

STUDI KOROSI PADA PIPA MENGGUNAKAN METODE IMPRESSED CURRENT DI PETROCHINA INTERNATIONAL JAMBI.Ltd¹⁾

Deddy Irwanto²⁾, Yuslan Basir³⁾, Muhni Pamuji⁴⁾

Abstrak : Korosi adalah kejadian rusaknya lapisan logam akibat pengaruh lingkungan secara alami, Korosi ini juga dapat terjadi di instalasi pipa distribusi yang ditimbun di dalam tanah (burried pipe). Untuk mencegah korosi akibat pengaruh eksternal. Menggunakan proteksi katodik (cathodic protection) jenis anoda tumbal (sacrificial anode) dan arus paksa (impressed current). Penggunaan berhubungan erat dengan kebutuhan arus proteksi, kondisi lingkungan, operasional dan letak korosi yang berlebih.

Impressed current System memberikan aliran arus DC positif menggunakan anoda yang bersifat inert sebagai media penyalur arus dari pipa kembali ke rectifier. Kriteria proteksi katodik yang baik adalah memberikan nilai beda potensial antara struktur yang di lindungi Untuk Pipa fire water pump 10" x 563 m .Arus proteksi (Ip) 1,349 A dengan Tegangan 21,79 Volt .Untuk pipa fire water pump 6" x 23 m arus proteksi 0,034 A dengan tegangan 23 volt. Untuk pipa open drain 4" x 18 m Arus Proteksi (Ip) 0,034 A dgn Tegangan 12,87 Volt. Untuk pipa open drain 2" x 23 m arus proteksi (Ip) 0,120 A dan Voltage 12,87 v. Untuk cover besi pipa 16" x 12 m arus proteksi (Ip) 0,043 A dan Tegangan 12,87 V. Untuk cover besi pipa 18" x 12 m Arus Proteksi (Ip) 0,048 A dan Tegangan 12,87 V. Untuk Cover besi pipa 22" x 12 m Arus Proteksi (Ip) 0,056 A dan tegangan 12,87 V. Untuk Pipa 10' x 563 m dengan Arus Proteksi (Ip) 1.394 A dapat menahan laju korosi sebesar 17,3 mm/yr. dan Menjaga kestabilan beda potensial tegangan (Vp) – 0,85 Volt sampai Dengan – 1,50 Volt terhadap pipa yang di proteksi.

Abstract: Corrosion is defined as the destruction of a metal layer under the influence of natural environment, Corrosion can also occur in the installation of distribution pipe dumped in the ground (Buried pipe). To prevent corrosion due to external influences. Using cathodic protection (cathodic protection) casualties of the type anode (sacrificial anode) and forced flow (impressed current). Usage is closely related to the current needs protection, environmental conditions, operational and location of excessive corrosion.

Impressed current system provides a positive DC current flow using an inert anode as a medium for channeling the flow of the pipeline back to the rectifier. Criteria for a good cathodic protection is to provide value potential difference between the structure protected with a reference electrode (Cu / Cu SO₄) worth 850 mV. To pipe fire water pump 10"x563 m. Current protected (Ip) 1,349 A with Voltage 21,79 volt

I. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Korosi merupakan kejadian rusaknya lapisan logam akibat pengaruh lingkungan secara alami, Korosi juga dapat terjadi di instalasi pipa distribusi yang ditimbun di dalam tanah (burried pipe). Untuk mencegah korosi

akibat pengaruh eksternal, dapat digunakan dua buah cara yaitu Proteksi katodik (catodic proteksi) jenis anoda tumbal (Sacrifial anoda) dan arus paksa (impressed current). Penggunaannya berhubungan erat dengan kebutuhan arus proteksi. Kondisi lingkungan, Operasi dan letak korosi yang berlebih.

¹ Studi Korosi Pada Pipa Menggunakan Metode Impressed Current di Petrochina International Jambi.Ltd

² Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang

^{3,4} Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang

Korosi terjadi pada logam karena adanya aliran arus listrik dari satu bagian ke bagian yang lain di permukaan logam. yang mengalir pada logam akan menghilangnya metal. di mana arus dilepaskan di lingkungan (oksidasi atau reosiaksi anoda). Untuk itu diperlukan proteksi untuk menghindari terjadinya korosi tersebut.

1.2. Tujuan

Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui berapa besar tegangan dan arus rectifier DC yang dibutuhkan untuk memperlambat terjadinya korosi pada instalasi pipa distribusi di Petrochina International Jabung Ltd. dengan menggunakan metode Impressed current. Sehingga saya mengangkat kasus tersebut dalam skripsi ini dengan judul Studi proteksi korosi pada pipa menggunakan metode impressed current di Petrochina International jambi Ltd.

1.2. Rumusan Masalah

Penulis akan mengangkat masalah Prroteksi korosi terhadap pipa dengan menggunakan Arus listrik DC (I) dan pengaturan Tegangan listrik (Voltage) menggunakan sumber dari rectifier Pada Project BCD4.

1.3. Batasan Masalah

Permasalahan hanya pada studi proteksi instalasi pipa distribusi Project BCD 4 di petrochina International jabung Ltd dari karat (korosi) pada pipa Air dan gas dengan menggunakan metode impressed current.

1.4. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu:

BAB I Pendahuluan

BAB II Teori singkat mengenai korosi dan metode yang dapat digunakan untuk mencegah terjadinya korosi.

BAB III Berisi tentang profil singkat perusahaan dan metode yang digunakan dalam menghitung proteksi korosi yaitu Metode Impressed current.

BAB IV Merupakan hasil perhitungan dari proteksi korosi menggunakan metode impressed current.

BAB V Berisikan analisis hasil perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Korosi

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Secara umum korosi dapat terjadi karena hilangnya logam pada bagian yang terpengaruh terhadap lingkungan. Korosi terjadi dalam berbagai macam bentuk, mulai dari korosi merata pada seluruh permukaan logam sampai dengan korosi yang terkonsentrasi pada bagian tertentu saja.

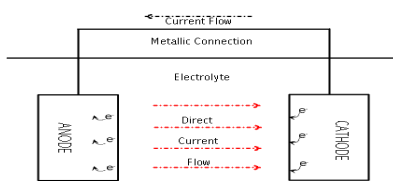
Korosi pada logam terjadi karena adanya aliran arus listrik dari satu bagian pada ke bagian yang lain di permukaan logam. Aliran arus ini akan menyebabkan hilangnya metal pada bagian dimana arus dilepaskan ke lingkungan (oksidasi atau reaksi anoda). Untuk itu diperlukan proteksi untuk menghindari terjadinya di titik dimana arus kembali ke permukaan logam.

Terdapat empat unsur pokok yang harus dipenuhi agar korosi dapat terjadi. Empat unsur pokok tersebut adalah :

- Anoda, tempat terjadinya reaksi oksidasi.

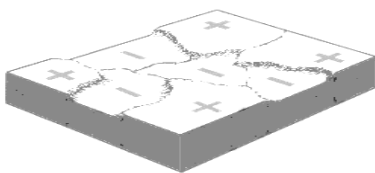
- Katoda, tempat terjadinya reaksi reduksi.
- Elektrolit, Lingkungan tempat katoda dan anoda ter-ekpose.

Sambungan logam, katoda dan anoda harus disambung dengan menggunakan sambungan logam agar arus listrik dapat mengalir. Pada logam akan terjadi polaritas sehingga akan ada anoda korban semakin polaritas semakin Bagus proteksinya.

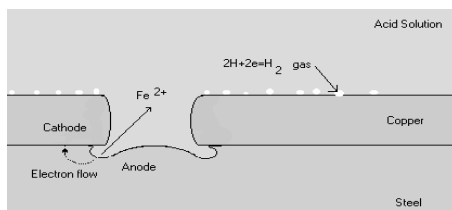


Gambar 1. Mekanisme Korosi

Pada logam yang Sama salah satu bagian permukaannya dapat menjadi. Anoda dan bagian Permukaan lainnya menjadi katoda. Hal ini bisa saja terjadi karena kemungkinan logam terdiri dari phase yang berbeda, karena permukaan logam dilapisi dengan kondisi coating yang berbeda, atau karena di permukaan logam terdapat lebih dari satu macam elektrolit.



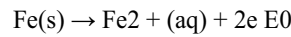
Gambar 2. Korosi pada permukaan logam



Gambar 3. Mekanisme Korosi

2.2 Rumus Kimia Korosi

Rumus kimia karat besi adalah Fe₂O₃ .XH₂O, suatu zat padat yang berwarna coklat-merah. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi berlaku sebagai anode dimana besi mengalami oksidasi.



2.3 Jenis-Jenis korosi

Berdasarkan bentuk dan tempat terjadinya, korosi terbagi dalam beberapa jenis antara lain: korosi merata (uniform corrosion), korosi sumuran, korosi antar butir, korosi erosi, korosi galvanik dan korosi celah dan masih banyak lainnya.

Berikut ini merupakan penjelasannya.

2.3.1 Korosi Merata

Korosi merata atau general corrosion merupakan bentuk korosi yang paling lazim terjadi. Korosi yang muncul terlihat merata pada seluruh permukaan logam dengan intensitas yang sama. Salah satu contohnya adalah efek dari korosi atmosfer pada permukaan logam. Korosi merata terjadi apabila seluruh bagian logam memiliki komposisi yang sama. Korosi jenis ini biasanya dapat diatasi dengan cara meng-coating permukaan logam.

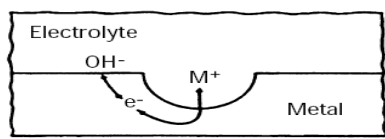


Gambar 4. Korosi Merata

2.3.2 Korosi Sumuran

Korosi sumuran merupakan korosi yang muncul dan terkonsentrasi pada daerah tertentu. Bentuk korosi ini biasanya disebabkan

oleh klorida. Mekanisme terbentuknya korosi sumuran sama dengan korosi celah. Hanya saja korosi sumuran ukurannya lebih kecil jika dibandingkan dengan korosi celah. Karena jaraknya yang saling berdekatan satu sama lain, korosi sumuran akan mengakibatkan permukaan logam menjadi kasar. Korosi sumuran terjadi karena komposisi material yang tidak homogen, rusaknya lapisan pelindung, adanya endapan dipermukaan material, serta adanya bagian yang cacat pada material.



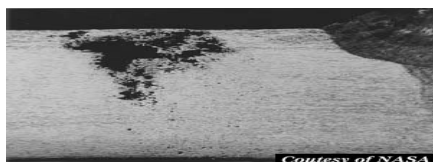
Gambar 5. Mekanisme Korosi Sumuran



Gambar 6. Korosi Sumuran

2.3.3 Korosi Antar Butir

Korosi antar butir atau *intergranular corrosion* merupakan korosi yang terjadi pada *grain boundary* sebuah logam atau alloy. Korosi tipe ini biasanya disebabkan karena adanya impuritas atau pengotor pada batas butir dan dan terjadi secara local disepanjang batas butir pada logam paduan.



Gambar 7. Korosi Antar Butir

Gambar di atas menunjukkan sebuah logam stainless steel yang terkorosi pada bagian yang terkena panas dimana jaraknya tidak jauh dari bagian las-lasan. Ini merupakan tipikal dari

korosi antar butir pada *austenitic stainless steel*. Korosi tipe ini dapat dihilangkan dengan menggunakan stainless steel 321 atau 347 atau dengan menggunakan stainless steel yang tingkat karbonnya rendah (304L atau 316L).

2.3.4 Korosi Erosi

Korosi erosi merupakan gabungan dari kerusakan elektrokimia dan kecepatan fluida yang tinggi pada permukaan logam. Korosi erosi dapat pula terjadi karena adanya aliran fluida yang sangat tinggi melewati benda yang diam atau statis. Atau bisa juga terjadi karena sebuah objek bergerak cepat di dalam fluida yang diam, misalnya baling-baling kapal laut.

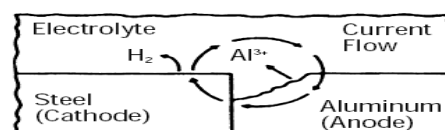


Gambar 8. Korosi Erosi

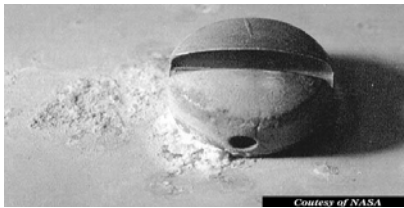
Bagian permukaan logam yang terkena korosi biasanya relatif lebih bersih jika dibandingkan dengan permukaan logam yang terkena korosi jenis lain. Erosi korosi dapat dikendalikan dengan menggunakan material yang terbuat dari logam yang keras, merubah kecepatan alir fluida atau merubah arah aliran fluida

2.3.5 Korosi Galvanik

Korosi galvanik terjadi apabila dua buah logam yang jenisnya berbeda di pasangkan dan direndam dalam cairan yang sifatnya korosif. Logam yang lebih aktif atau anoda akan terkorosi, sementara logam yang lebih noble atau katoda tidak akan terkorosi



Gambar 9. Mekanisme korosi galvanic



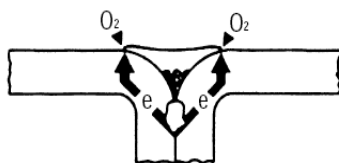
Gambar 10. Korosi Galvanik

Korosi galvanik ini banyak terjadi pada benda yang menggunakan lebih dari satu macam logam sebagai komponennya, misalnya pada automotif. Jika aluminium terhubung langsung dengan baja, maka aluminium akan terkorosi. Untuk mengatasi hal ini, maka di antara aluminium dan baja harus ditempatkan sebuah benda non logam atau isolator untuk memisahkan kontak listrik di antara keduanya. Mekanisme korosi galvanik biasanya digunakan untuk sistem proteksi pada komponen baja, misalnya proteksi pada lambung kapal, tiang penyangga dermaga, pipa baja, tiang penyangga jembatan dan lain sebagainya.

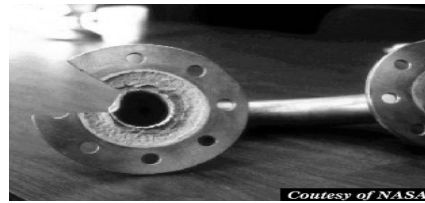
2.3.6 Korosi Celah

Korosi celah merupakan korosi yang terkonsentrasi pada daerah tertentu.

Korosi celah terjadi karena adanya larutan atau elektrolit yang terperangkap di dalam celah atau lubang, misalnya pada sambungan dua permukaan logam yang sejenis permukaan logam yang retak, baut dan tapal. Elektrolit yang terperangkap pada lubang akan menimbulkan beda konsentrasi oksigen, sehingga terbentuk sel korosi. Daerah dengan konsentrasi oksigen tinggi berperan sebagai katoda dan daerah konsentrasi oksigen rendah berperan sebagai anoda.



Gambar 11. Mekanisme korosi celah



Gambar 12. Korosi Celah

2.4. Metode Pencegahan Korosi

Lima macam metode yang digunakan untuk mengontrol korosi adalah Pelapisan atau *coating*, Perlakuan lingkungan, pemilihan material, desain berlebih dan proteksi katodik.

2.4.1 Pelapisan

Pelapisan merupakan cara yang paling umum dilakukan untuk melindungi logam dari serangan korosi. Pelapis yang dapat digunakan antara lain cat, logam (galvanisasi, plastik dan semen). Pada dasarnya pelapis-pelapis ini berfungsi untuk melindungi logam dari reaksi yang tidak menguntungkan dengan lingkungan, oleh karena itu pelapis-pelapis ini harus bersifat mudah dilapiskan, memiliki daya adhesi yang baik, dapat bertahan lama dan memiliki sifat tahan terhadap korosi, tahan terhadap temperatur tinggi, tahan air, dan lain sebagainya.

2.4.2 Perlakuan Lingkungan

Perlindungan terhadap korosi dapat juga dilakukan dengan mengusahakan lingkungan menjadi tidak korosif. Namun hal ini biasanya hanya bisa dilakukan pada lingkungan terbatas. Misalnya mengurangi atau menghilangkan uap air dan partikel partikel korosi yang bersifat korosif.

2.4.3 Pemilihan Material

Pencegahan korosi dengan memilih material dilakukan dengan menggunakan material logam ataupun paduannya yang

bersifat tahan korosi misalnya titanium ataupun baja tahan karat.

2.4.4 Desain Berlebih dan Perbaikan Desain

Pencegahan korosi dengan menggunakan desain berlebih dilakukan dengan cara menambah ukuran material yang sebenarnya, agar umur pakainya dapat diperpanjang sesuai dengan kebutuhan.

2.4.5. Catodik Proteksi

Catodik Proteksi adalah Perlindungan terhadap suatu logam dari serangan korosi. Proteksi katodik memanfaatkan konsep deret Galvanis (mekanisme korosi Galvanis) untuk melindungi logam. Secara sederhana korosi galvanis akan terjadi pada logam jika ada tiga hal dipenuhi :

1. Ada dua buah logam yang memiliki Beda Potensial Elektrik (perbedaan lebih dari 0,1 volt sudah cukup untuk memicu terjadinya korosi). Dua buah logam tidak harus dari dua logam yang berbeda jenis, meskipun pada logam yang Sama (misal pada satu pipa baja) akibat kondisi permukaan (kotor, cat atau coating terkelupas, korosi, dll) dan ketidakseragaman komposisi maka dapat menimbulkan beda Potensial elektrik ini. Bagian logam dengan PE tinggi (lebih positif) Akan menjadi penerima elektron atau bersifat katodik dan bagian dengan PE rendah (lebih negatif) akan menjadi penyumbang elektron (anoda) bila kedua logam dihubungkan.
2. Dua buah logam tersebut kontak secara elektrik (memungkinkan terjadinya aliran arus listrik).
3. Ada fluida elektrolit yang memungkinkan arus mengalir pada lingkungan kedua logam tersebut.

Bila ketiga kondisi diatas terpenuhi maka bagian anoda akan mengalami korosi, dan bagian katoda akan aman dari korosi (terlindungi). Ide dari proteksi katodik adalah logam anodik pada lingkungan logam yang akan dilindungi sedemikian rupa sehingga logam yang dilindungi akan menjadi bagian katodik jika proses korosi berlangsung. Logam anodik tersebut dikenal sebagai anoda korban. Agar perlindungan berhasil maka anoda korban dipasang sesuai dengan kondisi diatas yaitu: disambungkan secara elektrik dengan logam (bisa ditempelkan) yang akan dilindungi dan diletakkan pada lingkungan elektrolit yang sama (dalam air laut misalnya) dengan logam yang dilindungi.

2.4.6 Laju Korosi

Korosi sangat dipengaruhi oleh lingkungan misalnya temperatur pH, oksigen,kecepatan fluida, dan zat-zat oksidator. Untuk menghitung laju korosi, terdapat dua metode yang dapat digunakan antara lain metode kehilangan berat atau weight gainloss (WGL) dan metode elektrokimia.

$$R = \frac{534 \times W}{D \times A \times T} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana
R = laju korosi (mili per year)
W = berat anoda groundbed (kg)
D = Berat jenis (g/cm³)
A = Luas permukaan (m²)
T = Rentan waktu yang digunakan untuk pengujian (jam)

Satuan laju korosi MILI PER YEAR diatas dapat dikonversi dalam beberapa tipe satuan lainnya,antara lain 1 mili per year = 0.0254 mm/yr

Tabel 1. Konstanta

No	Satuan	Nilai
1	Arus Density pada besi (mA/m)	21,5
2	Faktor Pengaman (E)	1,3
3	Faktor Utilitas (μ)	0,85
4	Arus yang di keluarkan yang ditetapkan (Ia)	0,070
5	Diameter kabel anoda grounbed (cm)	0,3
6	Jarak pemasangan anoda grounbed (meter)	21,6
7	Faktor keamanan (μ tr)	1,50
8	Mili per year (mpy)	0,0254
9	Tegangan balik anoda grounbed (Vb)	2.0

2.4.7. Berat Anoda Groundbed

Berat anoda diperlukan berdasarkan luas area yang akan di proteksi sehingga di perlukan komposisi yang sesuai untuk mendesain lama masa pakai anoda itu sehingga bisa kita mendesain untuk waktu tertentu.

$$w = \frac{Y \times S \times I}{E} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

- W = berat anoda (kg)
- Y = Desain masa pakai 25 tahun (years)
- S = Berat anoda (kg)
- I = Arus Proteksi (Ampere)
- E = Safety Factor

III. METODE IMPRESSED CURRENT

3.1. Kondisi Umum Petrochina

International Ltd

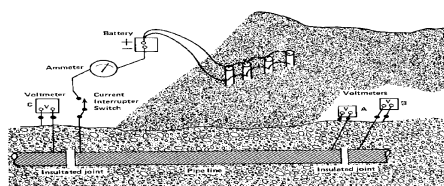
Pada Bulan Februari 1993 ,Petrochina dan Santa Fe menandatangani Kontrak bagi hasil dengan Pertamina meliputi Blok Jabung di Provinsi Jambi dari Sumatera Sealatan. Petrochina dan mitranya mengambil daerah yang sudah di eksplrsi dengan 12 blok.Re interprestrasi dari data yang ada dan di lanjutkan seismik menyebabkan pengeboran utara Geragai -1 .Minyak hasil pengujian di dapat 5.450 barel .Bersama dengan 30

MMSCFD gas alam ditemukan pada januari 1995.Produksi di mulai pada Agustus 1997. The North Geragai -1 Penemuan memacu aktivitas lebih lanjut di sumatera .Penenmuan lain yang dibuat di blok jabung (minyak), NEB (minyak dan gas),NBatara (minyak dan gas) dan minyak dan gas di gemah daan minyak dan gas di West Betara dan Southwest Betara pada tahun 2004 dan 2005.in termasuk 1000 BBBL/ hari kondensat dan 185 MT/hari LPG beingextracted di pabrik pengolahan gas terletak di bidang Geragai Utara .Produksi minyak komulatif dari blok tersebut telah memproduksi lebi dari 44 juta barel.

3.2. Metoda Impressed Current

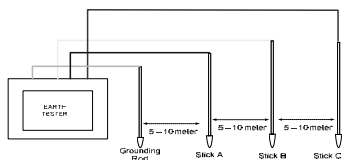
Impressed Current yaitu menggunakan arus listrik sebagai ganti dari penggunaan anoda oleh karena itu sistem ini membutuhkan sumber listrik yang biasanya di supply dari sumber DC (DC supply). Bahan logam yang ingin dilindungi biasanya harus di cat (coating) terlebih dahulu. Sistem ini juga membutuhkan perawatan dan pengawasan secara berkala dan terus menerus untuk memastikan sistem ini bisa digunakan untuk masa waktu yang sangat lama Biasanya sistem ini digunakan pada topside platform atau pipeline yang ditaruh diatas tanah untuk onshore.

Metode impressed current (arus paksa) yang digunakan di petrochina menggunakan Rectifier yaitu pengubah arus AC menjadi DC .keluaran dari Rectifier dapat diatur selama beberapa waktu pada saat system online. Anode atau Groundbed yang digunakan adalah anode system silicon yang kandungan besinya sangat tinggi



Gambar 14. Metode impressed current

Gambar diatas adalah contoh Pengujian dengan pengaturan sementara. dengan menggunakan baterai yang di seri dengan Potensiometer untuk mengatur arus. Potensiometer di gunakan untuk mencari seberapa besar arus yang dibutuhkan di area tersebut.



Gambar 15. Earth Resistance Tester

Gambar diatas adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengukur resistansi tanah (ohm) dimana besar kecil resistansi tanah bergantung pada jenis tanah itu sendiri contoh : tanah rawa.tanah berbatu dll

3.3. Alasan memilih metode impressed current

Metode ini menggunakan masukan arus listrik dan anoda inert sebagai penyumbang polaritas negatif yang tidak akan habis sehingga sistem ini dapat digunakan pada waktu yang lama. Metode impressed current ini biasanya digunakan pada lingkungan yang memiliki resistivitas yang tinggi dan tersedianya power listrik. Keuntungan digunakannya metode ini adalah:

- level dari proteksi dapat diatur
- arus yang digunakan tinggi
- area proteksi yang luas
- dapat memproteksi struktur yang tidak di coating dengan baik.

Sementara itu terdapat beberapa kerugian apabila menggunakan metode ini:

- Kemungkinan terjadinya interfensi sangat besar
- Perlu perawatan yang baik
- Kemungkinan terjadinya overprotection sangat besar

- Adanya biaya untuk menjalankan energi eksternal

Proteksi katodik ini banyak digunakan pada industri-industri, terutama pada pipa-pipa yang peranannya sangat penting dalam produksi. Namun proteksi katodik pada pipa-pipa ini akan mungkin digunakan(dilihat secara ekonomi) apabila terminal point dipakaikan suatu isolating joint untuk memisahkan pipa yang diproteksi dengan pipa yang memiliki resistansi yang rendah

3.4. Menghitung Arus, Tegangan dan laju korosi

Dalam menghitung nilai arus proteksi untuk perlindungan pipa adalah Menentukan luas area yang di proteksi.

$$A = \delta \times D \times L \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

- A = Luas area yang di proteksi (m²)
- D = Diameter Luar pipa (m)
- L = Panjang Pipa (m)

Kemudian setelah kita mendapatkan luas area yang akan di proteksi maka Selanjutnya kita dapat menentukan nilai arus proteksi terhadap pipa.

$$I_p = A \times C_d \times SF \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

- I_p = Arus Proteksi (Amp)
- A = Area yang di proteksi (m²)
- C_d = Arus Density pada besi (mA/m²)
- SF = Faktor Pengaman

Perubahan polarisasi pada anoda goundbed yang lebih positif terhadap pipa (logam) menyebabkan perubahan arus positif yang disebut dengan polarisasi anoda yang akan mendorong laju korosi dengan reaksi anoda untuk itu di perlukan jumlah anoda.

$$N = I_p / (U \times I_a) \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

- N = Jumlah minimum anode yang dibutuhkan (ea)
- I_p = Arus protektif (Amp)
- μ = Faktor Utilitas
- I_a = Arus keluaran anode yang ditetapkan (Amp/m)

Anoda Goundbed adalah logam yang relatif lebih aktif, yang menjadi pemasok electron bagi reaksi reduksi, sehingga resistansi groundbed akan mempengaruhi laju korosi.

$$R_a = \frac{\psi}{2x\phi xL} \left[\ln \left[\frac{4xL}{d} \right] \right] \epsilon \dots (11)$$

Resistansi Goundbed tunggal

Dimana:

- R_a = Resistansi grounded (Ù)
- ñ = Tahanan tanah (Ù-cm)
- L = Panjang masing-masing anode (cm)
- d = Diameter kabel anode (cm)

Jarak anoda dengan power supply terhadap pipa yang akan di proteksi akan mempengaruhi panjang (L) kabel yang akan di gunakan ini bergantung dengan jenis konduktor yang digunakan yaitu resistansi kabel.

$$R_{cn} = \rho_{cn} \times L_n \dots\dots\dots(12)$$

Dimana

- R_{cn} = Resistansi kabel (ohm)
- ñ_{cn} = Resistansi konduktor (ohm/m)
- L_n = Panjang Kabel (m)

Jarak Pemasagan Anoda mempengaruhi arus proteksi (I_p) tiap jarak anoda sehingga kerapatan arus (Current density) terpenuhi pada logam yang akan di proteksi

$$S = \frac{L}{n} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana:

- S = jarak pemasangan antar anoda (m)
- L = panjang pipa (m)
- n = jumlah anoda yang diperlukan (Ea)

Panjang kabel yang digunakan untuk menjangkau area yang akan di proteksi juga mempengaruhi pasokan tegangan (Volt) yang di supply .Sehingga drop tegangan dapat juga terjadi sehingga bisa mempengaruhi arus proteksi yang akan di hasilkan.

$$V_c = R_c \times I_p \dots\dots\dots(14)$$

Dimana:

- V_c = Drop Tegangan kabel (volt)
- R_c = Resistansi Kabel (Ù)
- I_p = Arus proteksi (amp)

Tegangan (Volt) yang akan digunakan sangat bergantung dengan kemampuan rectifier yang akan digunakan. Besar Arus (I) dan tegangan sehingga proteksi pada pipa (logam) akan maksimal.

$$V = (I_p \times R_a) + V_c + V_b \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

- V = Tegangan DC Rectifier (Volt)
- I_p = Arus prroteksi (amp)
- R_a = Resistansi groundbed (Ù)

Untuk menjangkau semua struktur yang akan di proteksi dan sudah memperhitungkan faktor rugi – rugi dan efisiensinya. Sehingga Pemilihan rectifier berdasarkan Arus dan tegangan yang digunakan untuk beban dengan desain yang sudah kita tentukan.

$$V_{TR} = V \times \mu_{TR} \dots\dots\dots (16)$$

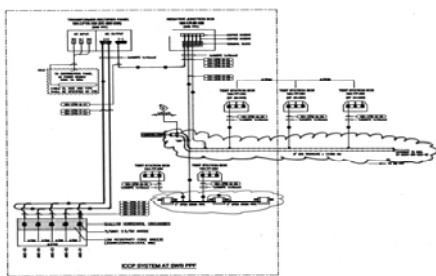
$$I_{TR} = I \times \mu_{TR} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana :

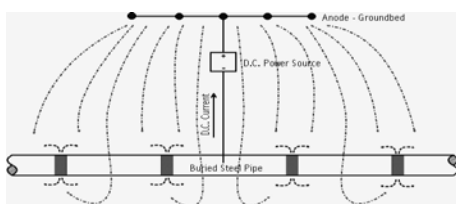
- VTR = Tegangan TR DC (volt)
- ITR = Arus TR DC (Amp)
- V = Tegangan DC Rectifier (Volt)
- I = Arus DC Rectifier (Amp)
- μ TR = Faktor keamanan TR

3.5. Pemasangan menggunakan metode impressed current.

Metode impressed current merupakan metode yang menggunakan tegangan listrik 220 Volt dc menjadi 50 Volt dc-20 A. DC output dari rectifier yang mempunyai polaritas yaitu positif (+) dan negatif (-). Untuk Polaritas positif (+) di sambung ke Anoda groundbed dan polaritas negatif (-) di injeksi ke pipa sebagai proteksi korosi.



Gambar 16. Pemasangan Metode Impressed current



Gambar 17. Metode Impressed current

IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA

Pada bab ini kita akan menghitung Tegangan (Volt), Arus (I), dan Jumlah Groundbed yang di butuhkan berdasarkan diameter dan panjang pipa yang akan di Proteksi dan untuk menentukan Ukuran dari Rectifier yang di butuhkan serta laju korosi Pada Project BCD-4 di Petrochina

Internasional Jabung Ltd.berdasarkan gambar (lampiran 1).

4.1 Data Perhitungan

Tabel 2. Data Pipa Yang akan di Proteksi

No	Data Pipa	Diamete r luar Pipa (D)	Panjang Pipa (L)
1	Pipa Fire water Pump Ø 10" x 563 m	0,2731	563,0
2	Pipa Fire water Pump Ø 6" x 23 m	0,1683	23,0
3	Pipa Fire water Pump Ø 4" x 18 m	0,1143	18,0
4	Pipa Open Drain Ø 4" x 120 m	0,1143	120,0
5	Pipa Open Drain Ø 2" x 23 m	0,0603	23,0
6	Cover besi untuk pipa melintas jalan di bawah tanah Ø 16" x 12 m	0,4064	12,0
7	Cover besi untuk pipa melintas jalan di bawah tanah Ø 18" x 12 m	0,4572	12,0
8	Cover besi untuk pipa melintas jalan di bawah tanah Ø 22" x 12 m	0,5588	12,0

4.2. Kondisi Umum

1. Kerapatan Arus Untuk Pipa besi pada suhu 30 C (Cd = 21,5 mA/m²)
2. Coating (Pengecatan untuk pipa) menggunakan Wrapping tape = 10 %
3. Untuk masa pakai 25 tahun (berdasarkan berat anoda dan wrapping tape)
4. Tahanan Tanah (ψ) di BCD4 = 40.000 ohm (kedalaman 2 meter)
5. Beda potensial tegangan
Min = -0,85 Volt Cu/CUSO4
Max = -1,50 Volt Cu/CUSO4

4.3. Perhitungan Rancangan

Perhitungan pada Pipa Fire water Pump
 Ø 10" x 563 m

Luas Area yang akan di Proteksi

$$A = \pi \times D \times L$$

$$= 3.14 \times 0,2731 \text{ m} \times 563 \text{ m}$$

$$= 0,856 \text{ m} \times 563 \text{ m}$$

$$= 482.7 \text{ m}^2$$

Arus Proteksi yang dibutuhkan :

$$I_p = A \times C_d \times S_F$$

$$= 482,7 \times 21,5 \text{ A} \times 1,3$$

$$= 13,491 \text{ A}$$

Tabel 3. Luas Area dan Arus Proteksi

Diameter Pipa (D)	Panjang Pipa (L)	Area Proteksi (A)	Arus Proteksi (Ip)
0,2731	563	482,792	13,491
0,1683	23	12,155	339,7
0,1143	18	6,460	180,5
0,1143	120	43,068	1,200
0,0603	23	4,355	121,7
0,4064	12	15,313	428,0
0,4572	12	17,227	481,5
0,5588	12	21,056	588,5

Jumlah Anode yang dibutuhkan

$$N = I_p / (\pi \times I_a)$$

$$= 13,49 / (0,85 \times 0,070)$$

$$= 22,6 \text{ buah}$$

Tahanan dari tiap anoda groundbed :

$$R_a = \frac{\psi}{2 \cdot \phi \cdot I} \cdot \left(\frac{4L}{\pi n} \cdot 4 \right) \cdot \left[\ln \left(\frac{4 \times 250}{0,3} \right) - 1 \right]$$

$$= \frac{40000}{2 \times 3,14 \times 250} \times \left[\ln \left(\frac{4 \times 250}{0,3} \right) - 1 \right]$$

$$= \frac{40000}{1570} \times 7,1117$$

$$= 181,206 \text{ ohm}$$

Tahanan kabel (Rc)

$$R_c = \psi_{cn} \times L_n$$

$$\psi_{cn} = 0,846 \text{ km}/\Omega$$

$$L_n$$

$$= \frac{250m}{100 \times 32.cm} \mid \frac{250.m}{3200.cm}$$

$$= 7,8125 \text{ m}$$

$$R_c = 0,846 \text{ km}/\text{ohm} \times$$

$$7,8125 \text{ m}$$

$$= 6,61 \Omega$$

Jarak Pemasangan Anoda

$$S \mid \frac{L}{n}$$

$$S \mid \frac{563m}{22,6 \text{ buah}}$$

$$S \mid 24,9 \text{ meter}$$

Jadi jarak pemasangan dari tiap anoda
 groundbed = 24.9 meter

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Jumlah Anode,
 Tahanan kabel dan Tahanan Anode**

Diameter Pipa (D)	Panjang Pipa (L)	Jumlah Anoda (N)	Tahanan Groundbed Anoda (Ra)	Tahanan Kabel (Rc)
0,2731	563	22,6	181,206	6,61
0,1683	23	5,7	181,206	6,61
0,1143	18	3	181,206	6,61
0,1143	120	20	181,206	6,61
0,0603	23	2	181,206	6,61
0,4064	12	7	181,206	6,61
0,4572	12	8	181,206	6,61
0,5588	12	9,8	181,206	6,61

Drop Tegangan Kabel

$$V_c = I_p \times R_c$$

$$= 1,349 \text{ A} \times 6,61$$

$$= 8,92 \text{ Volt}$$

Tegangan Pada Rectifier

$$V = (I_a \times R_a) + \Sigma V_c + V_b$$

$$= (0,070 \times 181,206) +$$

$$8,92 + 2$$

$$= 12,68 + 8,92 + 2$$

$$= 23,60 \text{ Volt}$$

Kapasitas Rectifier

$$\begin{aligned} VTR &= V \times Utr \\ &= 23,60 \text{ V} \times 1,50 \\ &= 35,4 \text{ Volt} \\ ITR &= I \times Utr \\ &= 13,491 \times 1,50 \\ &= 20,2 \text{ A} \end{aligned}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Tegangan dan Arus Pada rectifier

Diameter Pipa (D)	Panjang Pipa (L)	Tegangan Design Rectifier (VTR)	Arus Design Rectifier (ITR)
0,2731	563	35,3	20,2
0,1683	23	25,38	5
0,1143	18	23,7	2,7
0,1143	120	33,9	1,8
0,0603	23	34	1,82
0,4064	12	26	6,4
0,4572	12	27,7	7,2
0,5588	12	27,75	8,8

4.4. Analisa Laju Korosi

Untuk mendapatkan laju korosi berdasarkan hasil perhitungan dan data berat jenis (S) groundbed Type Titanium Subtrate = 2.0 g/mm² adalah sebagai berikut =

4.4.1 Berat Anoda Groundbed

Untuk pipa fire Pump 10" x 563 m

$$\begin{aligned} W &= \frac{Y \times S \times I}{E} \\ W &= \frac{25 \text{ tahun} \times 2.0 \text{ gram} \times 13,491 \text{ mA}}{0,53} \\ W &= \frac{67,45}{0,53} \\ W &= 1.272 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi berat yang hilang karena korosi pada pipa 10" x 563 m selama 25 tahun dengan arus proteksi (IP) = 13,49 A adalah **1.272 kg**

4.4.3. Laju korosi

Berdasarkan berat anoda groundbed (W) dan arus proteksi (Ip) 1,349 A dan Berat jenis (D) dari Pipa carbon stell = 7,86 g/mm² laju korosi untuk pipa fire water pump 10" x 563 m untuk Air dengan konstanta 55.5 M selama 25 tahun

Sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R &| \frac{534 \times w}{D \times A \times T} \\ R &| \frac{534 \times 1272 \text{ kg}}{7,86 \times 482,792 \times 1} \\ R &| \frac{67929,8}{3794,022} | 179 \\ R &= 179 \times K \\ &= 179 \times 55,5 \text{ (Fluida Air)} \\ &= 9934,5 \times 0,0254 \\ &\quad \text{mili per year} \\ &= \mathbf{252 \text{ mili per year}} \end{aligned}$$

Jadi laju korosi selama **25** tahun pada Pipa fire water pump 10" x 563 m = **252 mili per year**

4.5. Laju Korosi tidak dipasang Catodik proteksi

Korosi pada besi sangat di pengaruhi dari komposisi logam itu sendiri dari proses elektrokimia terhadap lingkungan. sehingga laju korosi akan mudah terjadi secara alami.

$$\begin{aligned} R &| \frac{534}{D \times A \times T} \\ \frac{R}{1} &| \frac{534}{D \times A \times T} \\ R \times D \times A \times T &| 534 \times 1 \\ R \times 7,86 \times 482,792 \times 1 &| 534 \times 1 \\ R \times 3794,022 &| 534 \\ R &| 3794,022 \times 534 \end{aligned}$$

R | 2026007

R | 2026007 x 55,5 (fluida air)

R | 112,443

R | 112,443 x 0,0254 mili per year

R | 2,856 mili per year

R = 2,856x 25 tahun

R = 71,401.301 mili per year

Jadi laju korosi pada pipa fire water pump 10" x 563 m selama 25 tahun jika tidak dipasang proteksi (catodik) yaitu = **71,401.301 mili per year**. Besarnya laju korosi jika tidak di pasang catodic proteksi sangat signifikan di sebabkan karena aliran fluida yaitu Air.

Tabel 6. Hasil perhitungan laju korosi menggunakan impressed current

No	Berat kehilangan anoda (kg)	Laju korosi (mili per year)	Jenis Fluida Yang mengalir
1	1.272	252	Air
2	32,0	252	Air
3	17.02	252	Air
4	113,2	250	Air
5	11,481	252	Air
6	40,3	5,6	Gas
7	45,4	38,3	Gas
8	55,5	38,2	Gas

Tabel 7. Hasil Perhitungan Laju korosi tanpa proteksi catodic

No	Laju korosi (mili per year)	Jenis Fluida
1	71,401.305	Air
2	1,797.685	Air
3	38,222	Air
4	6,370	Air
5	641.238	Air
6	343.359	Gas
7	15,450	Gas
8	472,132	Gas

Tabel 8. Hasil Perhitungan

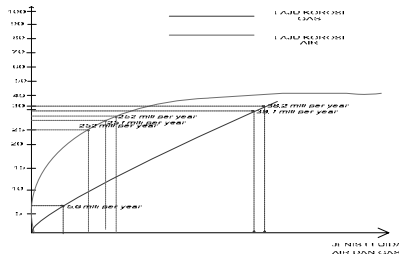
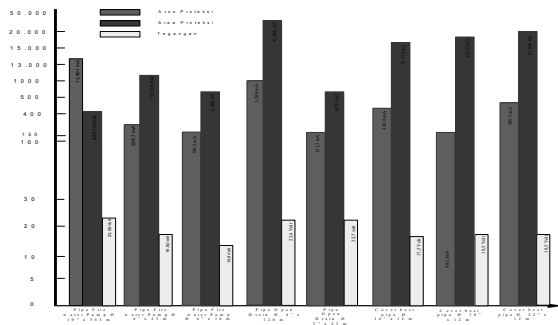
Panjang pipa (L)	Area Proteksi (A)	Arus Proteksi (Ip)	Jumlah Anode (N)	Tahanan Ground bed (Ra)	Tahanan Kabel (Rc)	Drop tegangan kabel (Vc)	Tegangan DC rectifier (V)	Tegangan Design Rectifier (VTR)	Arus Design Rectifier (ITR)
563	482,792	13,491	22,6	181,206	0,0567	8,91	23,59	35,3	2,02
23	12,155	339,7	5,7	181,206	0,0014	2,24	16,92	25,38	5
18	6,460	180,5	3	181,206	0,0008	1,19	15,8	23,7	2,7
120	43,068	1,200	20	181,206	0,0051	7,93	22,6	33,9	1,8
23	4,355	121,7	2	181,206	0,0005	8,04	22,7	34	1,82
12	15,313	428,0	7	181,206	0,0018	2,82	17,5	26	6,4
12	17,227	481,5	8	181,206	0,0020	3,18	18,5	27,7	7,2
12	21,056	588,5	9,8	181,206	0,0025	3,88	18,5	27,75	8,8

4.5. Analisa Hasil Perhitungan

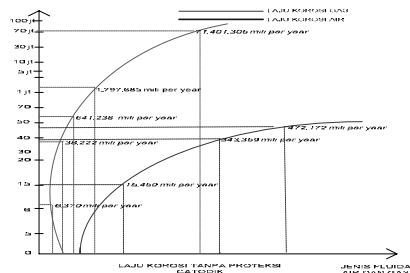
Berdasarkan hasil perhitungan tegangan dan arus rectifier terhadap luas daerah yang diproteksi, maka dapat dianalisa hal-hal berikut:

1. Besar arus proteksi ditentukan oleh luas area yang diproteksi, density arus pada besi dan faktor keselamatan.
2. Resistansi kabel berpengaruh terhadap besarnya drop tegangan yang terjadi. Semakin besar resistansi kabel maka drop tegangan yang dihasilkan akan semakin besar pula.
3. Untuk mendesain tegangan rectifier yang digunakan sebagai proteksi perlu diperhatikan besar tegangan DC rectifier yang dihasilkan dari perhitungan begitu pula dengan arus DC rectifier.

4.5.1. Diagram chart arus proteksi (Ip) Tegangan (V), Area proteksi (A) Seperti gambar di bawah ini:



Grafik 1. Laju Korosi Metode Impressed Current



Grafik 2. Laju Korosi Tanpa Proteksi

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Metode impressed current sangat baik digunakan karena dapat mengontrol Arus (I) dan Tegangan (Vdc) sebagai berikut :

1. Pipa fire water pump 10" x 563 m .Arus proteksi (Ip) 13,491 mA dengan Tegangan 23,59 Volt.

2. pipa fire water pump 6" x 23 m arus proteksi 339 mA dengan tegangan 16,92 volt.
3. pipa fire water pump 4" x 18 m arus proteksi 180,5 mA dengan tegangan 15,8 volt.
4. pipa open drain 4" x 18 m Arus Proteksi (Ip) 1200 mA dengan Tegangan 22,6 Volt.
5. pipa open drain 2"x18 m Arus Proteksi (Ip) 121,7 mA dengan Tegangan 22,6 Volt.
6. cover besi pipa 16" x 12 m arus proteksi (Ip) 428 mA dan Tegangan 17,5 Volt
7. cover besi pipa 18" x 12 m Arus Proteksi (Ip) 481 mA dan Tegangan 18,5 Volt
8. Cover besi pipa 22" x 12 m Arus Proteksi (Ip) 588,5 mA dan tegangan 18,5 Volt
9. Untuk Pipa 10" x 563 m dengan Arus Proteksi (Ip) 13,491 A dapat menahan laju korosi sebesar 252 mili per year
10. Menjaga kestabilan beda potensial tegangan (Vp) – 0,85 Volt sampai dengan – 1,50 Volt terhadap pipa yang di proteksi.

5.2. Saran

1. Untuk Pencegahan korosi (karat) pada pipa air dan gas sangat baik digunakan Metode impressed current.
2. Mempermudah jika ada perbaikan terhadap pipa. Hanya disconnect Power rectifier.

DAFTAR PUSTAKA

Mutia Delina, Computer program for desining cathodic protection protection system sacrificial anode methode.Indonesia University. 2007.

Sulistijono, Pengendali korosi Desain dan pemilihan material Pengendalian media korosif (chemical treatment) Pelapisan (coating). Jurusan Teknik Material dan Metalurgi. 2005

Southern Tristar PT. Electrical wiring diagram Of ICCP system for buried in plant piping at BGP area.2010

Unifed Facilities Criteria (UFC) .Approved for public release. Distribution unlimited. 2005.