

KARAKTERISASI SIMULATOR SISTEM PROTEKSI KATODIK METODE ANODA KORBAN PADA SISTEM PERPIPAAN YANG TERTANAM DALAM TANAH

Retno Indarti *, Yunus Tonapa Sarungu, Cut Magesang

*Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, DS Ciwaruga, 40123
e-mail: sarungutonapa@gmail.com
e-mail: ret.indarti@gmail.com*

ABSTRAK

Sistem proteksi katodik anoda korban adalah salah satu metode pengendalian korosi untuk logam dalam sistem perpipaan di dunia industri minyak dan gas bumi yang tertanam dalam tanah, dengan cara menghubungkan anoda korban terhadap material yang diproteksi. Sistem perpipaan terdiri dari jaringan beberapa pipa sesuai dengan standar teknik perpipaan menurut SK Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 300.K/38/M-PE/1997. Material yang diproteksi berperan sebagai katoda dan logam yang dikorbankan sebagai anoda. Penelitian ini dilakukan melalui proses perancangan, pembuatan, dan uji karakteristik simulator sistem proteksi katodik metode anoda korban yang berdasarkan acuan pada standar NACE (*National Association of Corrosion Engineers*). Struktur yang diproteksi berupa pipa *seamless* dengan luas permukaan 5,7424 m². Kebutuhan arus proteksi adalah 0,003445 A. Anoda korban yang diterapkan pada simulator ini adalah anoda korban magnesium (Mg) dengan berat 7 kg dan arus keluaran 0,0328 ampere. Hasil uji karakteristik pipa : potensial proteksi -1400mV/CSE. Anoda korban yang digunakan adalah anoda Magnesium, karena lebih efisien dan efektif daripada anoda Aluminium dan anoda Seng (Zn), sebagai anoda korban di lingkungan tanah. Pengukuran potensial proteksi untuk jarak yang tepat terhadap struktur pipa pada rentang 10-70cm dari punggung pipa.

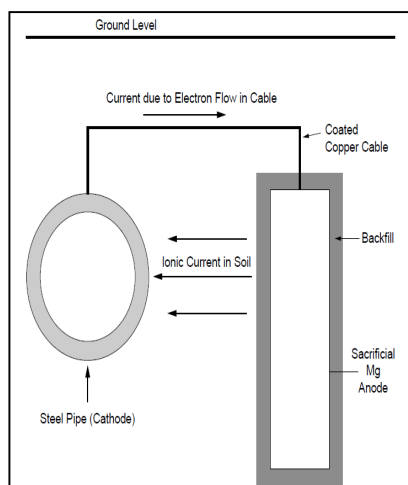
Kata kunci; *uji karakteristik, potensial proteksi, anoda korban, proteksi katodik*

I. Pendahuluan

Sistem perpipaan merupakan salah satu aspek penting yang mendukung proses produksi di dunia industri termasuk industri minyak dan gas bumi. Sistem perpipaan terdiri dari beberapa jaringan pipa yang digunakan sebagai alat distribusi. Sesuai dengan standar teknik perpipaan yang dipakai di Indonesia dan tertuang dalam Surat Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 300.K/38/M-PE/1997, pipa penyalur minyak dan gas bumi harus ditimbun di dalam tanah. Hal ini juga mengacu pada standar internasional tentang pemasangan pipa, contohnya ASME B31.8 yang berjudul *Gas Transmission and Distribution Piping System*. Penempatan jaringan pipa dalam tanah dapat menyebabkan korosi pada pipa, hal ini terjadi karena dalam tanah terdapat mineral-mineral yang dapat menyebabkan atau bahkan memacu terjadinya korosi pada pipa. Untuk mengendalikan atau memperlambat terjadinya korosi pada jaringan pipa tersebut maka sistem pengendalian yang dapat dilakukan pada umumnya adalah pemasangan *coating* dan dilengkapi dengan penerapan metode proteksi katodik. Metode proteksi katodik terdiri dari dua jenis, yaitu metode proteksi anoda korban (*sacrificial anode*) Shiddiq.I.K dan Anggakusumah .M.N, 2009) dan arus paksa (*impressed current*)

(Gilang .R dan Fahturochman.D,2011). Prinsip proteksi katodik adalah membanjiri struktur yang dilindungi oleh arus eksternal. Sumber arus yang digunakan pada metoda anoda korban berasal dari logam yang kurang mulia yang dihubungkan dengan konduktor logam pada struktur yang dilindungi (untuk *sacrificial anode*). Penerapan metode proteksi katodik memerlukan dasar-dasar pengetahuan dan keterampilan tentang potensial logam, elektrokimia, pengukuran potensial logam atau korosi, pengukuran resistivitas, pH tanah, dan sifat mekanik suatu bahan. Dasar pengetahuan ini dapat lebih dipahami dan diaplikasikan jika di laboratorium atau lapangan tersedia alat praktik untuk mengukur potensial logam atau pipa yang tertimbun dalam tanah, sehingga potensial pipa atau korosi dapat dipantau. Dengan demikian perlu dilakukan perancangan suatu jaringan pipa yang diproteksi dengan proteksi katodik metode anoda korban atau arus paksa untuk simulasinya. Alat simulasi ini terdiri dari jaringan pipa yang berdiameter 4 inchs yang panjangnya 18 m ditimbun dalam tanah dengan kedalaman minimal 1,5 m, dilengkapi dengan anoda korban yang beratnya 7kg. dihubungkan menggunakan kawat tembaga ke pipa. Untuk menguji kondisi pipa digunakan suatu unit alat uji yang tersambung ke textbox tempat

mengukur potensial pipa yang terhubung dengan anoda korban, serta seperangkat alat pengukur. Jika kondisi pipa dalam tanah baik, maka hasil potensial yang terukur di testbox menunjukkan potensial $V_i \leq -850$ mV untuk tanah kondisi normal, tetapi untuk tanah yang mengandung bakteri potensialnya akan menunjukkan $V_i \leq -950$ mV. Apabila potensial terukur $V_i > -850$ mV menunjukkan bahwa kondisi pipa dalam tanah mulai mengalami korosi, sehingga perlindungan pipa dengan metode anoda korban harus diganti dengan anoda korban yang baru. Sistem proteksi katodik banyak digunakan untuk memproteksi struktur baja yang berada di dalam tanah dan lingkungan air laut, dan sedikit digunakan (pada kondisi tertentu) untuk penempatan baja dalam air tawar. Prinsip utama sistem proteksi katodik adalah menekan arus eksternal ke dalam material sehingga potensial material turun ke daerah imun (Einar Bardol, 2004). Proteksi katodik metode anoda korban dapat dilakukan dengan menghubungkan anoda korban terhadap material yang akan diproteksi. Material yang akan diproteksi diatur agar berperan sebagai katoda dalam suatu sel korosi dan pasangan yang dihubungkan adalah logam lain yang memiliki potensial yang lebih negatif sehingga berperan sebagai anoda. Elektron akan mengalir dari anoda ke katoda melalui kabel penghubung sehingga terjadi penerimaan elektron di katoda. Dengan adanya penerimaan elektron tersebut, katoda mengalami reaksi reduksi dan terproteksi dari proses korosi (Parker, Marshall, 1999).



Gambar 1. Proteksi katodik metode anoda korban (Sumber : Diktat Kuliah Pengendalian korosi, 2010)

Penentuan jenis anoda korban dan karakteristiknya yang digunakan sebagai anoda korban dilakukan berdasarkan kemampuan material tersebut dalam menurunkan potensial logam yang diproteksi

potensial pipa yaitu multimeter dan elektroda standar *Copper Sulfate Electrode (CSE atandart)*. mencapai daerah imun dengan cara membanjiri struktur dengan arus searah melalui lingkungan.

Faktor lainnya yaitu biayanya murah, mampu dibentuk sesuai ukuran, dan dapat terkorosi secara merata. Anoda korban yang biasa digunakan adalah magnesium (Mg), seng (Zn), dan aluminium (Al). Pemakaian anoda Mg digunakan untuk lingkungan yang mempunyai resistivitas tinggi. Dengan demikian anoda korban Mg sesuai digunakan untuk tanah daratan dan Zn dengan Al untuk daerah laut atau lepas pantai seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Jenis anoda dengan resistivitas lingkungan

Anoda	Resistivitas Lingkungan (ohm-cm)
Aluminium (Al)	< 150
Seng (Zn)	150 - 500
Magnesium (Mg)	> 500

Sumber : Teknik Pengendalian Korosi (Ngatin, Agustinus dkk, 2010)

Tabel 2. Karakteristik anoda korban

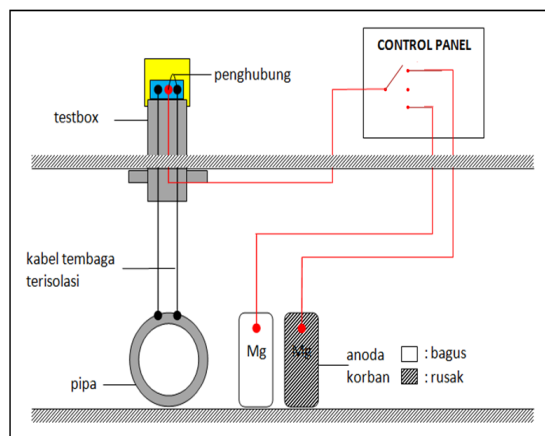
Jenis Anoda	Massa Jenis (kg/d m ³)	Potensial (Volt/CS E)	Tegangan Dorong (Volt)	Kapasitas (AH/Kg)	Efisiensi (%)
Al	1,7	1 - 1,7	0,6 - 0,8	2700	50
Zn	7,5	1,05	0,25	780	95
Mg	2,7	1,10	0,25	1230	95

Sumber : Teknik Pengendalian Korosi (Ngatin, Agustinus dkk, 2010)

Pemakaian anoda korban yang diterapkan untuk proteksi katodik di dalam tanah perlu menggunakan pembungkus yang disebut *backfill*. *Backfill* merupakan kantung kecil yang berisi campuran material dengan komposisi 75% gypsum, 20% bentonit, dan 5% natrium sulfat. Campuran ini menghasilkan resistivitas 50 ohm-cm apabila campuran dijenuhkan dengan air. *Backfill* ini berfungsi untuk, memberikan lingkungan yang merata, sehingga keluaran (*output*) arus anoda dapat diperkirakan tetap, menurunkan resistivitas dari anoda dengan tanah, mencegah kontak langsung antara anoda dengan tanah. Maksud dan tujuan merancang rangkaian simulator sistem proteksi katodik metode anoda korban untuk praktikum mahasiswa dan pelatihan dari industri serta peningkatan kapasitas Laboratorium Pengendalian Korosi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan, pembuatan dan uji karakteristik simulator sistem proteksi katodik metode anoda korban untuk perpipaian ini dilakukan melalui beberapa tahap antara lain penentuan desain basis, perancangan pipa, perancangan kebutuhan proteksi dan berat anoda, pembuatan simulator sistem proteksi katodik anoda korban, karakteristik simulator sistem proteksi katodik anoda korban, keluaran arus dari anoda korban. Semua tahap tersebut dibuat secara skematis seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Instalasi simulator sistem proteksi katodik metode anoda korban (Sumber : Diklat Kuliah Pengendalian korosi, 2010)

Untuk mengetahui dan menentukan kondisi sistem proteksi katodik metode anoda korban yang diterapkan pada jaringan pipa dalam tanah dilakukan uji karakteristik sebagai berikut : pengukuran potensial pipa untuk mengetahui kondisi pipa, pengukuran potensial anoda korban untuk memantau kondisi anoda korban yang digunakan untuk melindungi pipa, pengukuran potensial proteksi, untuk mengetahui kinerja sistem proteksi katodik metode anoda korban. Adapun cara pengukuran potensial proteksi metode anoda korban adalah sebagai berikut : terminal merah (yang disambungkan dengan anoda korban) dengan terminal hitam (yang disambungkan dengan pipa) harus dalam keadaan terhubung (sehingga proteksi sedang berjalan), selanjutnya hubungan terminal hitam (pipa yang diproteksi) dengan avometer (menggunakan elektroda pembanding CSE yang ditancapkan ke tanah), catat nilai potensial proteksi yang tertera pada avometer kemudian bandingkan dengan nilai potensial standar proteksi katodik (-0,85 V/CSE).

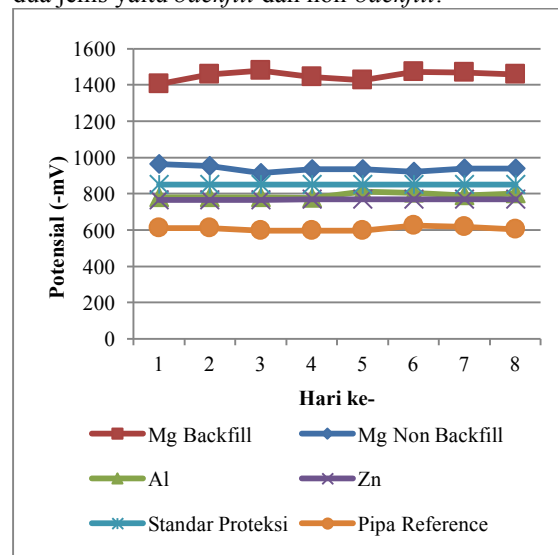
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembahasan mengenai data-data yang diperoleh dari tahap perancangan, pembuatan dan

hasil uji karakteristik simulator sistem proteksi katodik metode anoda korban hasil sebagai berikut:

Pengaruh Jenis Anoda dan *Backfill* Terhadap Sistem Proteksi

Setiap jenis anoda memiliki karakteristik masing-masing termasuk pengaruh dimana anoda tersebut ditempatkan. Pada simulator ini pipa yang diproteksi ditanam di dalam tanah yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi dengan nilai 1537 ohm-cm. Berdasarkan teori yang ditunjukkan oleh **Tabel 1**, anoda yang sesuai untuk lingkungan tersebut adalah magnesium karena sesuai untuk daerah dengan resistivitas lingkungan diatas 500 ohm-cm. Pada sistem proteksi anoda korban yang ditanam di dalam tanah, diperlukan suatu *backfill* yang mengelilingi anoda sepenuhnya untuk memperoleh kinerja proteksi yang baik. *Backfill* dapat memberikan lingkungan yang merata, sehingga keluaran (output) arus anoda dapat diperkirakan tetap. Untuk membuktikan teori tersebut, pada tahap ini dilakukan pengujian mengenai pengaruh jenis anoda yang dipakai dan pengaruh *backfill* terhadap sistem proteksi. Dari pengujian karakteristik ini digunakan macam-macam anoda yaitu aluminium, seng dan magnesium. Untuk magnesium terdapat dua jenis yaitu *backfill* dan non-*backfill*.



Gambar 3. Pengaruh Jenis Anoda dan *Backfill* terhadap Sistem Proteksi

Dari gambar 3 dapat dijelaskan bahwa anoda magnesium memiliki nilai potensial proteksi diatas standar yang ditentukan oleh NACE (-850 mV). Data ini menunjukan bahwa anoda magnesium sesuai untuk digunakan di lingkungan tanah dengan resistivitas 1537 ohm-cm (*Nace Corrosion Basics*). Untuk anoda seng nilai potensial proteksinya dibawah standar NACE ini disebabkan karena berat

anoda seng yang digunakan tidak sesuai dengan kebutuhan luas proteksi pipa yang diproteksi. Anoda aluminium memiliki nilai proteksi yang kecil, ini disebabkan karena jenis anoda ini tidak sesuai digunakan untuk lingkungan tanah. Karena logam aluminium sangat cepat terbentuk lapisan pasif sehingga menghambat arus yang akan dikeluarkan. Anoda aluminium sesuai untuk penggunaan di lingkungan air laut. Untuk pengaruh *backfill* dapat dilihat dari nilai potensial proteksi Mg *backfill* dan Mg *non-backfill*. Mg *backfill* memberikan nilai potensial proteksi yang lebih besar dibandingkan Mg *non-backfill*. Hal tersebut disebabkan karena *backfill* memberikan lingkungan yang merata sehingga keluaran arus anoda dapat diperkirakan tetap dan dapat menurunkan resistivitas dari fasa anoda dengan tanah. Sebagai pembanding, pipa yang tidak diproteksi oleh anoda korban dipantau besar nilai potensialnya. Hasil dari pengukuran struktur pipa tersebut menunjukkan bahwa besar nilai potensialnya jauh dibawah standar NACE dan dapat dikatakan pipa tersebut terkorosi.

Pengaruh Jarak Pipa terhadap Sistem Proteksi Anoda Korban

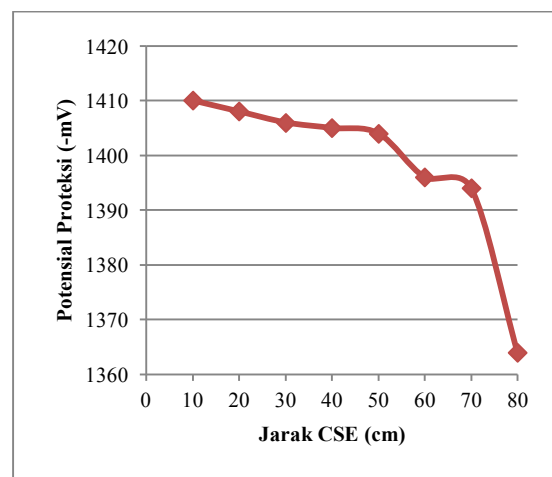
Pada tahap ini dilakukan pengujian kinerja proteksi terhadap struktur pipa yang telah ditanam di dalam tanah berdasarkan faktor jarak pipa yang diproteksi anoda korban di suatu titik dengan mengukur besar potensial proteksi sepanjang ruas pipa pada titik tertentu. Adapun anoda yang digunakan adalah anoda magnesium dengan *backfill* yang terhubung dengan textbox 1. Secara berurutan, textbox tempat mengukur potensial yang paling dekat dengan tempat penanaman anoda tersebut adalah textbox 1, diikuti textbox 2, dan yang paling jauh adalah textbox 3. Pada umumnya, sistem distribusi arus yang dialirkan pada suatu material akan berkurang sepanjang jarak yang ditempuhnya. Hal ini disebabkan karena adanya hambatan yang mengurangi besar arus yang dialirkan sepanjang material tersebut. Pengurangan arus tersebut berbanding lurus dengan nilai potensial yang dimiliki oleh material pada setiap titik, tetapi hal ini hanya berlaku pada luas material yang sama. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditunjukkan bahwa panjang pipa berpengaruh terhadap sistem proteksi anoda korban, yaitu semakin dekat jarak pipa yang diproteksi dengan anoda korban, potensial proteksi semakin besar, dan sebaliknya.

Besar potensial anoda di textbox 2 dan 3 secara berturut-turut adalah 0.22125 dan 0.185. Hal tersebut disebabkan karena kedua textbox tersebut tidak terhubung dengan anoda korban yang sedang digunakan untuk proteksi. Besarnya arus pada

struktur pipa di textbox 1 adalah 0,31875 ampere, hal ini menunjukkan terjadi aliran arus dari anoda korban (Mg) yang menyebabkan struktur pipa terproteksi.

Pengaruh Jarak CSE dari Punggung Pipa terhadap Pengukuran

Pada pengujiannya, proteksi katodik dipantau dengan mengukur potensial dari stuktur pipa yang diproteksi. Elektroda *reference* CSE digunakan sebagai referensi pengukuran potensial pipa yang diproteksi. Jarak penempatan elektroda CSE terhadap punggung pipa yang dilindungi menjadi salah satu faktor yang menentukan nilai potensial yang terukur. Untuk mempelajari pengaruh faktor tersebut dilakukan pengukuran potensial proteksi dengan variasi jarak penempatan elektroda. Berikut adalah hasil dari pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 4. Pengaruh Jarak CSE dari Punggung Pipa terhadap Pengukuran Potensial Proteksi.

Dari data yang diperoleh diketahui bahwa semakin dekat jarak penempatan CSE, nilai potensial yang terukur lebih besar. Hal tersebut disebabkan karena semakin dekat elektroda CSE dengan pipa yang diproteksi, semakin dekat jarak elektroda CSE dengan pipa yang di proteksi, maka akan menghambat laju arus dari sistem proteksi. Dari hasil pengukuran, jarak optimum penempatan CSE terhadap punggung pipa yang diproteksi pada rentang 10 – 70 cm.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan: Alat simulator proteksi katodik anoda korban berskala pilot untuk perlindungan korosi terhadap sistem perpipaan dalam tanah telah berhasil dibuat dengan menggunakan logam magnesium sebagai anoda.

Penggunaan anoda korban Mg dengan *backfill* lebih tepat untuk memproteksi sistem perpipaan di dalam tanah. Penggunaan anoda Mg lebih tepat untuk memproteksi pipa bawah tanah dibandingkan anoda Al dan Zn. Besar potensial proteksi di sepanjang pipa berbeda-beda semakin jauh dari anoda korban nilai potensial proteksi pipa semakin berkurang. Pengukuran potensial proteksi pipa dengan elektroda CSE memiliki jarak optimal pada rentang 10-70 cm dari punggung pipa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.W. PEABODY. 2001. *Peabody's Control Of Pipeline Corrosion, Second Edition*. Texas: NACE International The Corrosion Society.
- [2] Chess, Paul, Grønvold, Karnov. 2005. *Cathodic Protection of Steel in Concrete*. Copenhagen: Cathodic Protection International.
- [3] Einar Bardal. 2004. *Corrosion and Protection*. Norway: Springer.
- [4] Fitzgerald, John. 2004. *Cathodic Protection for On-Grade Storage Tanks and Buried Piping*. Texas: NACE International The Corrosion Society.
- <http://wikipedia.org/Korosi.html>
- http://wikipedia.org/Proteksi_Katodik.html
- http://wikipedia.org/Sacrificial_Anode.html
- [5] Kelly, Robert G., dkk. 2003. *Electrochemical Techniques in Corrosion Science and Engineering*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- [6] Ngatin, Agustinus, dkk. 2010. *Teknik Pengendalian Korosi*. Bandung: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung
- [7] Nurcahyo. 2014. *Aplikasi Proteksi Katodik*. Bandung: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung
- [8] Parker, Marshall E., Peattie, Edward G. 1999. *Pipeline Corrosion and Cathodic Protection, Third Edition*. Houston: Gulf Publishing Company
- [9] Pierre, R. Roberge. 2000. *Handbook of Corrosion Engineering*. USA: McGraw-Hill.
- [10] Indarti, Retno, dkk. 2006. *Petunjuk Praktikum Teknik Pencegahan Korosi*. Bandung: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.
- [11] W. von Baekmann, W. Schwenk, and W. Prinz. 1997. *Handbook Of Cathodic Corrosion Protection, Third Edition*. Texas: Gulf Professional Publishing