

**PENGGUNAAN SISTEM IMPRESSED CURRENT
DALAM METODA PENCEGAHAN KOROSI
PADA PIPA BAJA BAWAH TANAH**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana**

Oleh :

**ALDIANSYAH IDHAM
00.812.0049**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
M E D A N
2 0 0 5**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)11/12/23

RINGKASAN

Korosi merupakan suatu proses yang merugikan pada logam yang diakibatkan oleh proses elektrokimia antara logam dengan lingkungannya. Dimana proses ini tidak dapat dihilangkan, hanya dapat dikendalikan atau ditanggulangi. Korosi ini terjadi disebabkan oleh 4 (Empat) kondisi yaitu Anoda, Katoda, Elektrolit dan Konduktor yang menghantarkan arus dari katoda ke anoda. Korosi dapat dikendalikan dengan sistem Pembalutan, Material Pengisi, Insulating Joint dan Insulating Flange serta Penggunaan Sistem Proteksi Katodik yaitu Sistem Anoda Korban dan Sistem Arus Tanding (Impressed Current).

Tujuan Penulis mengambil judul skripsi ini adalah untuk mengenalkan dan memahami salah satu metoda yang dapat mengendalikan terjadinya korosi pada logam dengan menggunakan arus listrik yaitu dengan metoda Arus Tanding yang sampai saat ini sering digunakan di PT. Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk.

Di sepanjang jaringan pipa PT. Perusahaan Gas Negara yang bertekanan tinggi telah menggunakan metoda ini yang disebut Sistem Proteksi Katodik. Sistem ini merupakan cara perlindungan yang tepat disamping pemberian proteksi dengan pembalutan pada pipa baja yang ditanam terhadap serangan korosi.

Pada sistem proteksi Arus Tanding sangat perlu diperhatikan beda potensialnya yang tidak kurang dari -850 mVolt dan tidak lebih dari -2000 mVolt, di dalam skripsi ini akan dibahas lebih rinci mengenai Sistem Proteksi Arus Tanding dan aplikasinya di PT. Perusahaan Gas Negara untuk jalur KIM II – Tanjung Morawa Medan.

RESUME

Corrosion is a deterioration of a material, usually a metal due to a chemical or electrochemical reaction with its environment. This process cannot be eliminated, but can only be controlled. The Corrosion is caused by 4 (Four) conditions : Anode, Chatode, Electrolyte and Conductor which is transmit electric current from chatode to anode. Corrosion can be controlled by Coating, Material Filling, Insulating Joint and Insulating Flange and also by using Cathodic Protection System that comprises Sacrificial anode and Impressed Current System.

The objective of this thesis is for introducing and understanding the method of controlling the corrosion on metal material by using electric current generally known as Impressed Current System used by PT. Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk.

Along PT. PGN (Persero) Tbk high pressure pipe network, the Cathodic Protection System is applied. The method is a good one in giving a protection to the pipe line besides coating.

On Impressed Current System it is necessary to maintain potential within a range between -850 mVolt to -2000 mVolt, inside this thesis will be detaily explain Impressed Current System and its application in PT. PGN (Persero) Tbk for KIM II – Tanjung Morawa line.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
RESUME	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Tujuan Penulisan	1
I.3. Pembatasan Masalah	1
I.4. Sistematika Penulisan	2
BAB II TEORI KOROSI	3
II.1. Definisi Korosi	3
II.2. Proses Korosi	3
II.3. Jenis Korosi	7
II.4. Resistivitas Tanah	9
BAB III METODA PENCEGAHAN KOROSI	11
III.1. Pembalutan (Coating).....	11
III.2. Material Pengisi (Backfill Material)	12
III.3. Insulating Joint dan Insulating Flange	12
III.4. Sistem Proteksi	13
III.4.1. Sistem Anoda Korban	14
III.4.2. Sistem Arus Tanding (Impressed Current)	15
BAB IV SISTEM ARUS TANDING (IMPRESSED CURRENT) DAN APLIKASINYA PADA PT PGN (PERSERO) CABANG MEDAN	17
IV.1. Teori Arus Tanding	17
IV.2. Material dan Peralatan	19
IV.2.1. Material	19
IV.2.2. Peralatan	22
IV.3. Pertimbangan Desain	24
IV.4. Formula Desain	25
IV.4.1. Permukaan Pipa Yang Akan Diproteksi	25
IV.4.2. Kebutuhan Arus Proteksi	25
IV.4.3. Tahanan Groundbed	25
IV.4.4. Jumlah Anoda Groundbed Yang Dibutuhkan	26
IV.4.5. Jumlah Anoda Untuk Umur 20 Tahun Desain	26

IV.4.6. Tegangan Yang Dibutuhkan	26
IV.4.7. Kebutuhan Coke Breeze	27
IV.4.8. Rentang Proteksi	27
IV.5. PT Perusahaan Gas Negara (Persero) Cabang Medan	30
IV.6. Penggunaan Formula Desain Sistem Proteksi Arus Tanding Pada Jalur KIM II – Tanjung Morawa	32
IV.6.1. Permukaan Pipa Yang Diproteksi	33
IV.6.2. Kebutuhan Arus Proteksi	34
IV.6.3. Tahanan Groundbed	34
IV.6.4. Jumlah Anoda Groundbed Yang Dibutuhkan	35
IV.6.5. Jumlah Anoda Untuk Umur 20 Tahun	35
IV.6.6. Tegangan Yang Dibutuhkan	36
IV.6.7. Kebutuhan Coke Breeze	36
IV.6.8. Rentang Proteksi	37
IV.7. Pengukuran	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
V.1. Kesimpulan	41
V.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN - LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Korosi merupakan suatu proses yang merugikan pada logam. Dimana proses ini tidak bisa dihilangkan hanya bisa dikendalikan. Adapun penulis mengambil judul ini dikarenakan ingin mengenalkan salah satu metoda yang bisa mengendalikan terjadinya korosi pada logam dengan menggunakan arus listrik, dimana yang kita ketahui energi listrik hanya selalu digunakan sebagai penerangan dan penggerak tetapi ternyata energi listrik bisa juga sebagai pelindung terhadap kerugian materil dalam hal ini berupa korosi.

I.2. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- Mengenalkan Sistem pencegahan karat dengan menggunakan beda potensial
- Mengetahui dan memahami tentang sistem kerja Arus Tanding sebagai pencegah korosi.

I.3. Pembatasan Masalah

Mengingat metoda pencegahan karat sangat banyak maka penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas.

Pembahasan yang akan dilakukan dalam penulisan ini mengenai :

- Pengenalan secara umum dari beberapa metoda pencegah korosi.
- Pengenalan lebih spesifik pada metoda arus tanding.

I.4. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini disusun oleh penulis dalam bagian bab-bab, diusahakan agar mempunyai hubungan isi yang saling berkaitan antara bab demi bab. Isi tiap bab Tugas Akhir ini secara umum sebagai berikut :

- BAB I** Berisi gambaran umum yang mencakup kerangka pemikiran, maksud dan tujuan penulisan Tugas Akhir, Pembatasan Masalah dan sistematika pembahasan.
- BAB II** Disini dibahas penjelasan umum tentang korosi, serta jenis dari keadaan resistivitas tanah dan hubungannya terhadap terjadinya korosi.
- BAB III** Pada bab ini dibahas secara umum tentang metoda-metoda yang dapat mencegah terjadinya korosi.
- BAB IV** Di bab ini dijelaskan sistem kerja metoda arus tanding dan aplikasinya pada salah satu jaringan PT Perusahaan Gas Negara (Persero) Cabang Medan dan juga sejarah dari perusahaan beserta susunan organisasinya.
- BAB V** Penulis mencoba menyimpulkan uraian pada bab-bab sebelumnya.

BAB II

TEORI KOROSI

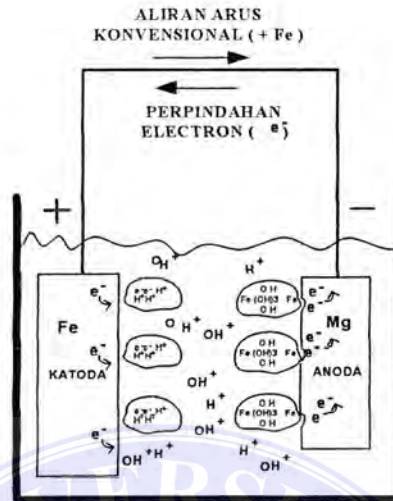
II.1. Definisi Korosi

Korosi adalah suatu peristiwa kerusakan logam akibat proses elektrokimia antara logam dengan lingkungannya dalam hal ini berupa udara, air, tanah, atau lingkungan spesifik seperti industri kimia, minyak bumi, gas alam dan lain-lain.

Korosi merupakan suatu peristiwa alamiah yang tidak dapat dicegah, hanya dapat dikendalikan atau ditanggulangi. Korosi merupakan proses yang merugikan baik ditinjau dari segi material, energi maupun kepentingan umum. Dari hasil-hasil penelitian di negara-negara industri ternyata bahwa $\pm 30\%$ dari baja yang diproduksi tidak dapat berfungsi karena terkorosi, 10% benar-benar habis terkorosi sedangkan 20% dapat diolah kembali menjadi baja, tentunya dengan tambahan biaya dan energi.

II.2. Proses Korosi

Proses terjadinya korosi secara sederhana dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar.2.1. Proses Elektrokimia Antara Metal Dengan Lingkungannya

Pada Gambar 2.1 di atas ditunjukkan :

1. Dua logam yang berbeda yaitu Mg dan Fe dalam hal ini Mg berfungsi sebagai anoda dan Fe sebagai katoda.
2. Elektrolit.
3. Konduktor, dalam hal ini adalah kabel penghubung.

Akibat adanya perbedaan potensial Fe dan Mg arus listrik mengalir, dijelaskan sebagai berikut :

1. Arus mengalir dari kutub positif (+) ke kutub negatif (-) dari katoda ke anoda melalui konduktor. Elektron mengalir dari kutub negatif (-) ke kutub positif (+) dari anoda ke katoda.
2. Pada logam (Mg) elektron meninggalkan logam tersebut masuk ke elektrolit dan metal logam (Mg) tersebut menjadi terkorosi.

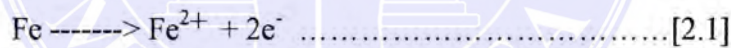
3. Pada logam (Fe) yang menerima elektron dari Logam (Mg) melalui elektrolit tidak terjadi korosi.

Dari keadaan semua ini dapat disimpulkan bahwa korosi dapat terjadi bila dipenuhi ke empat kondisi sebagai berikut :

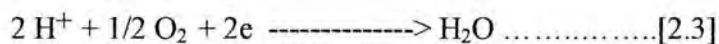
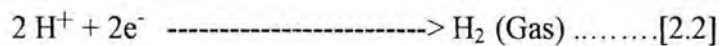
1. Anoda
2. Katoda
3. Elektrolit
4. Konduktor yang menghantarkan arus dari katoda ke anoda.

Adapun proses secara kimia adalah sebagai berikut :

Pada Anoda :

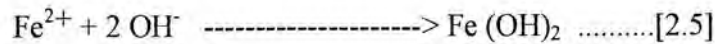


Pada Katoda : Elektron dari anoda mengadakan migrasi ke daerah katoda melalui logam atau elektrolit dan bereaksi dengan berbagai cara yang tergantung pada PH dan adanya oksigen.





Ion-ion hidroksil dari katoda ini dan ion-ion fero dari anoda membentuk :



Dimana $4 \text{Fe}(\text{OH})_3$ ini adalah $2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ dan dinamakan sebagai *karat*.

Proses korosi dapat dianalogikan seperti pada proses yang terjadi pada pipa bawah tanah, dapat dijelaskan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Korosi Pada Pipa Baja Bawah Tanah

Pada Gambar 2.2 di atas dapat ditunjukkan proses korosi pada pipa baja tanpa pelapis lindung. Hal ini terjadi karena ketidak seragaman struktur material atau kondisi tanah yang berbeda sehingga pada lokasi-lokasi tertentu mempunyai perbedaan potensial (anoda dan katoda). Sebagai contoh lokasi A dianggap anoda dan B sebagai katoda, karena daerah anoda (A) lebih negatif dari katoda (B) maka arus mengalir dari positif ke negatif atau dari katoda ke anoda melalui

konduktor (pipa). Selanjutnya Arus meninggalkan anoda (arus korosi) ke katoda melalui lingkungan (elektrolit) maka pada bagian (A) terkorosi.

II.3. Jenis Korosi

Korosi yang terjadi pada logam dapat diketahui jenisnya melalui pengamatan secara visual, namun untuk hasil yang lebih teliti dapat menggunakan mikroskop.

Korosi pada logam dapat diklasifikasikan secara umum sebagai berikut :

1. Uniform Corrosion (Korosi Merata)

Terbentuk pada permukaan logam yang meluas dan merata yang tidak dilapisi pelindung (cat) dengan baik.

2. Galvanic Corrosion (Korosi Galvanis)

Jenis korosi ini dapat terbentuk karena adanya kontak listrik diantara dua metal yang berbeda.

3. Crevice Corrosion (Korosi Celah)

Bentuk korosi yang timbul di sela-sela antara gasket, sambungan bertumpu, sekrup-sekrup atau kelingan karena adanya air atau bahan pengotor yang terperangkap di dalam celah sehingga korosi korosi celah terjadi dengan cepat.

4. Exfoliation Corrosion (Korosi Bentuk Kembang)

Penampilan permukaan berbentuk lepuh-lepuh biasanya terdapat pada aluminium.

5. Erosion Corrosion (Korosi mengikis)

Timbul jika air yang mengalir atau bergerak dengan kecepatan tinggi pada suatu pipa/alat logam dan menggores lapisan pelindung secara terus-menerus menyebabkan terjadinya erosi.

Sebaliknya jika aliran air lambat, pengendapan zat-zat yang tak terlarut bisa menambah korosi dengan membentuk sel-sel korosi setempat.

6. Pit Corrosion (Korosi Lubang-Lubang/Sumur)

Terjadinya korosi pada suatu titik saja yang merupakan suatu sumuran dalam metal. Korosi ini dapat menyebabkan kebocoran sebab semua kekuatan korosi dipusatkan pada suatu daerah yang kecil.

7. Selective Leaching Corrosion (Korosi Pelarutan Selektif)

Bersangkutan dengan melepasnya satu elemen dari campuran logam. Contohnya : Dezincification yang melepaskan zinc dari paduan logam.

8. Intergranular Corrosion (Korosi Berbutir-Butir)

Terjadinya pada "Grain" atau "Crystal Boundary", karena adanya degradasi dari beberapa komponen atau kotoran dalam satu alloy.

9. Stress Corrosion (Korosi Tegangan)

Peristiwa ini timbul apabila baja mengalami tegangan tinggi juga karena korosi. Terjadinya korosi disebabkan oleh :

- Kepekaan terhadap korosi dari bahan
- Adanya unsur-unsur pembangkit korosi
- Adanya tegangan dalam logam

10. Bacterial Corrosion (Korosi Bakteri)

Jenis korosi ini terbentuk pada lokasi yang tidak mengandung oksigen, sehingga timbul bakteri yang akan merusak pipa. Biasanya terjadinya pada lumpur.

II.4. Resistivitas Tanah

Pada waktu lampau melindungi struktur baja dalam tanah yang memiliki resistivitas lebih besar dari 10000 Ohm-cm. Hal ini menunjukkan kebocoran/kerusakan pada struktur tersebut. Dengan demikian maka tingkat korosi berdasarkan resistivitas tanah menjadi pertimbangan utama dalam rancangan sistim perlindungan terhadap korosi.

Tabel 1 di bawah ini menunjukkan Tabel tingkat korosi berdasarkan resistivitas tanah, sedangkan Tabel 2 menunjukan tingkat korosi berdasarkan jenis tanah.

Tabel 1 Tingkat korosi berdasarkan resistivitas tanah.

Resistivitas (Ohm-cm)	Tingkat Korosi
0 - 1.000	Tinggi
1.000 - 2.000	Menengah - Tinggi
2.000 - 5.000	Menengah
5.000 - 10.000	Rendah - Menengah
> 10.000	Rendah

Resistivitas pada berbagai jenis tanah ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 2 Tingkat korosi berdasarkan jenis tanah.

Endapan Permukaan	Perkiraan Resistivitas (Ohm-cm)	Tingkat Korosi
Silt clay	600	Tinggi
City centres	<1.000	Tinggi
Peat	2.000	Menengah-Tinggi
Alluvium, River terrace	2.200	Menengah-Tinggi
Clay deposit, Marl, Shale	2.300	Menengah-Tinggi
Infill	2.400	Menengah-Tinggi
Hill peat, Loam	3.000	Menengah
Coal deposit	4.000	Menengah
Limestone, Hard rock	>10.000	Rendah
Sand and Gravel	20.000	Rendah

Resistivitas tanah tidak selalu tergantung pada kandungan cairan yang ada padanya. Hal ini disebabkan pada kenyataan bahwa banyak terdapat tanah kering mengandung garam-garam yang hanya dapat dilarutkan sampai jenuh. Bersama dengan air hujan semua jenis buangan industri seperti larutan sulfur dan produk karbon dari gas buang selanjutnya akan menambah korsivitas dari tanah. Dari segi proteksi katodik, hal ini menambah besarnya konsumsi arus listrik.

BAB III

METODA PENCEGAHAN KOROSI

Banyak keadaan yang bisa mengakibatkan terjadinya korosi tetapi korosi ini bisa dikendalikan dengan beberapa cara. Adapun cara pencegahan korosi tersebut bisa menggunakan Pembalutan (Coating), Backfill (material pengisi), Insulating Joint dan Insulating Flange dan penggunaan sistem proteksi katodik.

III.1. Pembalutan (Coating)

Tujuan dari sistem pembalutan (coating) pada permukaan luar pipa adalah untuk mengisolasi pipa yang telanjang di bawah tanah dari kontak langsung dengan lingkungannya. Pada dasarnya terdapat 5 macam material coating :

- Coaltar Enamel
- Epoxy Powder Coating
- Mastic Compound
- Tape
- Polyethylene

Bahan-bahan coating ini harus memiliki sifat :

- Mempunyai daya rekat yang baik
- Bersifat sebagai isolator listrik
- Kedap air

- Tahan terhadap arus listrik
- Flexibel dan mudah digunakan
- Tahan terhadap benturan
- Mempunyai sifat fisik dan kimia yang stabil

Meskipun pada pipa telah dilengkapi coating, tetapi tidak ada jaminan coating tersebut sempurna. Bisa saja coating tersebut rusak karena proses penuaan atau akibat lainnya (pengangkatan pipa, penjajaran dan penurunan pipa ke dalam galian)

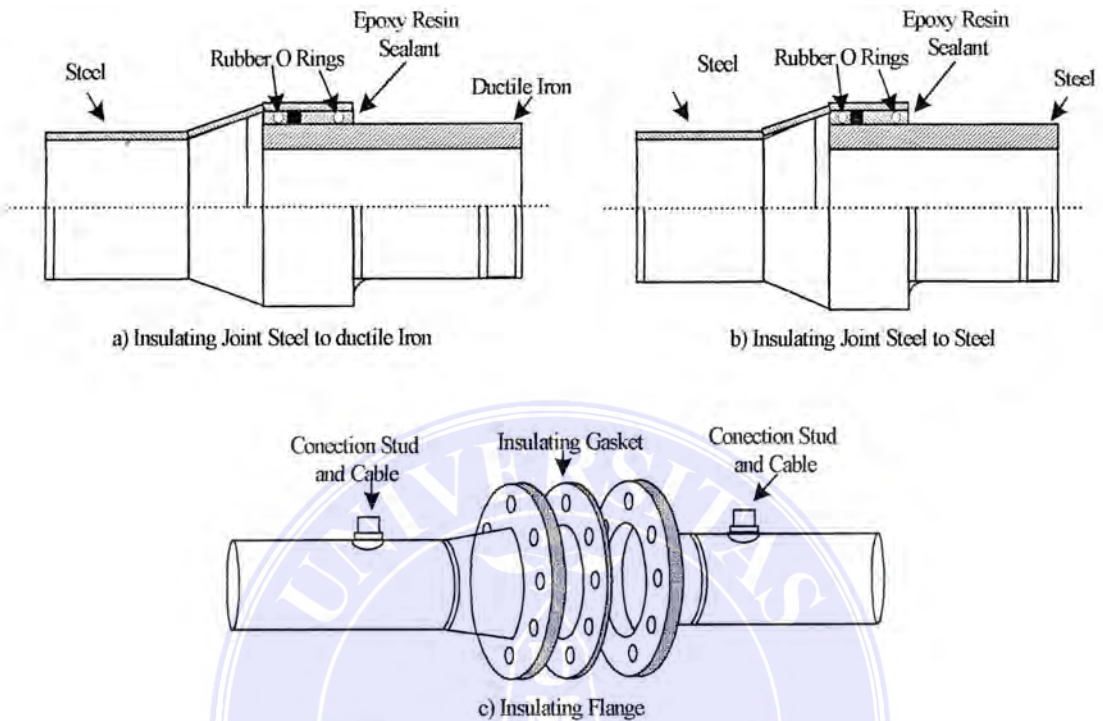
III.2. Backfill (Material Pengisi)

Tujuan penggunaan material ini sepanjang jalur pipa adalah untuk mengurangi tingkat korosi tanah/keadaan sekeliling pipa. Tentu saja sangat tidak ekonomis pekerjaan ini dilakukan. Karenanya penggunaan material ini di batasi pada daerah tertentu yang benar-benar kritis. Bahan Backfill ini adalah :

- Debu batu karang
- Pasir dan krikil

III.3. Insulating Joint dan Insulating Flange

Material ini digunakan untuk memisahkan daerah-daerah anodik dan katodik pada pipa. Sebagai contoh pada pipa lama dan pipa baru dan dua material yang beda seperti flange pipa dan flange valve. Insulating Joint dan Insulating Flange ini juga berfungsi untuk memutuskan hubungan listrik pada sistem proteksi katodik Gambar 3.1 menunjukkan Insulating Joint dan Insulating Flange.



Gambar 3.1. Insulating Joint dan Insulating Flange

III.4. Sistem Proteksi

Metode ini menggunakan dasar peristiwa korosi GALVANIC, untuk menghambat atau mengendalikan proses elektrokimia yang akan terjadi pada pipa baja.

Prinsipnya adalah menurunkan potensial pipa terhadap tanah sampai harga potensial proteksi lebih negatif. Pada umumnya pipa baja memiliki potensial lebih kurang - 500 mVolt bila diukur dengan elektroda pembanding Cu/CuSO₄ jenuh.

Dimana untuk mencapai kriteria proteksi, potensial pipa harus diturunkan menjadi - 850 mVolt atau lebih negatif bila diukur dengan elektroda pembanding yang sama.

Batas minimum potensial proteksi terhadap pipa yang dilengkapi dengan coating sebesar - 2000 mVolt. Lebih minimum dari batas potensial tersebut coating akan rusak akibat dari pelepasan gas hidrogen (H_2). Penurunan ini dapat dilakukan dengan membanjiri elektron pada pipa sehingga bersifat katodik.

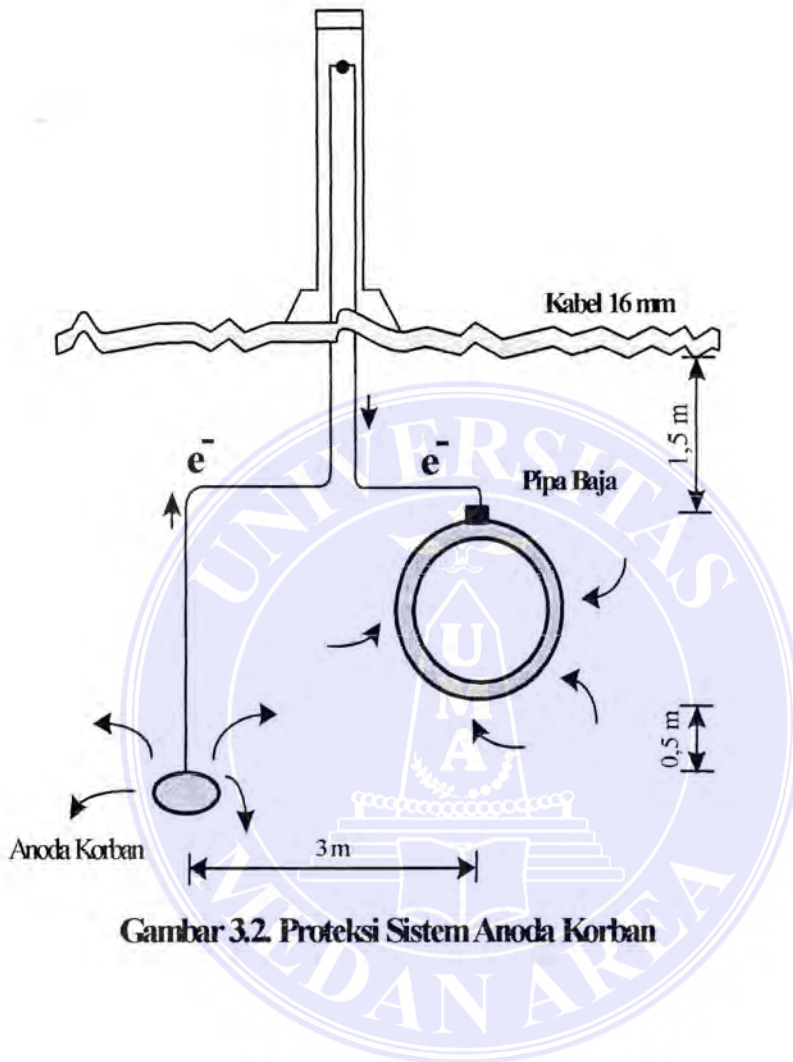
Ada 2 (dua) macam proteksi katodik yang berdasarkan sumber arusnya yaitu :

1. Sistem Anoda Korban (Sacrificial Anode)
2. Sistem Arus Tanding (Impressed Current)

III.4.1. Sistem Anoda Korban (Sacrificial Anode)

Sistem ini menggunakan dasar sumber arus listrik yang dihasilkan sendiri oleh anoda sistem galvanik. Material anoda yang digunakan untuk proteksi pipa baja biasanya adalah Logam Magnesium (Mg) atau Logam Seng (Zn) dan bersifat kurang mulia terhadap baja/besi.

Pada sistem ini satu atau lebih anoda dihubungkan pada pipa oleh suatu kabel penghubung sebagai konduktor, sistem ini dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.2.

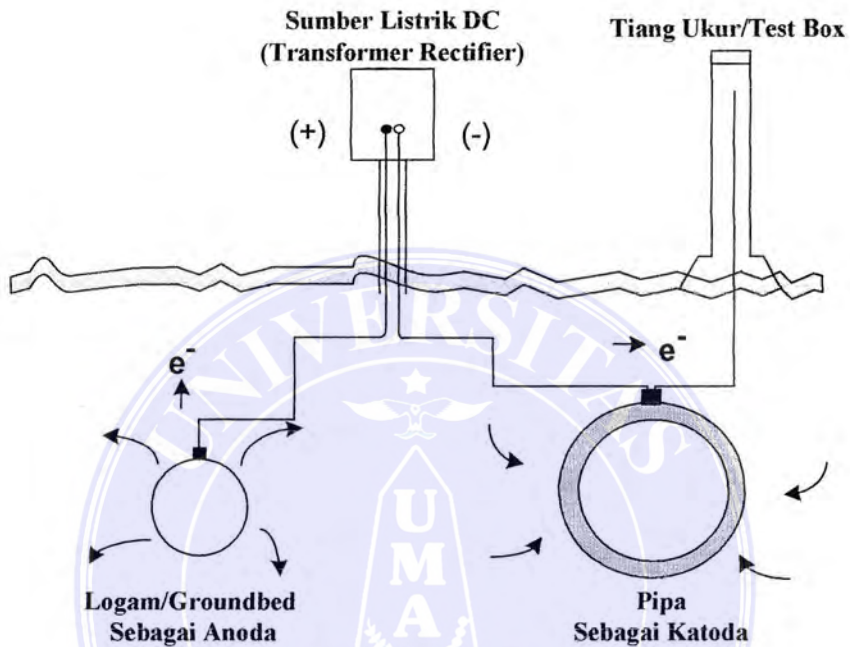


Gambar 3.2. Proteksi Sistem Anoda Korban

III.4.2. Sistem Arus Tanding (Impressed Current)

Sistem ini pada dasarnya sama dengan sistem Anoda Korban hanya saja disini digunakan arus listrik dari sumber luar kepada struktur yang akan dilindungi. Logam yang akan diproteksi dihubungkan dengan muatan negatif (-) sehingga berfungsi sebagai katoda, sedangkan logam lain sebagai ground dihubungkan dengan

muatan positif (+) dan berfungsi sebagai anoda. Sistem ini dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.3



Gambar 3.3. Proteksi Sistem Arus Tanding

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari pembahasan di atas dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran, yakni :

V.1. Kesimpulan

1. Peristiwa kelistrikan tidak hanya digunakan untuk penerangan dan tenaga penggerak tetapi bisa juga digunakan sebagai pelindung dari peristiwa korosi pada pipa baja.
2. Korosi dapat terjadi apabila bila dipenuhi 4 (empat) kondisi yakni Anoda, Katoda, Elektrolit dan konduktor yang menghantar arus dari katoda ke anoda.
3. Korosi dapat dikendalikan dengan menggunakan sistem Pembalutan (Coating), Material Pengisi (Back fill), Insulating Joint dan Insulating Flange serta penggunaan sistem Proteksi Katodik.
4. Proteksi katodik merupakan cara perlindungan yang tepat disamping pemberian proteksi dengan coating pada pipa baja yang ditanam terhadap serangan korosi.
5. Pada Sistem Proteksi Arus Tanding yang paling perlu diperhatikan adalah agar menjaga beda potensial tidak kurang dari -850 mVolt dan tidak melebihi dari -2000 mVolt. Apabila kurang dari -850 mVolt maka korosi akan terjadi dan apabila lebih dari -2000 mVolt maka kondisi ini akan merusak material pembalutan (coating) dari pipa tersebut.

V.2. Saran

1. Agar pipa PT Perusahaan Gas Negara tetap terpelihara dengan baik dan menghindari dari kerugian yang disebabkan korosi yang terjadi pada pipa maka perlu diterapkan sistem perawatan dan pengontrolan secara kontiniu dari metoda sistem arus tanding ini.
2. Untuk memperlancar proses pengoperasian proteksi katodik ini, maka setiap personel yang melaksanakan kegiatan ini diberi tambahan keahlian dan ilmu terutama dalam pengembangan sistem ini.



DAFTAR PUSTAKA

1. Banyudoyo Bambang, **Penggunaan Sistem Proteksi Katodik Pada Pipa Penyalur Gas**, 1990, PT Perusahaan Gas Negara (Persero)
2. -----, **Cathodic Protection**, N.V. Nederlandse Gasunie
3. -----, **Desain Sistem Proteksi Katodik**, 2002, PT Perusahaan Gas Negara (Persero), Bogor
4. Erlangga, **Proteksi Pipa Terhadap Korosi**, Februari 1994, PT Perusahaan Gas Negara (Persero)
5. Fontana, M.G. **Corrosion Engineering**, Second Edition
6. Jones, D.A, **Principles and Prevention of Corrosion**, 1992, Macmillan Publishing Company, New York
7. Marsono, **Sistem Katodik Proteksi Terhadap Logam/Pipa**, PT Perusahaan Gas Negara (Persero), 1988
8. Marshall E. Parker, **Pipe Line Corrosion and Cathodic Protection**, 1984, Third Edition
9. Peabody, A.W, **Control of Pipeline Corrosion**, 1967, Second Edition, NACE Press, Houston, Texas
10. -----, **Petunjuk Pelaksanaan Pemasangan Sistem Proteksi Katodik**, PT. Perusahaan Gas Negara (Persero), Mei 2000
11. -----, **Sistem Proteksi Katodik**, PT. Perusahaan Gas Negara (Persero), Mei 2000
12. Taryono, **Desain dan Instalasi Sistem Proteksi Katodik**, PT Perusahaan Gas Negara (Persero), 2003