

**PENCEGAHAN KOROSI PADA FLOWLINE 28" SKG 10 PMB - BENUANG  
MENGUNAKAN METODE IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP) PT  
PERTAMINA HULU ROKAN REGION 1 ZONA 4 FIELD PRABUMULIH**

*CORROSION PREVENTION ON FLOWLINE 28" SKG 10 PMB - BENUANG USING  
IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION (ICCP) METHOD PT PERTAMINA HULU  
ROKAN REGION 1 ZONE 4 FIELD PRABUMULIH*

Roni Alida<sup>1)</sup>, Ranga Abi Pratama<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Teknik Eksplorasi Produksi Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia  
Corresponding Author E-mail: [roni@pap.ac.id](mailto:roni@pap.ac.id)

**Abstract:** One of the causes of damage to the network system and gas distribution pipeline facilities is corrosion. To prevent corrosion in the flowline, PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 Prabumulih Field, which is located in SKG 10 Prabumulih Barat, uses a cathodic protection system. Cathodic Protection is a technique used to control corrosion on metal surfaces by making the metal surface a cathode of an electrochemical cell. At PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 Prabumulih Field used a current cathodic protection system, known as Impressed Current Cathodic Protection, where this method is more effectively used than using the sacrificial anode method or SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection). Cathodic protection is considered to work if, the minimum potential is 850 mV, the maximum potential is 2000 mV, this is the value used by PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 Prabumulih Field for potential flowline checking to prevent corrosion. The age of SKG 10 PMB-Benuang flowline itself is 14 years, therefore the choice of anodize type must follow the age of the pipe to be more economical and more efficient. In calculating the number of anodes, Prabumulih Field PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 uses 13 pcs of anodes to protect the SKG 10 PMB-Benuang flowline with a length of 22.12 kilometers. The parameters of success in the implementation of this cathodic protection system are the voltage generated does not exceed the specified range, 850–2000 mV and the pipe is protected from corrosion.

Keywords: Corrosion, Cathodic Protection, Impressed Current Cathodic Protection Method.

**Abstrak:** Salah satu penyebab kerusakan pada sistem jaringan dan fasilitas pipa distribusi yaitu korosi. Mencegah terjadinya korosi pada flowline, PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 Field Prabumulih yang berada di SKG 10 Prabumulih Barat menggunakan sistem proteksi katodik. Proteksi Katodik (Cathodic Protection) adalah teknik yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam dengan menjadikan permukaan logam tersebut sebagai katoda dari sel elektrokimia. Pada PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 Field Prabumulih digunakan sistem proteksi katodik arus tanding atau yang dikenal dengan ICCP (Impressed Current Cathodic Protection), metode ini lebih efektif digunakan dari pada menggunakan metode anoda korban atau SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection). Proteksi katodik dianggap bekerja jika, potensial minimum adalah 850 mV, potensial maksimum adalah 2000 mV, range inilah yang dijadikan nilai oleh PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 Field Prabumulih terhadap pengecekan potensial pipanya untuk mencegah dari korosi. Umur flowline SKG 10 PMB-Benuang sendiri yaitu 14 tahun, maka dari itu pemilihan jenis anodanya harus mengikuti umur pipa tersebut supaya lebih ekonomis dan lebih efisien. Dalam perhitungan jumlah anoda, PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 Field Prabumulih menggunakan 13 pcs anoda untuk memproteksi flowline SKG 10 PMB-Benuang dengan panjang 22,12 kilometer. Adapun parameter-parameter keberhasilan dalam pelaksanaan sistem proteksi katodik ini yaitu tegangan yang dihasilkan tidak melebihi range yang ditentukan yaitu 850–2000 mV dan pipa terlindungi dari korosi.  
Kata kunci: Korosi, Proteksi Katodik, Metode Impressed Current.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan permasalahan umum yang sering terjadi pada logam. Korosi juga merupakan kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam

dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi sedangkan udara mengalami reduksi. Pada dasarnya, logam yang diperoleh dari alam berada dalam

kedudukan energi yang tinggi, bersifat temporer dan kembali ke lingkungan alam sebagai mineral yang energinya lebih rendah. Proses kembalinya logam inilah yang dikenal sebagai proses korosi. Proses terjadinya korosi secara alami sulit dicegah, namun dengan teknologi yang berkembang pada saat ini, korosi dapat dikendalikan dengan menghambat laju korosi yang terjadi sehingga kerugian yang terjadi akibat korosi dapat dikurangi. Salah satu penyebab kerusakan pada fasilitas pipa distribusi gas antara lain korosi. Untuk menjamin kelancaran operasional fasilitas pipa distribusi gas, perlu dilakukan kontrol korosi terhadap semua fasilitas pipa distribusi gas. Oleh karena itu, dilakukanlah proses pencegahan korosi pada fasilitas pipa dengan menggunakan sistem proteksi katodik. Sistem proteksi ini sangatlah penting digunakan untuk melindungi fasilitas pipa dari korosi, karena dampak yang terjadi yang disebabkan korosi sangatlah merugikan. Jadi, sistem proteksi katodik inilah yang sangat cocok digunakan dalam menghambat laju korosi guna melindungi fasilitas pipa dari korosi dan mengurangi kerugian-kerugian yang terjadi akibat korosi.

Fasilitas pipa distribusi gas pada PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 *Field* Prabumulih khususnya yang berada di jalur SKG 10 PMB–Benuang menggunakan metode ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) sebagai sistem proteksi katodiknya guna untuk memperkecil laju korosi. Metode ini sangat cocok digunakan pada pipa yang tertanam di bawah permukaan dengan pH tanah yang bersifat asam. Kriteria ini sangat sesuai dengan kondisi pipa yang menghubungkan SKG 10 PMB–Benuang dengan panjang pipa 22,12 km yang hampir seluruh bagiannya ditanamkan di dalam tanah, maka ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) sangatlah cocok digunakan dalam proteksi pipa dari korosi. Inspeksi terhadap pipa dengan sistem proteksi katodik diperlukan pemantauan bulanan. Pengukuran bulanan dilakukan pada setiap titik di sepanjang SKG 10 PMB–Benuang untuk mengukur potensial arus pada pipa. Oleh

karena itu, perlu dilakukan kegiatan melalui penelitian agar kegiatan proteksi katodik ini berlangsung dengan baik.

## 1.2 Batasan Masalah

Dalam penulisan ini Penulis membatasi pembahasan yang meliputi, yaitu sistem proteksi katodik dengan menggunakan metode arus tanding (*impressed current*) berupa perhitungan laju korosi, arus anoda dan jumlah anoda di PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 *Field* Prabumulih.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui prinsip kerja dari sistem proteksi katodik *impressed current cathodic protection*.
2. Mengetahui komponen-komponen proteksi katodik *impressed current cathodic protection*.
3. Mengetahui keuntungan atau kelebihan dari proteksi katodik *impressed current cathodic protection*.
4. Menghitung jumlah anoda yang diperlukan dan arus potensial pada *impressed current cathodic protection*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah:

1. Dapat memahami prinsip kerja dari proteksi katodik
2. Dapat melihat langsung kegiatan proteksi katodik.
3. Dapat menambah wawasan tentang kegiatan proteksi katodik.
4. Dapat mengenal komponen-komponen dan peralatan yang digunakan pada sistem proteksi katodik.

## 2. TEORI DASAR

### 2.1 Pencegahan Korosi secara Internal

Pencegahan korosi secara internal sangat perlu dilakukan agar pipa tersebut aman dan tidak mengganggu pengoperasian pipa. Pencegahan korosi secara internal antara lain:

- a. Pemakaian bahan Kimia

Untuk memperlambat reaksi korosi digunakan bahan kimia yang disebut *corrosion inhibitor* yang bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindungan pada permukaan metal. Lapisan molekul pertama yang terbentuk mempunyai ikatan yang sangat

kuat yang disebut *chemis option*. *Corrosion inhibitor* umumnya berbentuk *fluid* atau cairan yang diinjeksikan pada *production line*. Karena *inhibitor* tersebut merupakan solusi masalah yang penting dalam menangani korosi, maka perlu dilakukan pemilihan *inhibitor* yang sesuai dengan kondisinya.



**Gambar 2.1** *Corrosion Inhibitor*

#### b. *Pigging*

*Pigging* adalah metode pencegahan korosi dari dalam pipa yang membersihkan sisa air atau kondensat dalam pipa. Pipa alir (*flowline*) sering dibersihkan dengan *pig* dimasukkan ke dalam pipa dan didorong oleh kekuatan aliran gas itu sendiri. *Pig* terbuat dari karet yang keras (*rubber*) yang dimasukkan melalui pipa *pig launcher* dan keluar pada pipa *pig receive* yang keduanya dipasang permanen pada suatu instalasi. Ada bermacam-macam *pig* yang dipakai pada saat ini, diantaranya ada yang dilengkapi dengan *roller* dan pisau-pisau pembersih lengkap dengan *detector* untuk mengetahui sampai dimana *pig* tersebut sudah berjalan.



**Gambar 2.2** *Pig*

## 2.2 Pencegahan Korosi Secara Eksternal

Pencegahan korosi secara eksternal sangat perlu dilakukan agar pipa tidak langsung kontak dengan udara dan oksigen dan tidak terkontaminasi tanah yang bersifat asam dan tidak teroksidasi pada tanah sehingga pipa akan aman dan tidak

mengganggu pengoperasian pipa. Pencegahan korosi secara eksternal, yaitu :

#### a. Pengecatan (*coating*)

Fungsi pengecatan adalah untuk melindungi besi kontak dengan air dan oksigen. Cat yang mengandung timbal dan seng akan lebih melindungi besi terhadap korosi. Pengecatan harus dilakukan dengan sempurna, karena jika terdapat bagian yang tidak tertutup oleh cat, maka besi di bawah cat akan terkorosi.



**Gambar 2.3** Pengecatan (*Coating*)

#### b. Pelapisan (*Wrapping*)

Prinsip pelapisan sama dengan pengecatan, yaitu untuk melindungi agar besi tidak langsung kontak dengan air dan oksigen, sehingga pipa aman dari proses oksidasi antara pipa, air dan oksigen serta dapat meminimalisir terjadinya korosi pada pipa transportasi tersebut.

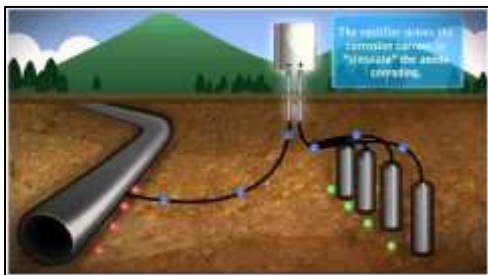


**Gambar 2.4** Pelapisan (*Wrapping*)

#### c. Proteksi Katodik

Proteksi katodik ini merupakan metode yang umum digunakan untuk melindungi struktur logam dari korosi. Sistem proteksi katodik ini biasanya digunakan untuk melindungi baja, jalur pipa, tangki, tiang

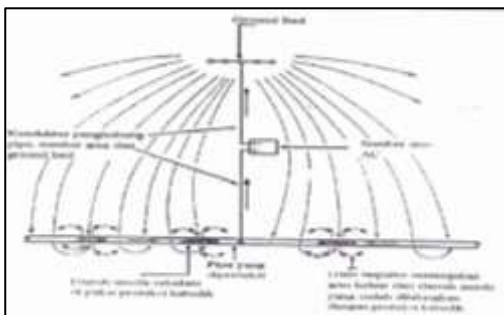
pancang, kapal, anjungan lepas pantai dan casing sumur minyak di darat. Penggunaan pertama CP (*cathodic protection*) adalah pada tahun 1852, ketika Sir Humphry Davy, salah seorang perwira AL Inggris, melekatkan sebungkah besi pada bagian luar badan kapal berlapis tembaga yang terendam air. Besi cenderung lebih mudah mengalami korosi yang menimbulkan karat dibandingkan dengan tembaga sehingga ketika dilekatkan pada badan kapal, laju korosi pada tembaga akan menjadi turun.



**Gambar 2.5** Proteksi Katodik pada Pipa

### 2.3 Mekanisme Proteksi Katodik

Pada dasarnya proteksi katodik merupakan kontrol korosi secara elektrokimia dimana reaksi oksida pada sel galvanis dipusatkan di daerah anoda dan menekan proses korosi pada daerah katoda dalam sel yang sama. Dengan demikian, teknologi ini sebenarnya merupakan gabungan yang terbentuk dari unsur-unsur elektrokimia, listrik dan pengetahuan tentang bahan. Unsur elektrokimia mencakup dasar-dasar proses terjadinya reaksi korosi, sedangkan unsur kelistrikan mencakup konsep dasar perilaku obyek yang diproteksi dan lingkungannya jika arus listrik dialirkan.



**Gambar 2.6** Prinsip Kerja Sistem Proteksi Katodik

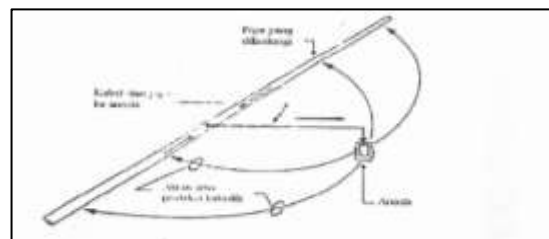
Pada gambar 2.6 menunjukkan bahwa arus mengalir ke pipa pada daerah dimana sebelumnya sebagai anoda. *Driving voltage system* proteksi katodik harus lebih besar dari pada *driving voltage* sel korosi yang sedang berlangsung. Supaya sistem proteksi katodik bekerja, maka harus ada arus yang mengalir dari *groundbed*. Selama terjadinya aliran arus ke tanah, maka material *groundbed* akan menjadi subjek korosi. Dengan fungsi *groundbed* untuk mengeluarkan arus, maka sebaiknya menggunakan bahan yang laju konsumsinya lebih rendah dari pada pipanya itu sendiri atau secara termodinamika, potensial pipa/struktur yang diproteksi dibuat menjadi imun pada -850 mV (CSE).

### 2.4 Jenis Proteksi Katodik

Ada dua jenis sistem proteksi katodik, yaitu anoda korban (*sacrificial anode*) dan arus tanding (*impressed current*).

#### a. Anoda Korban (*Sacrificial Anode*)

Perbaikan pipa bawah tanah yang terkorosi mungkin memerlukan perbaikan yang mahal biayanya. Hal ini dapat diatasi dengan teknik *sacrificial anode*, yaitu dengan cara menanamkan logam magnesium kemudian dihubungkan ke pipa besi melalui sebuah kawat. Logam magnesium tersebut akan berkarat, sedangkan besi tidak berkarat karena magnesium merupakan logam yang aktif (lebih mudah berkarat).

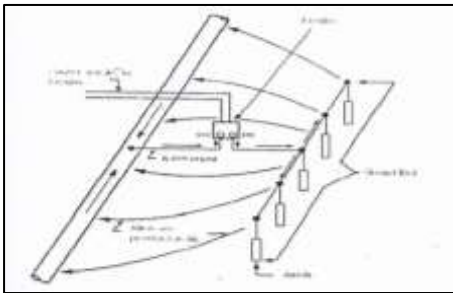


**Gambar 2.7** Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban

#### b. Sistem Arus Tanding (*Impressed Current*)

Berbeda dengan sistem anoda korban, sumber arus pada sistem arus tanding berasal dari luar, biasanya berasal dari DC dan AC yang dilengkapi dengan penyearah arus (*rectifier*), dimana kutub negatif dihubungkan ke struktur yang dilindungi dan kutub positif dihubungkan ke anoda. Arus mengalir dari

anoda melalui elektrolit ke permukaan struktur, kemudian mengalir sepanjang struktur dan kembali ke *rectifier* melalui konduktor elektrik. Karena struktur menerima arus dari elektrolit, maka struktur menjadi terproteksi. Keluaran (*output*) arus *rectifier* diatur untuk mengalirkan arus yang cukup sehingga dapat mencegah arus korosi yang akan meninggalkan daerah anoda pada struktur yang dilindungi. Dengan keluaran arus dari anoda ini, maka anoda tersebut terkonsumsi. Untuk itu, maka sebaiknya menggunakan bahan yang laju konsumsinya lebih rendah dari magnesium, zinc dan aluminium yang biasa dipakai untuk sistem tersebut, umumnya digunakan paduan kombinasi bahan yang khusus. Sistem arus tanding digunakan untuk melindungi struktur yang besar atau yang membutuhkan arus proteksi yang lebih besar dan dipandang kurang ekonomis jika menggunakan anoda korban. Sistem ini dapat dipakai untuk melindungi struktur baik yang tidak di-*coating*, kondisi *coating* yang kurang baik maupun yang kondisi *coating*-nya baik.



**Gambar 2.8** Sistem Proteksi Katodik Arus Tanding

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 01 Maret 2019 s.d. 31 Maret 2019 di PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 *Field* Prabumulih dengan lokasi di SKG 10 Prabumulih Barat, Kota Prabumulih, Sumatera Selatan. Objek yang diteliti meliputi *test box*, *maintenance section valve* dari korosi, keadaan jalur pipa dan lain-lain.

#### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam pengambilan data pada pipa transmisi PT Pertamina Hulu Rokan Region 1

Zona 4 *Field* Prabumulih, ada beberapa data yang diambil meliputi: data pipa (OD, jari-jari, ketebalan, *coating*), data sistem proteksi katodik (arus, tegangan dan lain-lain), dan data penunjang lainnya. Dalam penelitian, penulis menggunakan beberapa metode pengumpulan data antara lain: studi literatur, observasi lapangan dan pengumpulan data arsip.

#### a. Studi literatur

Studi literatur ini dilakukan untuk memberikan referensi-referensi dan data-data pendukung yang berkaitan dengan kegiatan penelitian sehingga data atau informasi yang ada dapat mempertegas data atau informasi yang diperoleh untuk keperluan analisa data.

#### b. Observasi lapangan

Observasi lapangan merupakan pengamatan langsung di lapangan yang berkaitan dengan pengukuran *test box*, *maintenance section valve* dari korosi, keadaan jalur pipa dan lain-lain.

#### c. Pengumpulan data arsip

Dengan melihat dan mengutip langsung data atau dokumen yang berhubungan langsung dengan objek penelitian seperti pengukuran *test box* pada setiap 1 kilometer dan nilai tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai bahan laporan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Survey Secara Visual

Untuk mengetahui kondisi *flowline* dilakukan dengan cara inspeksi visual (*visual inspection*). Dari inspeksi visual didapat dari hasil pengamatan sebagai berikut:

1. *Flowline* SKG 10 Prabumulih Barat-SKG Benuang yang dibangun *above ground*.
2. Rusaknya *coating* dan *wrapping* di beberapa titik sepanjang jalur pipa tersebut.
3. Pipa melalui wilayah perkebunan
4. Penipisan dinding pipa yang disebabkan oleh korosi.
5. Korosi eksternal dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang dilalui oleh pipa. Kondisi lingkungan tersebut meliputi suhu udara, suhu tanah, dan tingkat keasaman tanah yang akan memberi pengaruh terhadap laju korosi pipa pada bagian luar pipa

### 4.2 Sistem ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*)

Proteksi katodik (*cathodic protection*) adalah teknik yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam dengan menjadikan permukaan logam tersebut sebagai katoda dari sel elektrokimia. Pada PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 Field Prabumulih digunakan sistem proteksi katodik arus tanding (*impressed current*). Untuk pipa *flowline* SKG 10 Prabumulih Barat-Benuang dengan panjang pipa 22,12 kilometer. Metode ini lebih efektif digunakan dari pada menggunakan metode anoda korban (*sacrificial anode*). PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 Field Prabumulih pertama kali menggunakan proteksi katodik pada tahun 1976 sampai dengan sekarang, membuktikan bahwa metode sistem proteksi katodik *impressed current* sangat efektif dan efisien digunakan pada pipa *flowline* SKG 10 Prabumulih Barat-Benuang.

Proteksi katodik dapat bekerja dengan maksimal apabila arus potensial pada pipa minimum adalah 860 mV dan arus potensial pada pipa maksimum adalah 2.000 mV. Untuk dapat mengetahui besar arus potensial pada pipa dilakukan pengukuran *test point* atau *test box*.

#### 4.3 Proses Proteksi dari *Impressed Current*

Pada proses proteksi *impressed current*, logam yang akan diproteksi dihubungkan dengan muatan negatif sehingga sebagai katoda, sedangkan logam lain sebagai *ground bed* dihubungkan dengan muatan positif dan berfungsi sebagai anoda. Katoda dan anoda dihubungkan dengan kawat penghantar melalui sumber listrik arus searah (DC) yang didapat dari transformer *rectifier*. Dengan cara ini arus mengalir dari anoda melalui elektrolit (dalam tanah) ke logam lain sebagai katoda dan elektron akan mengalir dari anoda ke katoda melalui kawat penghantar listrik, sehingga pipa terhindar dari korosi.

#### 4.4 Keuntungan dari *Impressed Current* Dibandingkan Metode Lain

Keuntungan dari sistem arus tanding atau ICCP (*impressed current cathodic protection*) ini, yaitu:

1. Satu kali instalasi dapat memproteksi area yang luas. Hal ini dikarenakan sistem

proteksinya menggunakan arus yang didapat dari sumber arus, yaitu *transformer rectifier*.

2. Skema bisa didesain umur penggunaannya sekitar 14 tahun, biasanya desain dari penggunaan *impressed current* ini didesain dengan mempertimbangkan umur pipa itu sendiri. Pada PT Pertamina sendiri, umur dari pipanya 14 tahun, maka dari itu sistem proteksi *impressed current*-nya mengikuti umur pipa selama 14 tahun.
3. Bisa dikontrol secara otomatis, dari *transformer rectifier* kita dapat mengontrol sistem proteksinya. Apabila terjadi penurunan arus, maka dari *tap*-nya dapat ditambahkan arus sesuai yang diinginkan.

#### 4.5 Analisa Data

Berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan dan dengan menggunakan formulasi perhitungan desain proteksi katodik pada pipa gas, akan dihitung beberapa parameter terkait kelayakan penggunaan pipa. Parameter-parameter tersebut meliputi ketebalan minimum, laju korosi dan *remaining life*. Selain itu, dilakukan perhitungan terhadap parameter-parameter proteksi katodik seperti luas area, total arus, densitas arus, luas permukaan anoda, arus maksimal keluaran anoda dan jumlah anoda yang dibutuhkan.

#### 4.6 Proses Perhitungan Korosi

Berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan harus dilakukan perhitungan laju korosi untuk beberapa parameter terkait. Parameter-parameter tersebut meliputi ketebalan minimum, laju korosi dan *remaining life*.

a. Ketebalan minimum

Untuk menentukan ketebalan minimum sebagai berikut:

$$t_{\min} = \frac{P \times D}{2 \times S \times f \times E \times T}$$

$$t_{\min} = \frac{459,7 \text{ psi} \times 711,2 \text{ mm}}{2 \times 35000 \times 0,72 \times 1 \times 1}$$

$$t_{\min} = 6,48 \text{ mm}$$

Ketebalan minimum yang diperbolehkan agar pipa yang digunakan aman adalah 6,48 mm.

b. Laju korosi

Untuk mencari laju korosi sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Klasifikasi *Corrothion Rate*

<i>Corrothion Rate</i> (mmpy)	<i>Severity Level</i>
< 0,0254	<i>Low</i>
0,0254 - 0,1245	<i>Medium</i>
0,127 - 0,254	<i>High</i>
> 0,254	<i>Severely</i>

$$t_{\text{loss}} = t_{\text{ins}} - t_{\text{inspeksi}}$$

$$t_{\text{loss}} = 14,02 \text{ mm} - 14 \text{ mm}$$

$$t_{\text{loss}} = 0,02 \text{ mm}$$

Selama rentang waktu 14 tahun terjadi kehilangan ketebalan 0,02 mm. Untuk laju korosi per tahun diperoleh sebagai berikut:

$$C \text{ rate} = \frac{t_{\text{loss}}}{\Delta \text{time}}$$

$$C \text{ rate} = \frac{0,02 \text{ mm}}{14 \text{ year}}$$

$$C \text{ rate} = 0,00143 \text{ mmpy (low)}$$

Dapat disimpulkan bahwa laju korosi per tahun mencapai 0,00143 mmpy, nilai tersebut merupakan laju korosi yang sangat rendah, maka untuk desain proteksinya harus disesuaikan untuk memperkecil laju korosi.

#### c. *Remaining life*

Dalam penentuan nilai *remaining life* pada pipa dibutuhkan perhitungan laju korosi dan hasil inspeksi *wall thickness*. Penentuan *remaining life* ini dapat berguna untuk menentukan jangka interval untuk inspeksi berikutnya dan untuk manajemen risiko. Dengan mengetahui nilai sisa pakai dari masing-masing komponen, maka akan dapat dibuat suatu penjadwalan inspeksi dengan mengedepankan komponen yang berisiko tinggi terlebih dahulu.

$$R \text{ life} = \frac{t_{\text{inspeksi}} - t_{\text{min}}}{C \text{ rate}}$$

$$R \text{ life} = \frac{14 \text{ mm} - 6,48 \text{ mm}}{0,00143 \text{ mmpy}}$$

$$R \text{ life} = 5.259,2 \text{ years}$$

Dari hasil interpolasi didapatkan:

$$R \text{ life} = 5.259,2 \text{ tahun} \times 12 \frac{\text{bulan}}{1000}$$

$$R \text{ life} = 63,10 \text{ tahun}$$

Dalam perhitungan *remaining life*, Umur pipa 28" dapat diperpanjang sampai 63,10 tahun. Sesuai Standards API pipa 28" masuk dalam *inspection level moderate*, dengan *project risk medium* dan *operating life standard*.

#### d. Proses perhitungan proteksi katodik

Dari perhitungan laju korosi yang diketahui per tahun mencapai 0,00143 mmpy dan sisa umur pipa tinggal 63,10 tahun lagi, maka untuk pencegahannya bisa menggunakan katodik proteksi. Oleh karena itu, PT Pertamina Hulu Rokan Region 1 Zona 4 memilih untuk menggunakan proteksi katodik *impressed current* yang dapat memperkecil laju korosi dan memperpanjang umur pipa.

#### e. Luas area yang akan diproteksi

Untuk mencari luas area yang akan diproteksi sebagai berikut:

$$SA = \pi \times OD \times L$$

$$SA = 3,14 \times 0,7112 \text{ m} \times 22.120 \text{ m}$$

$$SA = 49,398 \text{ m}^2$$

Pada pengukuran luas area yang akan diproteksi, memiliki diameter pipa 0,7112 m. Total luas area yang akan terproteksi adalah sebesar 49,39 m<sup>2</sup> atau 0,04939 km<sup>2</sup>.

#### f. Total arus yang diperlukan

Untuk mencari total arus yang diperlukan sebagai berikut:

$$I = \left[ \frac{SA \times CD \times CB}{1.000} \right] \times (1 + SF)$$

$$I = \left[ \frac{49,398 \text{ m}^2 \times 24 \times 0,10}{1.000} \right] \times (1 + 0,25)$$

$$I = 148,19 \text{ A}$$

Arus adalah media yang sangat diperlukan pada sistem proteksi katodik menggunakan ICCP, dari arus tersebut kita dapat mencegah terjadinya laju korosi pada pipa gas. Total arus yang diperlukan untuk memberikan arus proteksi pada pipa yaitu 148,19 A.

#### g. Densitas arus anoda

Untuk mencari densitas arus anoda sebagai berikut:

$$\log_{10}(ID) = 3,3 - \log_{10}(Y)$$

$$ID = 10^{(3,3 - \log_{10} 14)}$$

$$ID = 142,51 \text{ A/m}^2$$

Densitas dari arus anoda sendiri sebesar 142,51 A/m<sup>2</sup> yang didapat berdasarkan perhitungan yang melibatkan umur pipa.

#### h. Luas permukaan anoda

Untuk mencari luas permukaan anoda sebagai berikut:

$$S = \pi \times DA \times LA$$

$$S = 3,14 \times 0,0254 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$S = 0,079 \text{ m}^2$$

Anoda yang digunakan pada sistem ICCP ini, yaitu *mixed metal oxides* (MMO) dengan diameter 1 inchi atau setara dengan 0,0254 meter, bahan ini sangatlah tahan lama jika dibandingkan dengan bahan-bahan yang lain. Dari perhitungan diperoleh luas permukaan anoda, yaitu 0,079 m<sup>2</sup>

i. Arus keluaran maksimal anoda

Untuk mencari arus keluaran maksimal anoda sebagai berikut:

$$I_o = S \times ID$$

$$I_o = 0,079 \text{ m}^2 \times 142,51 \text{ A/m}^2$$

$$I_o = 11,36 \text{ A}$$

Arus keluaran maksimal yang diberikan oleh anoda sebesar 11,36 A. Arus ini disambungkan pada kabel ke *junction box* dan disalurkan ke *transformer rectifier*. Arus anoda ini yang akan diubah oleh *transformer rectifier* dari arus AC menjadi arus DC yang selanjutnya disalurkan ke pipa gas untuk diproteksi.

j. Jumlah anoda yang diperlukan

Untuk mencari jumlah anoda yang diperlukan sebagai berikut:

$$Q_{\min} = \frac{I_t}{I_o}$$

$$Q_{\min} = \frac{148,19 \text{ A}}{11,36 \text{ A/pcs}}$$

$$Q_{\min} = 13 \text{ pcs}$$

Dari perhitungan arus di atas, dapat dihitung jumlah anoda yang diperlukan untuk konsumsi arus proteksi katodik. Jumlah keseluruhan anoda yang dibutuhkan adalah 13 pcs yang akan memproteksi seluruh pipa gas SKG 10 Prabumulih Barat–Benuang dengan panjang pipa 22.120 m atau 22,12 km.

#### 4.7 Pembahasan

Kegiatan proteksi katodik yang dilakukan pada PMB-Benuang telah dilakukan dari tahun 2005-sekarang. Pada proteksi katodik pencegahan proses korosi terdapat standar proteksi pada pipa, terdapat batas proteksi minimum 850 mV dan batas proteksi maksimum 2.000 mV. Apabila proteksi pada pipa tidak mencapai batas proteksi minimum 850 mV, maka pipa tidak akan terproteksi dari proses korosi, pipa akan terkontaminasi

berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Hal ini akibat reaksi redoks antara pipa dan zat-zat yang telah mengkontaminasi pipa

Apabila proteksi pada pipa melebihi batas proteksi maksimum 2.000 mV, maka proteksi ini akan mengganggu fluida kerja pada pipa dan dapat mengancam keselamatan pekerja dan masyarakat di sekitar pipa yang diproteksi. Pipa yang diproteksi katodik yang telah terproteksi dengan aman dari proses korosi harus memiliki nilai proteksi antara batas minimum proteksi 850 mV dan batas maksimum proteksi 2.000 mV. Dari Proteksi katodik pada *flowline* 28" yang telah dilakukan. Dalam perhitungan *remaining life*, Umur *flowline* 28" diperpanjang sampai 63,10 tahun.

## 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan tersebut, maka kesimpulan dari penelitian ini, yaitu:

1. Prinsip kerja dari proteksi katodik *impressed current*, yaitu anoda dan katoda dihubungkan dengan kabel penghantar dengan arus yang diperlukan 148,19 A. Arus AC dari anode ke arus DC yang dihubungkan ke pipa. Dengan cara ini arus mengalir dari anoda melalui elektrolit dalam tanah ke logam lain sebagai katoda dan elektron akan mengalir dari anoda dengan arus keluaran maksimal yang diberikan oleh anoda sebesar 11,36 A ke katoda melalui kabel penghantar listrik, sehingga pipa terhindar dari korosi.
2. Komponen-komponen pada proteksi katodik, yaitu *power supply* sebagai sumber arus listrik, anoda sebagai media penghantar arus listrik dan *transformer rectifier* sebagai pengubah arus AC menjadi DC, *junction box* sebagai terminal yang menghubungkan kabel kutub positif ke *trafo rectifier* dan kabel kutub negatif ke pipa dan *test box* sebagai tempat yang berfungsi untuk pengukuran nilai potensial pada pipa.
3. Katodik proteksi *impressed current* sangat tepat digunakan karena mampu



memperkecil laju korosi setiap tahunnya. Laju korosi pada *flowline* SKG 10 PMB–Benuang mencapai 0,00143 mmpy (tingkat korosi *low*) dan dapat memperpanjang umur pipa hingga 63,10 tahun lebih.

4. Pemilihan jenis anoda harus mengikuti umur pipa, supaya lebih ekonomis ditinjau dari cepat atau lambatnya laju konsumsinya dan lebih efisien ditinjau dari penggunaan dan perawatannya. Dalam perhitungan jumlah anoda, *flowline* SKG 10 PMB–Benuang menggunakan 13 pcs anoda untuk memproteksi pipa dengan panjang 22,12 kilometer.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disarankan berikut:

1. Kondisi aktual di lapangan arus yang digunakan 9,23 A dan jumlah anoda terpasang sebanyak 9 buah. Berdasarkan perhitungan total arus yang diperlukan sebesar 148,19 A dan *transformer rectifier* seharusnya disetel pada arus 11,36 A. Agar sistem proteksi katodik ini berjalan dengan optimum, maka jumlah anoda pada *ground bed* yang harus dipasang adalah 13 pcs.
2. Pada saat pengukuran potensial listrik, seharusnya dilakukan pada *test box* karena alasan keamanan dan keselamatan atau agar lebih *safety*. Jangan lakukan pada pipanya agar tidak merusak *coating* pada permukaan pipa yang terpasang.

## DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, Zaki. 2006. *Principles Of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. Bosto. Elsevier Science.

American Petroleum Institute. 1969. *Standards for Pipe Inspections*. Washington, DC. AADE (American Association Drilling Engineers).

Baeckmann, W.Von.. Schwenk, W, Prinz, W. dkk. 1997. *Theory and Practice of Electrochemical Protection Processes*. USA Elsevier Science.

International Organization for Standardization. 1947. *Petroleum and Natural Gas Industries–*

*Cathodic Protection of Pipe Line Transporatation Systems. Part 1: On-land Pipelines*. Jenewa, Swiss.

National Assosiate Corrosion Engginering. 1943 *Control of Pipeline Corrosion*. Houston, Texas: International The Corrosion Society.

Pierre R. Roberge, Hb. 2000. *Nace Corrosion Engginer Ref Book, Thrid Edition*. 2002. Of Corrosion Eng, McGraw-Hill.