alami akan mengatur dirinya sendiri seiring waktu. Akan selalu ada penyimpangan di lapangan karena kondisinya berbeda pada jarak yang relatif pendek (10 meter) di antara lokasi. Karena kriteria proteksi katodik adalah potensi proteksi dan bukan besaran arus, masalah dapat muncul jika pemilik konstruksi tidak menyadari masalah ini.

Disain yang dibikin dapat dijadikan pedoman, dalam pembuatan perencanaan ke depan, khususnya untuk biaya yang dibutuhkan. Dari pengalaman, hampir tidak pernah terjadinya kegagalan apabila penerapan lapis lindung sesuai dengan prosedur. Masalah usia pakai anoda, yang sangat bervariasi tergantung pada keadaan lingkungannya, merupakan salah satu yang telah disurvei oleh para spesialis dari banyak negara terkait dengan anoda korban magnesium. Satu anoda dapat kehabisan magnesium lebih cepat daripada yang lain karena korosi sendiri (*self corrosion*), yang diketahui dapat terjadi. Selain itu, anoda mungkin tidak terkorosi secara merata.

E. Prinsip pemasangan :

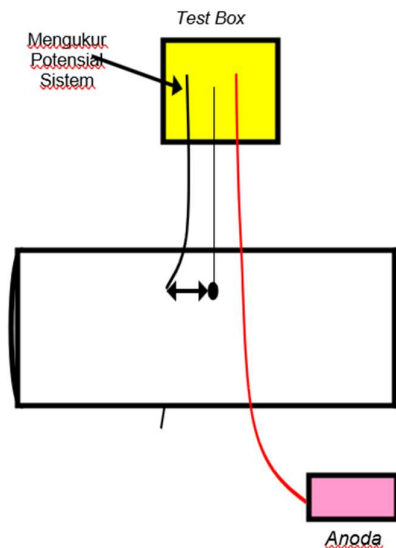
- 1) Arus anoda harus didistribusikan secara merata di sepanjang jalur pipa yang akan diproteksi.

- 2) Anoda harus ditanam secara horizontal di dalam tanah, sejajar dengan pipanya, dengan jarak berkisar 1m dari pipa di kedalaman sama ataupun lebih besar daripada pipa. Lihat gambar 6 untuk referensi lebih lanjut.



Gambar 6. Skematik Pemasangan Anoda

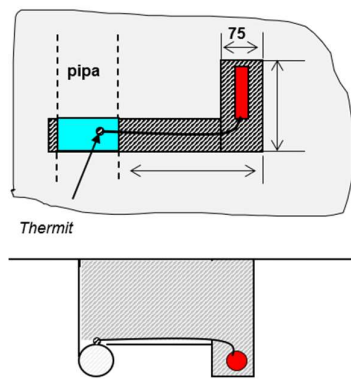
- 3) Anoda ditempatkan di dalam tanah di sepanjang jalur pipanya dengan jarak sekitar 110 m di tiap anoda (Metode *Single Bed*).
- 4) Setiap 500 m di dekat anoda terdapat kotak uji (*test-box*) yang dilengkapi dengan tiga terminal, satu khusus anoda, dua khusus pipa (satu terminal spesialisasi untuk pengujian potensial, sementara dua terminal lain terhubung), lihat Gambar 7.



Gambar 7. Test Box

F. Urutan Pemasangan Sebagai Berikut :

- 1) Dilakukan pemeriksaan anoda yang akan dipakai untuk memastikan tidak ada cacat, terutama pada kabel anoda.
- 2) Gali tanah sejajar pipa pada jarak 1 meter dari pipanya, pada kedalaman yang sama dengan kedalaman pipanya atau lebih. Lebar galian sekitar 0,5 meter. Dari galian tersebut, buat galian tambahan menuju pipa untuk jalur kabel dengan kedalaman setara pipa bagian atas dan lebar sekitar 0,5 meter. Lihat Gambar 8 untuk detail lebih lanjut



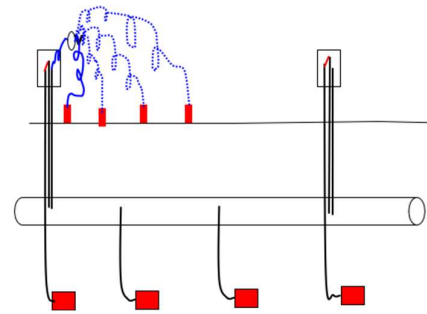
Gambar 8. Pemasangan Anoda dalam Tanah

- 3) Anoda dimasukkan dalam galian dengan kehati-hatian menggunakan tali plastik. Tidak diperbolehkan untuk diangkat atau diturunkannya anoda ke dalam galian memakai kabel anoda.
- 4) Kupas lapis pelindung pada bagian atas pipanya seluas 10x10cm², lalu bersihkan pakai kuas dan amplas sampai kilap logam.
- 5) Kupas ujung kabel anoda sekitar 7 cm.
- 6) Hubungkan ujung kabelnya pada bagian-bagian pipa yang terkupas di lapis lindungnya menggunakan las termit.
- 7) Cetakan pada las lalu dilepas dan dibuka dari pipa. Sambungan las dipukul dengan palu guna penguatan Sambungan las dan penghilangan terak.
- 8) Cek lagi hasil sambungan las dan ujilah dengan jalan menarik kabelnya dengan kehati-hatian.
- 9) Dibersihkannya daerah sambungan las pakai sikat, dan lalu diberi *royston handycap*.
- 10) Masukkan kabel anoda dari kotak uji dan diikat ke terminal untuk memasang anoda menggunakan kotak uji. Kedua kabel dilas dengan termit di dalam pipa dan dipasang ke terminal kotak uji selain kabel anoda. Kabel anoda dihubungkan ke satu terminasi pipa dan membiarkan kabel yang lain terbuka untuk uji potensial.
- 11) Langkah akhir yakni dikurung kembalinya anoda dan kabel anoda pakai tanah galiannya.
- 12) Semua anoda dipasang seperti cara tersebut di atas dengan jarak di antara anoda berkisar 110m dan pada tempat-tempat penting, sebagai contoh *river crossing* dan sebagainya.
- 13) Kotak uji diposisikan di tempat-tempat penting dan pada jarak kira-kira 500 meter.

G. 4.7. Pengujian

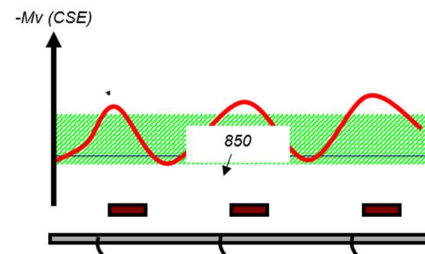
Sesudah seluruh anoda serta kotak uji terpasang, lalu dilakukan pengujian seperti di bawah ini :

- 1) Dilakukannya pengukuran potensial di sepanjang pipa bertepatan di atasnya pipa yang ada anodanya serta di tengah-tengah di antara kedua anoda, lihat Gambar 9.



Gambar 9. Pengukuran Potensial Sistem

- 2) Pipa dibiarkan terpolarisasi selama kurang lebih dua minggu.
- 3) Lalu dilaksanakan pengukuran potensial lagi seperti (1).
- 4) Jika hasil pengukuran menunjukkan ada area yang tidak terproteksi atau potensialnya lebih tinggi dari kriteria proteksinya, anoda tambahan dipasang di antara dua anoda yang ada. Modifikasi lapangan seperti ini adalah praktik umum.
- 5) Uji ulang dilakukan pada area yang telah ditambah anoda, dan pekerjaan tersebut disebut berhasil jika kriteria proteksi katodiknya sudah terpenuhi. Secara skematis, distribusi potensialnya digambarkan merujuk pada Gambar 10. Inspeksi dijalankan satu kali dalam setahun, dan jika kondisi mulai memperlihatkan tanda-tanda penurunan proteksi, inspeksi harus dijalankan sesering mungkin.



Gambar 10. Distribusi Potensial Pada Proteksi Katodik

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mengingat ada pipa yang memakai anoda korban yang berdekatan dengan pipa, sistem yang harus digunakan adalah sistem anoda korban. Anoda yang digunakan adalah magnesium. Berdasarkan resistivitas tanah, maka digunakan jenis potensial 1,5V dengan *backfil*.
2. PDAM telah menentukan kebutuhan arus proteksi sebesar 0,5 mA/m. untuk pipa baru dengan lapisan pelindung yang baik, sehingga mampu memberikan proteksi pada pipa logam selama 20 tahun.
3. Dengan pemasangan katodik proteksi maka tingkat korosi pada pipa logam PDAM Surabaya menjadi turun.
4. Tingkat Kebocoran pipa logam PDAM Surabaya akibat korosi bisa berkurang sehingga pendapatan perusahaan

meningkat dan pelayanan air bersih kepada pelanggan menjadi lebih baik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulistijono. 1999. Diklat Kuliah Korosi. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [2] Peabody, A.W. 2001. Control of Pipeline Corrosion 2nd Edition.
- [3] Uhlig, Herbert H., dan R. Winston Revie. 1985. Corrosion and Corrosion Control : An Introduction to Corrosion Science and Engineering 3rd Edition. N.Y : John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Shreir, L.L., R.A. Jarman, dan G.T. Burstein. 1995. Corrosion Volume 2 Corrosion Control 3 rd Edition. London : Butterworth-Heinemann Ltd.
- [5] NACE Standard RP0169-2002, Control Of External Corrosion Of Underground or Submerged Metallic Piping System, Houston, TX : NACE.