

**PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI KATODIK (CP)
ANODA KORBAN PADA PIPA BAJA**
(Studi Kasus Pipa PGN di PT. Nippon Sokubai Indonesia)

Dadang Kurnia; Bayu Prabowo
Universitas Pamulang

Abstract

SYSTEM DESIGN CATHODIC PROTECTION (CP) ANODE VICTIM ON STEEL PIPES. CASE STUDY IN THE PIPELINE PT PGN. NIPPON SOKUBAI INDONESIA. Corrosion is a serious problem that resulted in the emergence of a loss in terms of financing. In the world of oil and gas industry, the use of pipelines is one of the elements that play an important role as a production chain. The main target in the maintenance / care is to keep distribution gas to customers in accordance with their needs in a safe and economical conditions. Cathodic Protection (CP) is a technique used to control the corrosion of a metal surface by making the surface of the metal as the cathode of an electrochemical cell. From the calculation of the average values obtained on the potential protection that is 1618.333333-mV test on the first try, 1610.666667-mV at the second trial, and the 1619-mV at the third attempt. From the calculation of the average values obtained on the anode potential is 1577.333333-mV test on the first try, 1585.333333-mV in the second trial, and the trial third 1584.333333-mV. current total protection 0.259 A. total weight of the anode is needed as much as 40.9 kg / mg.

Key word: Cathodic Protection (Proteksi Katodik), Anode, Magnesium, Pipe.

I. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang Masalah

Korosi merupakan salah satu masalah serius yang berakibat pada timbulnya kerugian dalam segi pembiayaan. Berdasarkan penelitian di Amerika, korosi telah menelan biaya ratusan milyar dolar setiap tahunnya. Biaya yang ditimbulkan oleh korosi telah dipelajari oleh beberapa negara, hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa biaya yang ditimbulkan oleh korosi adalah 1 sampai dengan 5% dari *Gross National Product*. Biaya tersebut meliputi utilitas 34.7%, transportasi 21.5%, infrastruktur 16.4%, pemerintahan 14.6%, produksi dan manufaktur 12,8%.

Korosi tidak dapat dihilangkan namun dapat dicegah dengan memproteksi *material* dari lingkungan. Salah-satunya adalah dengan proteksi katodik sistem anoda korban. Proteksi katodik sistem anoda korban telah digunakan secara

meluas. Desain yang digunakan merupakan perpaduan antara pengalaman dan data *experiment*. Bagaimanapun kegagalan pada proteksi katodik tidak hanya akan berdampak pada kerugian secara ekonomi, tetapi juga pada keselamatan nyawa manusia dan lingkungan.

Dalam dunia industri minyak dan gas, penggunaan jaringan pipa merupakan salah satu elemen yang memegang peranan penting yaitu sebagai rantai produksi. Jaringan pipa digunakan sebagai alat distribusi berbagai kebutuhan industri misalnya minyak, air dan gas. Untuk mempermudah penataan dan penempatan jaringan pipa tersebut, maka jaringan pipa biasanya ditempatkan dalam tanah.

Sasaran utama dalam kegiatan pemeliharaan/perawatan adalah untuk menjaga penyalurkan gas ke pelanggan sesuai dengan kebutuhannya dalam kondisi aman dan ekonomis. Untuk merealisasikan hal tersebut, perlu didukung oleh kehandalan sistem jaringan dan fasilitas pendukung lainnya khususnya pelaksanaan teknis di lapangan (manajemen perawatan). Untuk menjamin hal tersebut, perlu adanya suatu perancangan sehingga diperlukan adanya perawatan bagi pelaksanaan teknis di lapangan yang memberikan petunjuk yang jelas untuk masing-masing jenis tugas dan pekerjaan yang akan dilakukan.

II Review Pustaka

2.1 Manajemen Pemeliharaan

Secara garis besar pengertian manajemen pemeliharaan yaitu pengorganisasian operasi pemeliharaan untuk memberikan performant mengenai asset-asset dan fasilitas pendukung produksi.

Manajemen perawatan dapat digunakan untuk membuat sebuah kebijakan mengenai aktivitas perawatan, dengan melibatkan aspek teknis dan pengendalian manajemen kedalam sebuah program perawatan. Pada umumnya, semakin tingginya aktivitas perbaikan dalam sebuah sistem, kebutuhan akan manajemen dan pengendalian di perawatan menjadi semakin penting.

2.2 *Preventive Maintenance*

Kegiatan *maintenance* dititik beratkan pada pemeliharaan fasilitas serta peralatan yang dapat mendukung kelancaran distribusi gas.

Preventive maintenance adalah kegiatan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga menemukan kondisi yang dapat menyebabkan fasilitas proses pendistribusian gas mengalami kerusakan pada saat digunakan dalam proses distribusi.

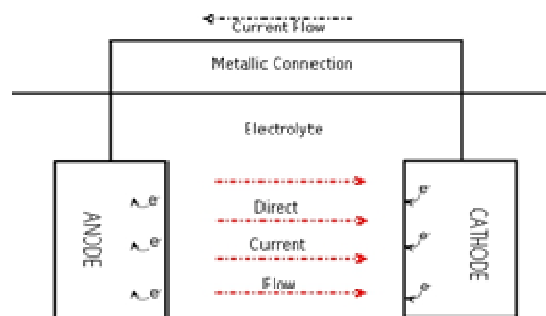
Sedangkan menurut Ir. Suharto (1991) *Preventive maintenance* adalah inspeksi periodik untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan proses produksi berhenti atau berkurangnya mesin dikombinasikan dengan pemeliharaan untuk menghilangkan, mengendalikan kondisi tersebut dan mengembalikan ke kondisi semula. Dengan demikian *Preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan yang sebelumnya dimaksudkan untuk mencegah fungsi komponen yang berakibat pada penurunan kinerja aset-aset secara keseluruhan.

2.3 Korosi

Korosi adalah proses perusakan logam, dimana logam akan mengalami penurunan mutu (*degradation*) karena bereaksi dengan lingkungan baik secara kimia atau elektrokimia pada saat pemakaian. Terkorosinya suatu logam dalam lingkungan elektrolit (air) adalah suatu proses elektrokimia.

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.

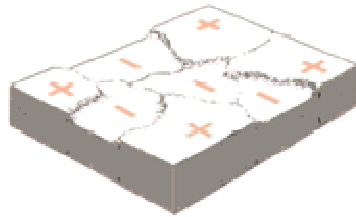
Gambar 2.1 adalah Mekanisme korosi yang terjadi pada logam dimana anoda sebagai tempat terjadinya korosi karena terjadinya proses pelepasan electron biasanya yang mempunyai potensial elektroda negative atau lebih kecil dibandingkan yang ikut terlarut, sedangkan katoda tempat terjadinya reduksi atau penerimaan electron electron biasanya yang mempunyai deretan potensial elektroda yang positif atau yang lebih besar dibandingkan dengan zat yang ke dua atau zat yang ikut terlarut.



Gambar 2.1 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 2.2 salah satu contoh dimana tempat terjadinya anoda dan katoda terjadi.



Gambar 2.2 Korosi Pada Permukaan Logam

2.4 Proteksi Katodik

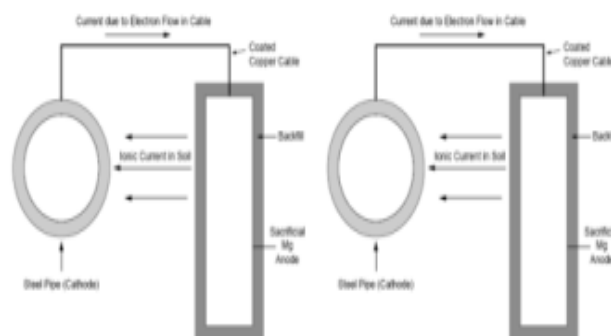
Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*) adalah teknik yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam dengan menjadikan permukaan logam tersebut sebagai katode dari sel elektrokimia.

Penggunaan pertama CP 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.

Proteksi katodik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan anoda korban (*sacrificial anode*) dan *inpress current* (ICCP).

1. Proteksi Katodik Metode Anoda Korban (*Sacrificial Anode*)

Proteksi katodik dengan anoda korban (SACP) terjadi saat sebuah logam dihubungkan dengan logam yang lebih reaktif (anoda). Hubungan ini mengarah pada sebuah rangkaian galvanik. Untuk memindahkan korosi secara efektif dari struktur logam, material anoda harus mempunyai beda potensial cukup besar untuk menghasilkan arus listrik.

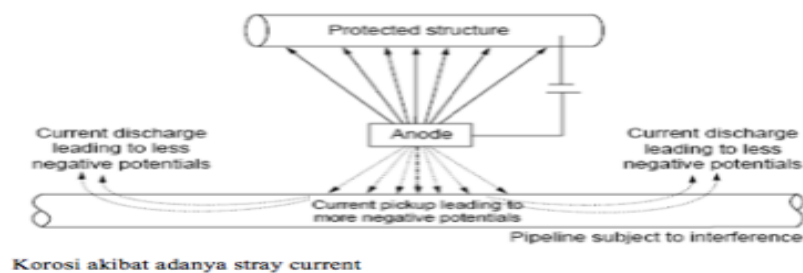


Gambar 2.3 Proteksi Katodik dengan Anoda Korban

Gambar 2.3 memperlihatkan kinerja proteksi dengan anoda korban, terdapat tiga macam material yang biasanya digunakan dalam proteksi katodik untuk material baja, yaitu magnesium, seng dan aluminium. Pemilihan anoda untuk proteksi tergantung pada restifitas dan elektrolit yang akan digunakan.

2. *Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)*

Untuk struktur (bangunan) yang lebih besar, anoda galvanik tidak dapat secara ekonomis mengalirkan arus yang cukup untuk melakukan perlindungan yang menyeluruh. Sistem *Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)* menggunakan anoda yang dihubungkan dengan sumber arus searah (DC) yang dinamakan *cathodic protection rectifier*. Anoda untuk sistem ICCP dapat berbentuk batangan turbular atau pita panjang dari berbagai material khusus. Material ini dapat berupa *high silikon cast iron* (campuran besi dan silikon), grafit, campuran logam oksida, platina dan niobium serta material lainnya.



Gambar 2.4 *System Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)*

2.5 Kriteria Proteksi Bagi Baja dan Besi Tuang

Untuk memastikan apakah proteksi katodik yang diaplikasikan sesuai dengan prinsip kerjanya, diperlukan suatu metode dan kriteria penilaian. Pengendalian korosi eksternal dapat dicapai pada berbagai tingkatan polarisasi katodik bergantung kondisi lingkungan yang dihadapi.

Pengendalian korosi dengan jalan memperlakukan struktur yang diproteksi sebagai katoda dalam suatu sel elektrokimia (NACE RP 0169-92). Dilakukan dengan cara mengalirkan arus proteksi dan elektron ke logam yang akan diproteksi, sehingga potensial logam turun ke kondisi immune.

Ketiga kriteria utama proteksi katodik pada pipa baja atau besi tuang yang terpendam dalam tanah atau terbenam dalam air menurut NACE Standard adalah :

1. -850 mV (CSE) terhadap proteksi katodik yang diaplikasikan, potensial ini dapat di ukur dengan anoda pembanding Cu-CuSO₄.
2. Potensial polarisasi -850 mV terhadap CSE (*Copper Saturated Electrode*),
3. Polarisasi maksimal -1700 mV.

Berdasarkan NACE (*National Association of Corrosion Engineers*), dimana angka proteksi terbesar adalah 1700–mV,CSE jika melebihi dari ketentuan tersebut dikhawatirkan kondisi coating akan rusak karena over proteksi dan angka proteksi terendah adalah 850–mV,CSE jika proteksi diukur mendapat angka tersebut maka pipa baja tidak mendapat proteksi yang maksimal dan korosi akan mudah menyerang pipa baja. Apabila percobaan perancangan proteksi katodik dengan anoda korban memenuhi kriteria standar NACE maka dianggap berhasil.

2.6 Rumus-Rumus Proteksi Katodik

1. Luas permukaan pipa baja yang diproteksi

$$A = \pi \times (D \times 0,0254) \times L$$

dengan :

A = luas permukaan pipa (cm²)

π = 3.14

D = diameter pipa (cm)

L = panjang pipa (m)

2. Kebutuhan total arus proteksi

$$I_p = A \times (C_d)$$

dengan:

I_p = kebutuhan total arus proteksi (A)

A = luas permukaan pipa (m²)

C_d = keperluan arus proteksi (mA/m²)

3. Berat total anoda yang diperlukan

$$W_{tot} = \frac{I_p \times Y \times 8760}{C \times \mu}$$

dengan:

w_{tot} = berat total anoda yang diperlukan (kg)

lp = kebutuhan total arus proteksi (A)
 Y = umur disain proteksi (tahun)
 C = kapasitas (kg/Ampere.tahun)
 μ = faktor utilisasi ($0 < \mu < 1$)

4. Jumlah anoda yang diperlukan

$$n = \frac{W_{tot}}{W_a}$$

dengan:

n = jumlah anoda yang diperlukan (buah)
 w_{tot} = berat total anoda yang diperlukan (kg)
 w_a = berat tiap anoda (kg)

5. Jarak pemasangan antar anoda

$$s = \frac{L}{n}$$

dengan:

s = jarak pemasangan antar anoda (m)
 L = panjang pipa (m)
 n = jumlah anoda yang diperlukan (buah)

6. Kebutuhan arus proteksi tiap jarak anoda

$$lps = \frac{lp}{n}$$

dengan:

lps = kebutuhan arus proteksi tiap jarak anoda (A)
 lp = kebutuhan total arus proteksi (A)
 n = jumlah anoda yang diperlukan (buah)

7. Tahanan Anoda yang dipasang Horizontal

$$Rh = \frac{\rho}{2 \pi L} \ln \left(\frac{4 \pi L}{D} - 1 \right)$$

dengan:

Rh = tahanan anoda yang dipasang horizontal (ohm)

ρ = resistivitas lingkungan (ohm.cm)
 l_a = panjang anoda (cm)
 d_a = diameter anoda (cm)

8. Tahanan Anoda yang dipasang Vertikal

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{8\pi L}{D} - 1\right)$$

dengan:

R_v = tahanan anoda yang dipasang vertikal (A)
 ρ = resistivitas lingkungan (ohm.cm)
 l_a = panjang anoda (cm)
 d_a = diameter anoda (cm)

9. Keluaran Arus Proteksi Tiap Anoda Horizontal

$$I_{ah} = \frac{0.7}{R_h}$$

dengan:

I_{ah} = keluaran arus proteksi tiap anoda horizontal (A)
 R_h = tahanan anoda yang dipasang horizontal (ohm)

10. Keluaran Arus Proteksi Tiap Anoda Vertikal

$$R_h = \frac{0.7}{R_v}$$

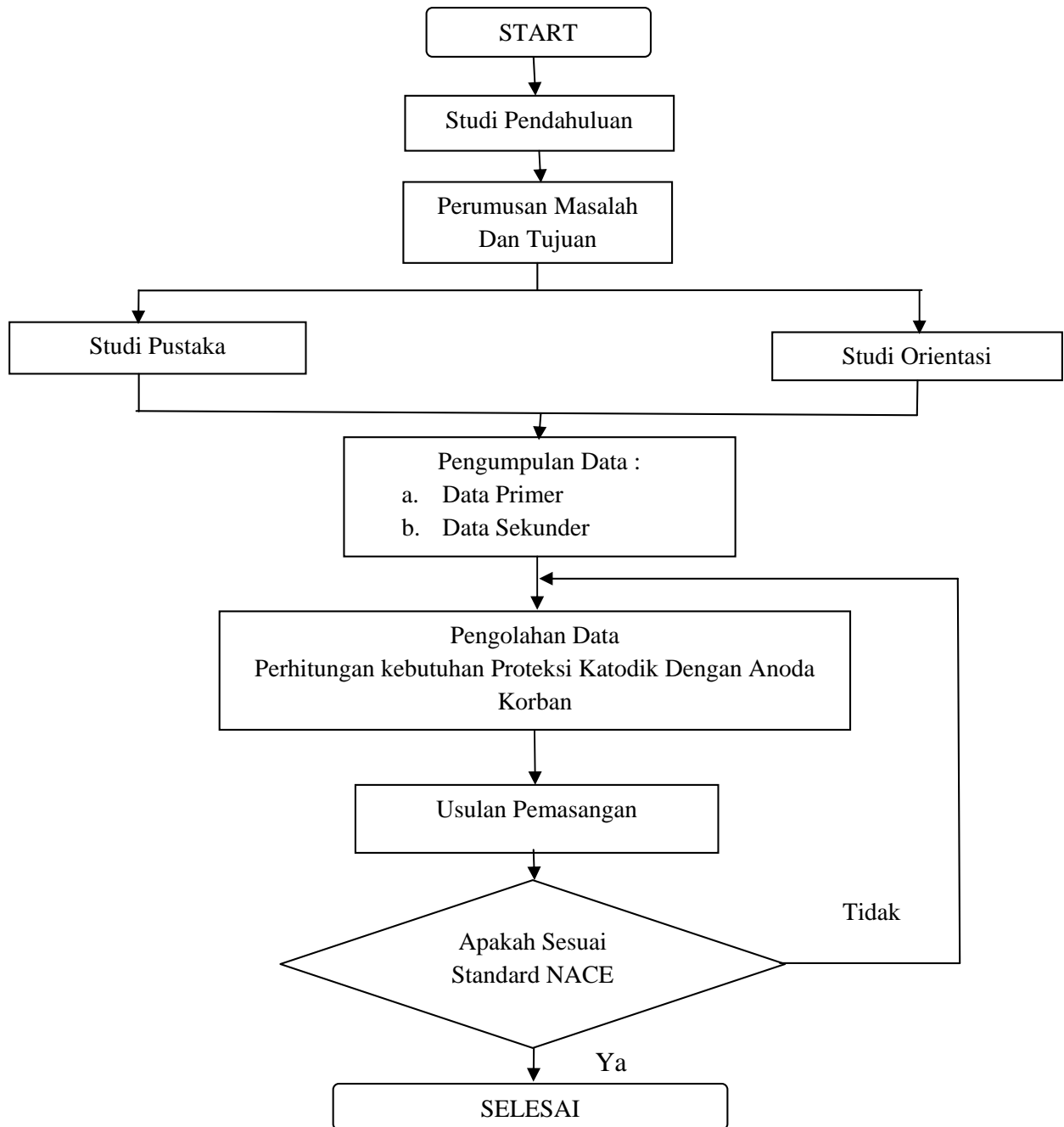
dengan:

I_{av} = keluaran arus proteksi tiap anoda vertikal (A)
 R_v = tahanan anoda yang dipasang vertikal (ohm)

III METODELOGI PENELITIAN

Metodelogi penelitian merupakan cara atau prosedur yang berisi tahapan-tahapan yang jelas yang disusun secara sistematis dalam proses penelitian. Tiap tahapan maupun bagian yang menentukan tahapan selanjutnya sehingga harus dilalui dengan teliti. Untuk mendapatkan hasil penelitian mengenai penelitian ini diperlukan data-data yang memadai untuk bisa mendapatkan hasil penelitian yang terbaik. Dengan suatu kerangka pemecahan masalah yang jelas dan baik diharapkan penelitian ini dapat di manfaatkan secara nyata serta mendapatkan hasil yang diharapkan. Bab ini akan menguraikan secara ringkas

mengenai kerangka pemecahan masalah yang diambil, yaitu langkah-langkah yang dilakukan dalam penyusunan penelitian ini. Ada pun langkah-langkah yang dilakukan dalam penyusunan penelitian ini seperti Gambar 3.1 Mekanisme Perancangan di bawah ini.



Gambar 3.1 Mekanisme Perancangan

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Gambaran Umum Perusahaan

PT. Perusahaan Gas Negara (persero) Tbk. merupakan perusahaan publik yang memiliki kompetensi di bidang transmisi dan distribusi gas bumi.

2. Pengumpulan Data

Untuk mengetahui jumlah anoda korban yang ideal digunakan di PT.Nippon. Berikut ini adalah hasil studi lapangan dan studi wawancara yang penulis lakukan dalam menganalisa.

- Ukuran Pipa berdiameter 6" dan panjang 1079 m
- Resistivitas tanah rata-rata 2000 ohm-cm, sehingga anoda yang digunakan adalah anoda magnesium.
- Faktor Utilitas yaitu 0,9 μ
- Anoda yang harus digunakan adalah anoda Mg. tipe potensial 1.5-1.7 V, dengan backfill, dilihat dari resistivitas tanah
- Kapasitas dari anoda 1232 (kg/Ampere.tahun)
- Umur proteksi yang diminta 20 tahun.
- Berat, $w = 14,7$ kg (dari daftar produk) Ukuran anoda Mg.: diameter $D = 20$ cm, Panjang $L = 60$ cm
- Lapis lindung baik, biasanya cacat dianggap antara 0,5% -1% pada saat awal, rata-rata 2,5% untuk jangka waktu 20 tahun.
- Dalam hal ini PGN menentukan keperluan arus proteksi 0,5 mA/m² Sesuai Standart perusahaan.

3. Pembahasan

Setelah melakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam perancangan proteksi katodik maka dilanjutkan ke pembahasan yang menjadi pokok permasalahan yaitu seberapa arus total proteksi dan berapa total anoda magnesium yang digunakan.

a. Perhitungan proteksi katodik dengan anoda korban

Luas permukaan pipa baja yang diproteksi

$$\begin{aligned} A &= \pi (D \times 0,0254) L \\ &= 3.14 (6 \times 0,0254) 1079 \text{ m} \\ &= 516,340 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan total arus proteksi

$$\begin{aligned} Lp &= A \times 0,5 \\ &= 516,340 \times 0,5 \\ &= 258,17 \text{ dibulatkan ke atas} = 259 \text{ mA} = 0,259 \text{ A} \end{aligned}$$

Berat total anoda yang diperlukan

$$\begin{aligned} W_{tot} &= \frac{I_p \times Y \times 8760}{C \times \mu} \\ &= \frac{0,259 \times 20 \times 8760}{1232 \times 0,9} \\ &= \frac{45376,8}{1108} \\ &= 40,9 \text{ kg/mg} \end{aligned}$$

Jumlah anoda korban digunakan

$$\begin{aligned} n &= \frac{W_{tot}}{W_a} \\ &= \frac{40,9}{14,7} \\ &= 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak pemasangan antar anoda

$$\begin{aligned} s &= \frac{L}{n} \\ &= \frac{1079}{28} \\ &= 359,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Tahanan Anoda yang dipasang Horizontal

$$\begin{aligned} Rh &= \frac{\rho}{2 \pi L} \ln \left(\frac{4 \times L}{D} - 1 \right) \\ Rh &= \frac{2000}{2 \times 3,14 \times 60} \ln \left(\frac{4 \times 60}{20} - 1 \right) \\ &= \frac{2000}{376,8} (1,4849) \\ &= 5,30 \times 1,4849 \\ &= 7,86 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Tahanan Anoda yang dipasang Vertikal

$$\begin{aligned} Rh &= \frac{\rho}{2 \pi L} \ln \left(\frac{8 \times L}{D} - 1 \right) \\ &= \frac{2000}{2 \times 3,14 \times 60} \ln \left(\frac{8 \times 60}{20} - 1 \right) \end{aligned}$$

$$= \frac{2000}{375,8} \quad (2,178)$$

$$= 5,30 \times 2,178$$

$$= 11,56 \text{ ohm}$$

Keluaran Arus Proteksi Tiap Anoda Horizontal

$$Rv = \frac{0,7}{Rh}$$

$$= \frac{0,7}{7,86}$$

$$= 0,089 \text{ mA}$$

Keluaran Arus Proteksi Tiap Anoda Vertikal

$$Rh = \frac{0,7}{Rv}$$

$$= \frac{0,7}{11,56}$$

$$= 0,0605 \text{ mA}$$

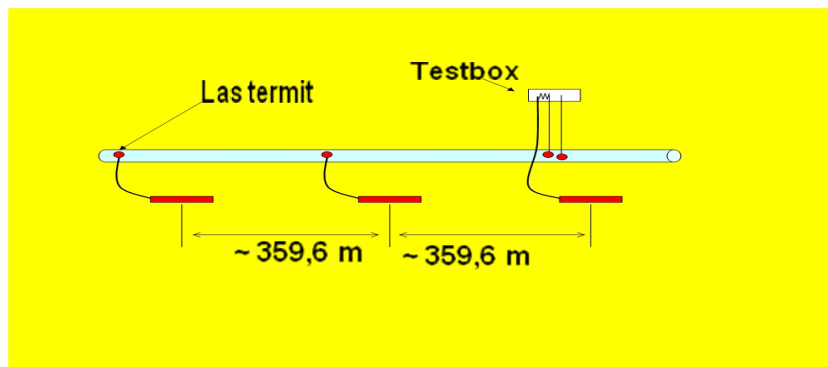
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan-Perhitungan Yang Dibutuhkan Dalam Mendisain Sistem Proteksi Anoda Korban

No.	Parameter	Simbol	Unit	Nilai
1	Luas Penampang yang di proteksi	A	m ²	516.34
2	Kebutuhan Arus Proteksi pipa	Lp	Amp	0,259
3	Berat total anoda yang diperlukan	W tot	KG	40,9
4	Jumlah anoda korban yang diperlukan	N	buah	3
5	Jarak pemasangan antar anoda	S	m	359.6
6	Tahanan anoda yang dipasang horizontal	Rh	ohm	7.86
7	Tahanan anoda yang dipasang vertical	Rv	ohm	11.56
8	Keluaran Arus Proteksi Tiap Anoda Horizontal	Rh	mA	0,0890
9	Keluaran Arus Proteksi Tiap Anoda Vertikal	Rv	mA	0,0605

b. Usulan Pemasangan

Setelah pembahasan perhitungan maka dilanjutkan untuk memberikan usulan pemasangan anoda korban magnesium, gambar 4.1 ini

menunjukkan bahwa anoda korban magnesium dengan berat 14,7 kg dipasang pada jarak 359,6 meter, anoda magnesium ini dipasang dengan cara dilas termit untuk menghubungkan anoda korban magnesium dengan pipa baja, untuk itu digunakan media kabel yang akan menghubungkan anoda magnesium ke pipa baja yang akan diproteksi, guna mendapatkan hasil proteksi yang diinginkan maka dilengkapi dengan tiang ukur (testbox) yang akan mengukur nilai potensial dari pipa yang terproteksi oleh anoda korban magnesium, nilai anoda korban magnesium, nilai natural pada pipa.



Gambar 4.1 Sketsa Pemasangan Anoda korban (Non-Skala)

c. Pengukuran Proteksi Katodik

Pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan multi meter atau multi tester untuk mengetahui nilai potensial proteksi pada pipa baja dan nilai dari anoda magnesium yang digunakan dalam memproteksi didalam perancangan proteksi katodik dengan anoda korban ini.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran

No.	Tanggal	Lokasi Tiang Ukur	Potensial (-mV)	
			Proteksi	Anoda
1	1/8/2012	Tesbox 1	1557	1526
2	1/8/2012	Tesbox 2	1619	1578
3	1/8/2012	Tesbox 3	1590	1540

No.	Tanggal	Lokasi Tiang Ukur	Potensial (-mV)
-----	---------	-------------------	-----------------

			Proteksi	Anoda
1	10/8/2012	Tesbox 1	1653	1598
2	10/8/2012	Tesbox 2	1603	1588
3	10/8/2012	Tesbox 3	1654	1611

No.	Tanggal	Lokasi Tiang Ukur	Potensial (-mV)	
			Proteksi	Anoda
1	31/8/2012	Tesbox 1	1645	1608
2	31/8/2012	Tesbox 2	1610	1590
3	31/8/2012	Tesbox 3	1613	1602

d. Perhitungan Pengukuran

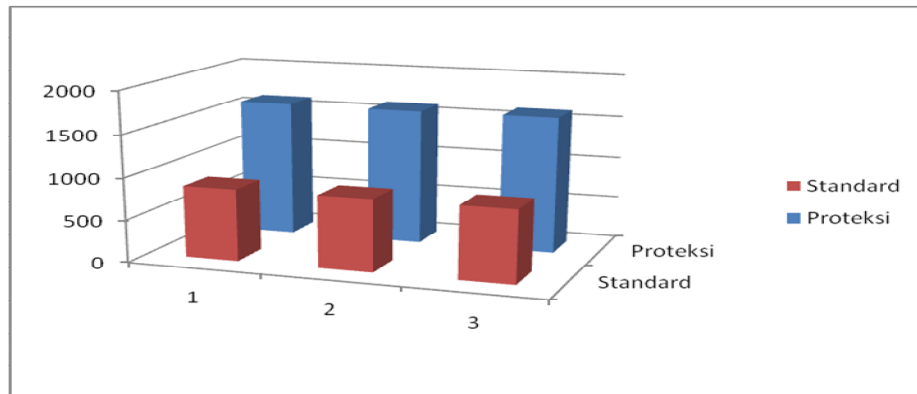
Tabel 4.3 Hasil perhitungan rata-rata

No.	Lokasi Tiang Ukur	Pengukuran			Jumlah	Rata-rata	Status
		Proteksi 1	Proteksi 2	Proteksi 3			
1	Tesbox 1	1557	1653	1645	4855	1618.333333	TERPROTEKS
2	Tesbox 2	1619	1603	1610	4832	1610.666667	TERPROTEKS
3	Tesbox 3	1590	1654	1613	4857	1619	TERPROTEKS

Dari hasil perhitungan rata-rata nilai potensial proteksi yang didapat pada percobaan yaitu 1618.333333-mV pada percobaan pertama, 1610.666667 -mV pada percobaan kedua, dan 1619 -mV percobaan ketiga dilakukan maka sistem poteksi katodik telah berhasil memenuhi dengan standart yang digunakan NACE.

Kriteria nilai pengukuran percobaan potensial proteksi

- Jika hasil pengukuran ≤ 850 mV dianggap gagal
- Jika hasil pengukuran ≥ 850 mV dianggap berhasil
- Jika hasil pengukuran ≥ 1700 mV dianggap gagal



Gambar 4.2 Diagram Hasil Pengukuran Nilai Potensial Proteksi

Gambar 4.2 adalah diagram hasil pengukuran nilai potensial proteksi dari hasil perhitungan Tabel 4.3, dimana batang yang tinggi menunjukkan hasil perhitungan rata-rata potensial proteksi, dan batang yang lebih pendek adalah batas bawah dari proteksi.

Berdasarkan standart dari NACE maka perancangan Sistem Proteksi Katodik dengan Anoda Korban (SACP) yang penulis lakukan dianggap berhasil dan layak digunakan dalam memproteksi pipa baja sepanjang 1079 m.

V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian akhir membahas kesimpulan, setelah melakukan analisa hasil dan pengolahan data mengenai penelitian yang dilakukan di PT. PGN Persero, menyangkut proteksi katodik yang digunakan untuk mengendalikan korosi ini disebabkan reaksi kimia atau secara elektrokimia. Selain membahas kesimpulan, pada bab ini juga memberikan saran-saran yang dapat dipertimbangkan sebagai tindak lanjut.

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

- Total arus proteksi pipa baja yang diperlukan adalah $259 \text{ mV} = 0,259 \text{ V}$, untuk pipa sepanjang 1079 m.
- Jumlah ideal dari anoda magnesium yang digunakan sebanyak 40.9 kg/Mg., untuk memproteksi pipa sepanjang 1079 m.

2. Saran

Adapun ide atau saran pada perancangan proteksi katodik sistem anoda korban (*sacrificial anode*) yaitu Perencanaan yang baik tidak menjamin sepenuhnya kesuksesan dalam sistem proteksi katodik, hal terpenting lainnya yang mendukung keberhasilan sistem proteksi katodik adalah proses penerapannya dilapangan dan pemeriksaan yang dilakukan secara rutin.

VI DAFTAR PUSTAKA

- A.Sulaiman, Karyanto H.1992 "**Corrosion control dan Monitoring**", Jakarta: Workshop Pertamina.
- Baxter, D. Britton, J. 2006. "Offshore Cathodic Protection". **Deepwater Corrosion Services Inc**, 2-3.
- DNV Recommended Practice RP B401 (1993), **Cathodic Protection Design, Det Norke Veritas Industry AS**, Hovik, 1993
- Meillier, A. 2000."A Review of Galvanic Anode Cathodic Protection Design Procedure". **Corrosion Control Services Limited**, 1:21.
- NACE Standard RP0169-2001, **Control Of External Corrosion Of Underground or Submerged Metallic Piping System**, Houston, TX : NACE.
- NACE Standard RP0169-2002, **Control Of External Corrosion Of Underground or Submerged Metallic Piping System**, Houston, TX : NACE.
- Peabody, A.W. 2001. **Control of Pipeline Corrosion 2nd Edition**. Diedit oleh Ronald L. Bianchetti. Houston, TX : NACE International.
- Sheir, L. L, R. A. Jarman, G. T. Burstein. **Corrosion Control, vol. 2**. 1994. Oxford : Butter Worth – Heinemann Ltd.
- Williamson, A. I. and Jameson, J. 2002 "**Design and Coating Selection Considerations for Successful Completion Of Horizontal Directionally Drilled (HDD) Crossing**". **Shaw Pipe Protection Limited, 4-5**.