

Jurnal Analisa Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban Pada Jaringan Pipa Onshore Stasiun Penerima Gas Pagardewa

DEDI SAPUTRA SIRAIT 1¹, I GUSTI AYU ARWATI, DRA, MT 2²

Program Studi Teknik Mesin (Universitas Mercu Buana Jakarta)

Email: dedisiraitsaputra@gmail.com, arwatiayu@yahoo.com,

ABSTRAK

PT Perusahaan Gas Negara Tbk adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang transportasi dan distribusi gas bumi, penggunaan jaringan pipa merupakan salah satu elemen yang memegang peranan penting sebagai rantai produksi. Stasiun Penerima Gas Pagardewa merupakan salah satu stasiun yang mendistribusikan gas bumi ke PLN melalui jaringan pipa onshore sepanjang 4875 m.

Sebagai perlindungan pipa onshore terhadap serangan korosi untuk itu perlu dibuat perancangan proteksi katodik anoda korban dengan tujuan mengetahui berapa kebutuhan anoda korban yang diperlukan dalam melindungi pipa dari serangan korosi dalam waktu 20 tahun dan dapat mendesain sistem proteksi katodik pada pipa sepanjang 4875 m.

Proses perancangan sistem proteksi mengacu pada NACE standard RP169-2002 "Control Of External Corrosion For Underground or submerged Metallic Piping System". Langkah yang paling pertama adalah mengukur resistivitas tanah dengan metode Wenner kemudian dilanjutkan perancangan sesuai dengan ketentuan NACE standard, melakukan Survey Potensial Pipa dan pH Tanah.

Hasil yang didapat dalam perancangan katodik proteksi anoda korban untuk panjang pipa 4875 m adalah Nilai resistivitas tanah terukur sebesar 2160.32 Ohm.cm, anoda yang dipakai untuk Pipa API 5L Grade B, NPS 12" Sch.80, SMLS adalah Magnesium, Anoda yang dibutuhkan 41 buah (@ 14.5 kg) untuk usia proteksi 19,8 tahun (waktu desain pipa 20 tahun) dengan penurunan potensial dari -121 mV menjadi -902 mV, dan pemasangan anoda dilakukan secara horizontal.

ABSTRACT

PT Perusahaan Gas Negara Tbk is a company engaged in the transportation and distribution of natural gas, the use of pipelines is one element that plays an important role as a production chain. Pagardewa Gas Receiving Station is one of the stations that distributes natural gas to PLN through a 4875 m long onshore pipeline network.

As for onshore pipe protection against corrosion attacks, it is necessary to design a sacrificial anode protection cathodic in order to find out what the sacrificial anode needs are needed to protect the pipe from corrosion attacks within 20 years and can design a cathodic protection system on a 4875 m pipe.

The protection system design process refers to the NACE standard RP169-2002 "Control of External Corrosion For Underground or Submerged Metallic Piping System". The first step is to measure the soil resistivity by the Wenner method then proceed to design in accordance with the provisions of the NACE standard, conducting a Potential Pipe Survey and Soil pH.

The results obtained in the design of sacrificial anode protection cathodic for 4875 m pipe length are measured soil resistivity values of 2160.32 Ohm.cm, the anodes used for API 5L Grade B Pipes, NPS 12 "Sch.80, SMLS are Magnesium, Anodes needed 41 fruit (@ 14.5 kg) for a protection age of 19.8 years (20-year pipe design time) with a potential decrease from -121 mV to -902 mV, and anode installation is carried out horizontally.

Dedi Saputra Sirait

1. PENDAHULUAN

Pipa adalah struktur rekayasa yang banyak digunakan untuk pengumpulan, pengangkutan, dan distribusi cairan di berbagai daerah dari daerah pedesaan dan perkotaan ke daerah laut. Sebagian besar waktu, pipa ditempatkan di bawah tanah, dibebankan oleh berat tanah dan beban lalu lintas. Terbukti, pipa bawah tanah diperlukan untuk menahan pengaruh beban eksternal (tanah dan lalu lintas), tekanan fluida internal, serta beban lingkungan. Pipa-pipa yang terkubur terpengaruh pada muatan kimia dan mekanik di lingkungan layanannya dan tekanan-tekanan ini menyebabkan kegagalan yang mahal untuk diperbaiki. Dalam banyak kasus pipa bawah tanah diperlukan untuk menahan bahaya lingkungan tertentu. Korosi bahan pipa adalah bentuk yang paling umum dari kerusakan pipa dan harus dipertimbangkan baik dalam analisis kekuatan dan servis dari pipa yang ditanam (**Mahmoodian, 2018**). Pipa baja berkekuatan tinggi yang beroperasi di daerah Arktik dan sub-Arktik mengalami kondisi stres dan regangan yang kompleks. Selain tegangan melingkar yang dihasilkan dari tekanan operasi internal, gerakan tanah dapat menghasilkan strain longitudinal yang signifikan pada pipa. Telah ditetapkan bahwa tegangan dan regangan yang diterapkan mampu meningkatkan korosi, jika terjadi, pada baja (**Xu & Cheng, 2017**).

Perlindungan katodik (CP) memiliki cerita panjang. Penyebutan tidak langsung pertama terjadi beberapa tahun setelah penemuan oleh Ales-sandro Volta, Dalam sebuah makalah untuk para editor majalah Swiss, "Bibliothèque Britannique" 1802, ia menulis bahwa "Oksidasi menurun jika arus mengalir dari larutan ke logam bahkan ke titik kepunahan di mana hidrogen berevolusi", yang merupakan deskripsi dari efek CP. Beberapa tahun kemudian, Humphrey Davy pada tahun 1806 menyebutkan efek yang sama seperti yang dilakukan oleh Volta, dan tentu saja pada tahun 1824 menjelaskan penerapannya pada lambung kapal-kapal Angkatan Laut. Pengalaman itu dianggap tidak baik sehingga tetap tidak aktif selama satu abad; setelah Perang Dunia II, aplikasi CP mulai dan menyebar luas di industri. Terlepas dari pengalaman Davy, CP telah membuktikan dalam 70 tahun terakhir bahwa ia bekerja dalam berbagai aplikasi, dari tanah dan air laut, hingga beton, baik logam aktif maupun pasif (**Lazzari, 2017**). Korosi tidak hanya masalah rekayasa tetapi

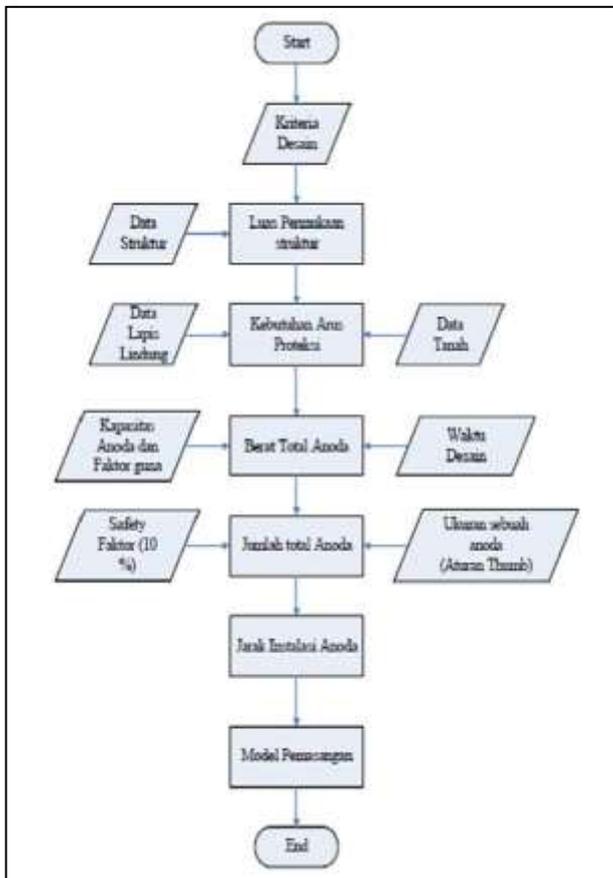
juga masalah ekonomi. Sebuah studi yang didukung oleh NACE International memperkirakan

biaya korosi global mencapai US \$ 2,5 triliun pada tahun 2013, yang setara dengan 3,4% dari Produk Domestik Bruto (PDB) global, Korosi dapat menjadi penyebab pemburukan yang membatasi hidup oleh korosi umum, pitting, dan retakan yang dibantu lingkungan untuk peralatan pabrik yang pada gilirannya dapat menyebabkan hilangnya penahanan cairan hidrokarbon dan cairan proses lainnya Namun, beberapa studi, seperti ASM, Kruger dan NACE menyimpulkan bahwa antara 15 dan 35% dari hilangnya korosi dapat diselamatkan oleh penerapan teknologi yang ada untuk mencegah dan mengendalikan korosi (**Shekari, Khan, & Ahmed, 2017**). Industri minyak dan gas adalah sumber energi utama yang menghadapi korosi sejak awal. Industri energi mengambil bagian terbesar dari total pengeluaran masalah yang terkait dengan korosi di Amerika Serikat — biaya tahunan sebesar \$ 1,372 miliar. Dari jumlah total, industri ini menghabiskan \$ 589 juta dalam pipa permukaan dan biaya pabrik, \$ 463 juta per tahun dalam tabung downhole, dan \$ 320 juta dalam segala hal yang berkaitan dengan korosi (**Association, 2005**). Sekitar 40% dari semua kecelakaan besar terjadi selama transportasi. Risiko yang terkait dengan kegiatan ini dapat diperkirakan sepanjang rute transportasi (**Casal, 2018**). Ini adalah masalah ekonomi yang memengaruhi kestabilan industri dan membahayakan kehidupan sesama karyawan. Dari jumlah total, industri minyak dan gas mengambil lebih dari setengah yang terkait dengan proses petrochemical processes dan refining (**Makhlouf, Herrera, & Muñoz, 2018**). PT Perusahaan Gas Negara (Persero) Tbk adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang transportasi dan distribusi gas bumi di dunia, stasiun Penerima Gas Pagardewa merupakan salah satu yang berperan mendistribusikan gas ke power plan milik PLN Talang Duku di Sumatera Selatan dengan menggunakan jaringan pipa sepanjang 4875 meter yang tertanam di dalam tanah sehingga perlu didesain suatu system proteksi katodik untuk melindungi dari serangan korosi. Dalam melakukan desain ini penulis akan mendesain system proteksi katodik yang menggunakan anoda tumbal (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*) sehingga didapat analisa untuk diaplikasikan penggunaanya dilapangan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam menyelesaikan bab ini penulis melakukan diskusi maupun wawancara serta survey di lapangan. Dari hasil diskusi dan survey tersebut merupakan data awal atau inputan sehingga menghasilkan satu kesimpulan permasalahan yang akan menjadi bahan evaluasi serta pengembangan dari tugas akhir yang dibuat



Gambar 2.1 Diagram Alir

2.2. Survey Resistivitas Tanah

Secara sederhana metode pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan empat elektroda yang ditancap dengan jarak antar elektroda yang sama. Kemudian dilakukan pengukuran dengan alat ukur tahanan tanah yang akan menginjeksi arus bolak – balik ke tanah.

Hasil pengukuran secara horizontal dapat merepresentasikan secara vertical, karena sifat dari elektroda yang akan mendispersikan arus secara radial atau membentuk bola. Alat ukur arus dan tegangan berada dalam satu alat ukur. Dengan

terukurnya arus dan tegangan akan didapat nilai R dengan menggunakan hukum Ohm.

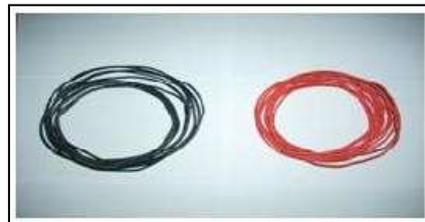
Untuk melakukan pengukuran resistivitas tanah digunakan peralatan sebagai berikut :

- Soil Resistan Meter



Gambar 2.2 Alat Ukur Resistan Tanah

- Kabel Tembaga



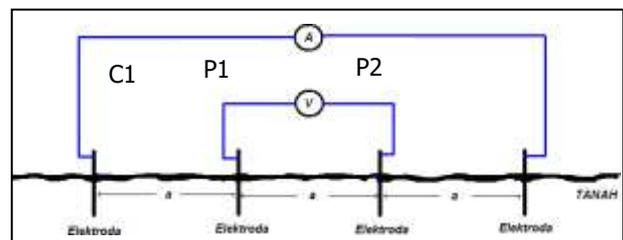
Gambar 2.3 Kabel Untuk Memberikan Arus dan Tegangan

- Empat Pin



Gambar 2.4 Empat buah pin untuk ditancapkan ke tanah

Berikut adalah skema pemasangan alat ukur tahanan tanah dengan metode *Four Wenner Electrode*:



Gambar 2.5 Pengukuran tahanan tanah dengan *Four Wenner Electrode*
(Sumber: Adi. 2008. Cathodic Protection Level 1. PGN Internal Document)

Dedi Saputra Sirait

Adapun prosedur pengukurannya sebagai berikut :

- Memasukkan empat pin baja ke dalam tanah pada jarak yang tetap dalam satu garis lurus. Selanjutnya hubungkan masing-masing pin pada instrumen pengukur.
- Jarak antar pin dapat ditentukan menggunakan meteran. Jarak ini mewakili pengukuran tahanan jenis dari kedalaman elektrolit dengan variasi 0.8; 1.6; 2.4 dan 3.2 meter
- Dua pin terluar (C1 dan C2) merupakan elektroda arus, sedang dua pin pada bagian dalam (P1 dan P2) merupakan elektrode potensial yang mengukur penurunan potensial karena adanya hambatan dari elektrolit (tanah) ketika arus dilewatkan diantara pin-pin terluar.
- Mengukur nilai hambatan secara langsung pada 4system4ent dan menghitung nilai tahanan jenisnya sesuai persamaan berikut:

$$\rho = 2. \Pi. A. R. \tag{1}$$

dimana :

ρ = tahanan jenis tanah (Ohm-cm)

a = jarak antar pin (cm)

R = hambatan yang terukur (Ohm)

$\Pi = 3.14$

2.3. Survey Potensial Pipa dan pH Tanah

Secara sederhana pengukuran ini dilakukan dengan mudah, untuk potensial pipa bisa dilakukan dengan menggunakan elektroda (Halfcell Corrosion Test) Cu/CuSO₄,(CSE) dan alat ukur multimeter. Sedangkan untuk pengukuran pH tanah menggunakan pH Meter.

Hasil dari pada pengukuran potensial pipa dan pH tanah dapat dianalisa menggunakan Grafik Pourbaix untuk mengetahui tanah tersebut berada di daerah imun ataupun korosi, sehingga bisa menentukan apakah perlu dilakukan instalasi proteksi katodik anoda korban atau tidak.

Untuk melakukan pengukuran tersebut digunakan peralatan sebagai berikut :

- Elektroda Reference (Halfcell Corrosion Test) Cu/CuSO₄,(CSE)

- Multimeter



Gambar 2.7 Multimeter

- pH Meter



Gambar 2.8 pH Meter

3. ANALISA

3.1. Pendahuluan

Analisa Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban dilakukan pada Jaringan Pipa Onshore Stasiun



Gambar 2.6 Elektroda Reference

Penerima Gas Desa Pagardewa, Kecamatan Lubai, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.

Untuk hasil dari pengukuran pada analisa ini berguna untuk mengetahui pemasangan katodik anoda korban yang optimal. Analisa dan kesimpulan setiap data juga akan ditulis sehingga memperjelas hipotesa.

Ditemukan terjadi korosi Jaringan Pipa Onshore Stasiun Penerima Gas Desa Pagardewa sehingga diperlukan analisa dan tindakan untuk mengatasi korosi terhadap pipa tersebut agar pipa

tidak lagi terkorosi dan umur pipa terproteksi dan korosi sesuai tujuan yang dikehendaki. Untuk dokumentasi pipa dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Dokumentasi Pipa terkorosi

Dokumentasi	Keterangan
	Kondisi pipa sebelum dilakukan instalasi proteksi katodik

3.2. Tujuan Analisa

Adapun tujuan dari analisa Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban ini adalah sebagai berikut :

- Untuk mengetahui berapa kebutuhan anoda korban yang diperlukan untuk melindungi pipa dari serangan korosi dalam waktu dua puluh tahun.
- Dapat mendesain sistem proteksi katodik pada pipa sepanjang 4875 m.

3.3. Data Struktur Yang Diproteksi

- Material Pipa : Baja karbon rendah
- *Pipe specification* : API 5L Grade B, NPS 12" Sch.80, SMLS
- Panjang pipa baja API 5L Grade B, NPS 12" Sch.80, SMLS : 4875 m

3.4. Data Lapis Lindung

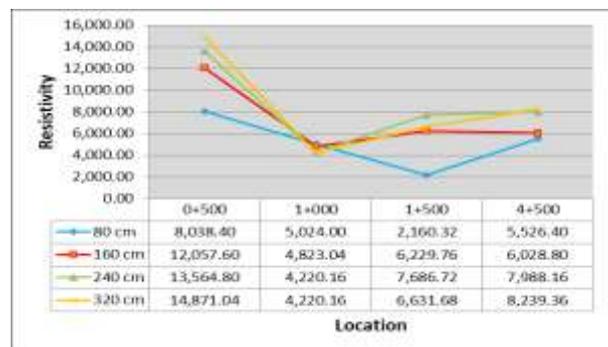
- Material lapis lindung : Three Layer Polyethylene (3LPE)

3.5. Data Pengukuran Lapangan Sebelum Diproteksi

Pengukuran kondisi pipa dilapangan sebelum pemasangan proteksi katodik anoda korban merupakan langkah awal yang tepat untuk dilakukan, pengukuran tersebut meliputi Pemeriksaan Tahanan (Resistivitas) berdasarkan Peabody, A.W. 2011. Control Of Pipeline Corotion 2nd Edition. Ronald L. Bianchetti. Houston, TX : NACE International dan Pengukuran Potensial Pipa terhadap pH Tanah berdasarkan Dr. Marcel Purbaix

3.5.1. Pemeriksaan Resistivitas Tanah

Proses pengukuran mensyaratkan lokasi survei berupa tanah datar yang cukup lapang. Pada tiap lokasi dilakukan empat kali pengukuran dengan variasi jarak antar pin 0.8 meter ; 1.6 meter, 2.4 meter dan 3.2. meter, Jarak ini mewakili pengukuran tahanan jenis dari kedalaman elektrolit berdasarkan Peabody, A.W. 2011. Control Of Pipeline Corotion 2nd Edition. Ronald L. Bianchetti. Houston, TX : NACE International. Grafik dari hasil dari pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1. Grafik Pengukuran Resistivitas Tanah

Dari grafik diatas didapat hasil pengukuran resistivitas tanah yang bervariasi yaitu :

1. untuk kurva berwarna biru dengan kedalaman 80 cm didapatkan hasil resistivity tanahnya sepanjang jalur pipa paling rendah 2160.32 ohm.cm
2. untuk kurva berwarna merah dengan kedalaman 160 cm didapatkan hasil resistivity tanahnya sepanjang jalur pipa paling rendah 4823.04 ohm.cm
3. untuk kurva berwarna hijau dengan kedalaman 240 cm didapatkan hasil resistivity tanahnya sepanjang jalur pipa paling rendah 4220.16 ohm.cm
4. untuk kurva berwarna kuning dengan kedalaman 320 cm didapatkan hasil resistivity tanahnya sepanjang jalur pipa paling rendah 4220.16 ohm.cm

Diambil yang paling rendah nilai resistivitas tanahnya karena sesuai dengan kriteria korosifitas tanah, semakin rendah tahanan maka semakin korosif lingkungannya berdasarkan Peabody, A.W. 2011. Control Of Pipeline Corotion 2nd Edition. Ronald L. Bianchetti. Houston, TX : NACE International. Dari data diatas resistivitas tanah yang diambil adalah yang paling kecil yaitu 2160.32 ohm.cm

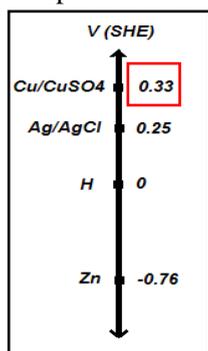
Dedi Saputra Sirait

3.5.2. Pemeriksaan Pontensial Pipa dan pH Tanah

Proses survey pengukuran antara potensial dan pH dilakukan pada tanah sepanjang pipa yang akan ditanam dengan panjang 4875 meter dan diukur tiap 500 meter. Pengetahuan tentang potensial material memiliki peranan yang penting dalam menentukan kriteria proteksi. Dan penentuan potensial tersebut melibatkan elektroda referensi. Berdasarkan standard NACE, yang dimaksud dengan elektroda referensi adalah:

“An electrode whose open-circuit potential is constant under similar conditions of measurement, which is used for measuring the relative potential of other electrodes”

Cu/CuSO₄ umum digunakan untuk di tanah, beberapa menggunakannya di laut. CSE yang lebih banyak digunakan karena memiliki karakteristik sangat stabil (SHE – Standard Hydrogen Electrode). Jadi elektroda referensi adalah elektroda yang memiliki potensial saat rangkaian terbuka (potensial material itu sendiri) yang stabil, sehingga digunakan untuk mengukur potensial relative antara elektroda lain terhadap referensi tersebut



Gambar 3.2. Potensial elektroda referensi terhadap SHE

Pada bab sebelumnya telah disampaikan untuk melakukan pengukuran potensial pipa dan pH tanah menggunakan alat ukur multimeter dan pH meter. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3.2 Dokumentasi pengukuran sebelum terpasang proteksi katodik

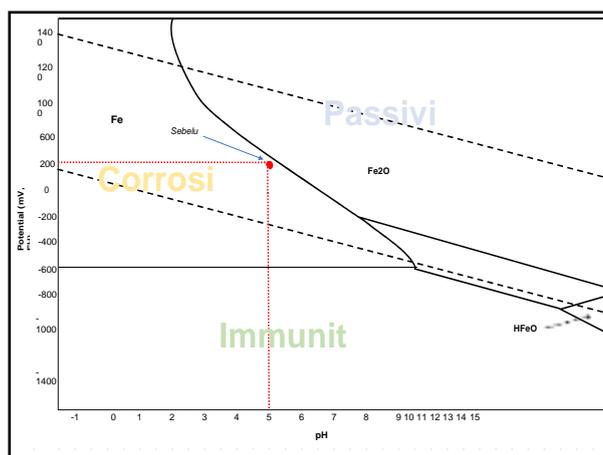
	Dokumentasi sebelum terpasangnya proteksi katodik terbaca = -121 mV
--	---

Hasil dari pengukuran pH tanah dan pipa yang terkorosi dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini :

Tabel 3.3 Pengukuran Potensial Pipa dan pH Tanah sebelum terpasang Terproteksi

Sebelum				
Jarak Rentang (m)	Pipa			Nilai Pengukuran pH Tanah
	Nilai Potensial Terukur (mV)	Nilai Elektroda (Cu/CuSO ₄ , (CSE) reference SHE (mV)	Nilai Potensial Perhitungan (mV)	
0	-70,9	330,0	259,1	5
500	-121,6	330,0	208,4	5
1000	-120,0	330,0	210,0	5
1500	-37,3	330,0	292,7	5,5
2000	-18,8	330,0	311,2	7
2500	-24,7	330,0	305,3	7
3000	-27,4	330,0	302,6	6
3500	-12,8	330,0	317,2	6
4000	-14,9	330,0	315,1	6
4500	-14,9	330,0	315,1	5

Dilakukan pengukuran pH tanah dan Potensial pipa yang terkorosi untuk mengetahui apakah pipa dalam kondisi terproteksi atau dalam kondisi korosi sesuai diagram poubaix. Untuk grafik purbaix nilai pH tanah dan Potensial pipa dapat kita lihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Grafik Pourbaix hasil pengukuran sebelum terpasang Proteksi Katodik

Dari hasil pengukuran pH tanah dan Potensial pipa yang terkorosi sebelum terproteksi dapat terlihat pada gambar 3.3 grafik pourbaix, diketahui bahwa sebelum terproteksi pipa masuk daerah terkorosi

	Dokumentasi pengukuran pH Tanah sebelum proteksi terbaca = 5 ISSN 2549 - 2888
--	--

3.6. Perhitungan Analisa

Pada landasan teori bab sebelumnya telah dibahas tahapan perhitungan yang harus dilakukan untuk aplikasi sistem proteksi katodik anoda korban pada pipa. Berikut adalah tahapan perhitungan yang harus dilakukan untuk aplikasi sistem proteksi katodik anoda korban pada pipa, adalah sebagai berikut :

3.6.1. Data Anoda Korban

Anoda Korban menggunakan Magnesium dengan diselubungi backfill untuk tujuan agar kinerja anoda lebih baik dan terkorosi secara merata. *Backfill* untuk anoda terumpan terdiri dari campuran gipsum, bentonit dan natriumsulfat dengan komposisi 75% gipsum, 20% bentonit (lempung), 5% natrium sulfat

- Berat anoda yang dipilih adalah 14, 5 Kg Type 32D5
- Length of prepacked magnesium anode 32lbs (m) : 0.9 m
- Diameter of prepacked magnesium anode 32lbs (m) : 0.195 m

3.6.2. Menentukan Luas Permukaan Struktur Pipa Yang Akan Diproteksi

Diameter pipa adalah 12 "

$$S_A = \pi DL \quad (2)$$

$$D = 12 \text{ " } = 0,0254 \times 12 = 0,32385 \text{ m}$$

$$L = 4875 \text{ m}$$

Luas permukaan struktur yang diproteksi adalah :

$$S_A = 3,14 \times 0,32385 \text{ m} \times 4875 \text{ m} = 4957,33 \text{ m}$$

3.6.3. Menentukan Kebutuhan Arus Proteksi

$$I_d = I_{\text{coating}} \cdot \text{coating breakdown} \quad (4)$$

$$I_d = 20 \text{ mA/m}^2 \times 3 \%$$

$$I_d = 0,6 \text{ mA/m}^2$$

3.6.4. Menentukan Kebutuhan Arus Proteksi Total

$$I_{\text{Reg}} = I_d \cdot S_a \quad (5)$$

$$I_{\text{Reg}} = 0,6 \text{ mA/m}^2 \times 4957,33 \text{ m}^2 = 2974,39 \text{ mA} = 2,97 \text{ A}$$

Dari perhitungan diatas didapat bahwa untuk desain kebutuhan arus proteksi akan kecil pada awal namun pada masa pertengahan dan akhir arus proteksi akan sangat bervariasi terhadap waktu, semakin lama semakin meningkat. Hal ini menandakan coating mulai mengalami kemunduran fungsinya

3.6.5 Menentukan Kebutuhan Total Anoda

$$W = (I_{\text{Req}} \cdot t \cdot 8760) / (\eta \cdot u) \quad (6)$$

$$W = (2,97 \text{ A} \times 20 \times 8760) / (1100 \text{ Ah/Kg. year} \times 0,8)$$

$$W = 591,3 \text{ Kg}$$

Total berat anoda yang dibutuhkan selama waktu desain adalah 975,54 Kg. kebutuhan berat anoda sangat tergantung dari luas struktur yang diproteksi, semakin besar struktur maka anoda yang terpakai akan semakin besar pula.

3.6.6. Menentukan Jumlah Anoda

$$N = W / W_{\text{anoda}} \quad (7)$$

$$N = 591,3 / 14,5 = 40,78 \sim 41 \text{ buah}$$

Jumlah anoda untuk memproteksi pipa selama umur desain adalah 68 buah anoda Magnesium. Untuk keperluan konstruksi, standar mensyaratkan spare 25 – 50% dari jumlah perhitungan anoda untuk kondisi jika terdapat river crossing atau road crossing.

3.6.7. Menentukan Lokasi Pemasangan Anoda

$$\text{Jarak antara anoda} = 4875 / 41 = 118,9 \sim 119 \text{ meter}$$

Lokasi pemasangan anoda atau spasi anoda, diasumsikan pada saat awal dengan distribusi normal. Namun pada prakteknya hasil perhitungan akan sangat ditentukan oleh kondisi di lapangan.

3.6.8. Menghitung Tahanan Anoda

Tahanan anoda ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu dimensi anoda, tahanan tanah dan posisi instalasi. Anoda yang dipasang secara vertikal dan horizontal akan memiliki tahanan yang berbeda

Dedi Saputra Sirait

$$R_h = (\rho/2\pi L)[\ln(4L/D)-1] \quad (8)$$

$$= (2160.32/90.\pi.2)[\ln(4.90/19.5)-1]$$

$$= 7.32 \text{ Ohm}$$

$$R_v = (\rho/2\pi L)[\ln(8L/D)-1] \quad (9)$$

$$= (2160.32/90.\pi.2)[\ln(8.0/19.5)-1]$$

$$= 5.3 \cdot (2.2) = 9.97 \text{ Ohm}$$

3.6.9 Menghitung Arus Keluaran Anoda

$$I_h = (E_{anode}-E_{proteksi})/R_h \quad (10)$$

$$= (1.55 - 0.85)/ 7.32$$

$$= 0.09 \text{ A}$$

$$I_v = (E_{anode}-E_{proteksi})/R_v \quad (11)$$

$$= (1.55 - 0.85)/9.97 = 0.06 \text{ A}$$

Terlihat bahwa pemasangan dengan horizontal akan memberikan arus keluaran yang lebih besar, maka yang dipilih adalah instalasi secara horizontal

3.6.10. Menghitung Total Arus Jumlah Anoda

$$I_{anoda \text{ total}} = I_{anoda} \cdot N \quad (12)$$

$$= 0,09 \cdot 41 = 3.69 \text{ A}$$

Dari perhitungan kebutuhan arus proteksi diatas didapat bahwa total keluaran arus anoda (arus proteksi aplikatif) melebihi arus proteksi yang dibutuhkan sehingga analisa ini boleh diterapkan untuk perlindungan pada jaringan pipa onshore Stasiun Penerima Gas Pagardewa. Kelebihan arus proteksi anoda disebabkan pada perhitungan diasumsikan faktor guna anoda sebesar 80 % Namun hal itu tidak menjadi masalah karena pada *river crossing* dan *cross road*, kebutuhan arus proteksi anoda menjadi lebih besar sebagai modal modifikasi dilapangan

3.6.11. Menentukan Usia Proteksi Homogen Anoda

$$t_{anoda} = (I_{anoda \text{ total}} / I_{req}) \cdot t_{design \text{ life}} \cdot U \quad (13)$$

$$t_{anoda} = (3,69/2,97) \cdot 20 \cdot 0.8 = 19.8 \text{ tahun.}$$

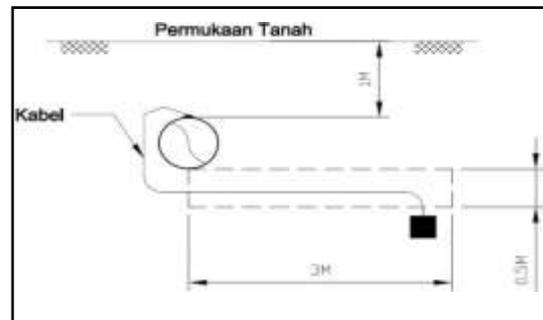
tahun atau melebihi dari waktu desain hal ini dengan asumsi arus keluaran anoda konstan. Sedangkan pada prakteknya anoda hanya akan mengeluarkan arus sesuai dengan kebutuhan, arus keluaran akan sangat tergantung pada besarnya kerusakan *coating* (pada kondisi awal kebutuhan arus sangat kecil), kemudian kondisi tanah yang basah atau kering juga akan berpengaruh tergantung seberapa besar kerusakan dari coating itu sendiri.

3.7. Desain Penanaman Anoda

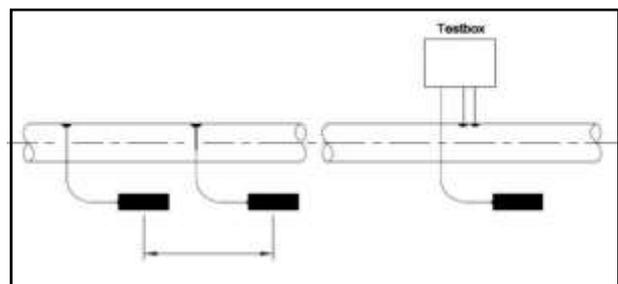
Pemasangan instalasi proteksi katodik anoda korban mengacu pada KEPMEN 370K/1997 untuk kedalamannya dan jarak dengan pipa sesuai dengan pertimbangan teknis.

Pada sub judul 3.6.8 telah dilakukan perhitungan tahanan anoda korban secara vertical dan horizontal, dari analisa tersebut maka dipilih pemasangan anoda secara horizontal dengan

Berdasarkan perhitungan anoda akan habis (80% dari berat per anoda) dalam waktu 20.28 pertimbangan nilai tahanan yang didapat lebih kecil yaitu 7,32 ohm yang berpengaruh terhadap arus keluar anoda korban dan arus yang dihasilkan lebih besar yaitu 0,09 ampere. Desain penanaman anoda korban dapat dilihat pada gambar 3.4 dan 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.4 Penanaman Anoda Tampak Depan



Gambar 3.5 Penanaman Anoda Tampak Samping

Proses pemasangan anoda korban dipasang dengan jarak setiap anoda korban 119 meter dengan kedalam lebih dalam 50 cm dari pipa yang tertanam dengan jarak dari pipa 3 meter dan di hubungkan dengan kabel dihubungkan dengan menggunakan las termit selanjutnya dibuat kabel test yang diarahkan ke test box yang digunakan untuk melakukan monitoring terhadap pipa yang di proteksi.

3.8. Data Pengukuran Lapangan Sesudah Diproteksi

Proses pengukuran antara potensial pipa dan pH dilakukan kembali setelah pemasangan instalasi anoda korban pada tanah sepanjang pipa 4875 meter dan diukur tiap 500 meter. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Dokumentasi pengukuran sesudah terpasang proteksi katodik

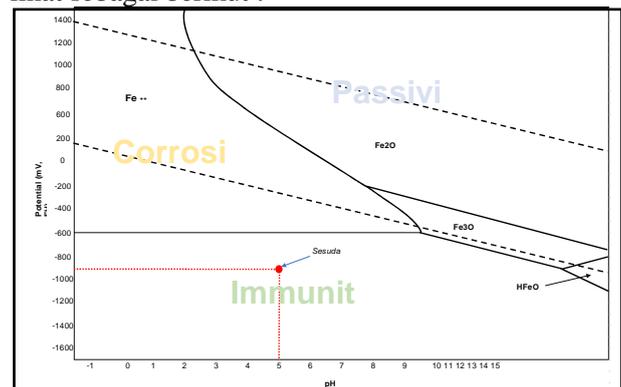
	Dokumentasi sesudah terpasangnya proteksi katodik terbaca = -902 mV
	Dokumentasi pengukuran pH Tanah sesudah pipa terpasang instalasi proteksi katodik masih terbaca sama = 5

Hasil dari pengukuran pH tanah dan potensial Pipa yang terkorosi setelah terpasangnya proteksi katodik anoda korban telah mengalami perubahan dan bisa dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 3.5 Pengukuran Potensial Pipa dan pH Tanah setelah terpasang Terproteksi

Pipa		Nilai Pengukuran pH Tanah
Jarak Rentang (m)	Nilai Potensial Terukur (mV)	
0	-931	5
500	-902	5
1000	-902	5
1500	-970	5,5
2000	-1045	7
2500	-1072	7
3000	-1072	6
3500	-1082	6
4000	-1105	6
4500	-1105	5

Pada diagram pourbaix nilai pH tanah dan Potensial pipa setelah proteksi katodik dapat kita lihat sebagai berikut :



Gambar 3.6 Grafik Pourbaix hasil pengukuran sesudah terpasang Proteksi Katodik

Setelah di lakukan proteksi katodik anoda korban pada pipa, pada pourbaix wilayah masuk kedalam daerah immunity dari hal tersebut menandakan bahwa kondisi pipa sudah dalam kondisi kondisi terproteksi atau tidak ada degradasi material.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari analisa sistem proteksi katodik anoda korban diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Anoda korban yang dibutuhkan sebanyak 41 buah untuk usia proteksi katodik 19,8 tahun memenuhi waktu design pipa 20 tahun dengan panjang pipa 4875 m, hal ini dibuktikan dengan terjadinya penurunan potensial dari -121 mV menjadi -902 mV
2. Desain pemasangan anoda yang terbaik dari hasil perhitungan dengan panjang pipa 4875 m adalah secara horizontal dengan nilai tahanan yang didapat lebih kecil dan arus yang lebih besar jika dibandingkan dengan pemasangan secara vertical.

4.2. Saran

1. Perencanaan yang baik tidak menjamin sepenuhnya kesuksesan dalam system proteksi katodik, hal terpenting lainnya yang mendukung keberhasilan sistem proteksi katodik adalah proses penerapannya dilapangan dan pemeriksaan yang dilakukan secara rutin.
2. Jika ada daerah yang melintasi bawah jalan raya (*crossing*), harus mendapatkan perlakuan yang lebih seperti penambahan jumlah anoda
3. Sebaiknya testpoint terdistribusi merata pada jaringan pipa di dekat anoda, sehingga monitoring terhadap pipa dapat sepenuhnya diterapkan. Data dari satu atau dua *testpoint* tidak bisa mewakili nilai proteksi pada pipa secara keseluruhan.

DAFTAR RUJUKAN

- Bahadori, A. (2017). Chapter 4 - Transportation Pipelines Pressure Testing . *Oil and Gas Pipelines and Piping Systems* , 93–117. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803777-5.00004-6>
- Brock, J., & Zaroog, O. S. (2017). Copper Alloys: Corrosion. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, (February 2016), 1–4. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.02892-7>
- Bu, Y., & Ao, J.-P. (2017). A review on photoelectrochemical cathodic protection semiconductor thin films for metals. *Green Energy & Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.gee.2017.02.003>
- Bu, Y., Chen, Z., Ao, J., Hou, J., & Sun, M. (2018). Study of the photoelectrochemical cathodic protection mechanism for steel based on the SrTiO₃-TiO₂ composite. *Journal of Alloys and Compounds*, 731, 1214–1224. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.10.165>
- Buchheit, R. G. (2018). *Corrosion Resistant Coatings and Paints. Handbook of Environmental Degradation of Materials* (Third Edit). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-52472-8.00022-8>
- Casal, J. (2018). *Transportation of Hazardous Materials. Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63883-0.00012-5>
- Dai, M., Liu, J., Huang, F., Zhang, Y., & Cheng, Y. F. (2018). Effect of cathodic protection potential fluctuations on pitting corrosion of X100 pipeline steel in acidic soil environment. *Corrosion Science*. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2018.08.040>
- Genchev, G., & Erbe, A. (2017). *Sour Gas Corrosion—Corrosion of Steels and Other Metallic Materials in Aqueous Environments Containing H₂S. Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.11546-X>
- Lazzari, L. (2017). *Cathodic Protection: Basic Principles. Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.13445-6>
- Mahmoodian, M. (2018). *Introduction. Reliability and Maintainability of In-Service Pipelines*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813578-5.00001-9>
- Makhlouf, A. S. H., Herrera, V., & Muñoz, E. (2018). *Corrosion and protection of the metallic structures in the petroleum industry due to corrosion and the techniques for protection. Handbook of Materials Failure Analysis*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101928-3.00006-9>
- Shekari, E., Khan, F., & Ahmed, S. (2017). Economic risk analysis of pitting corrosion in

- process facilities. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 157, 51–62.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2017.08.005>
- Simpson, D. A. (2017). *Surface Engineering Concepts. Practical Onshore Gas Field Engineering*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813022-3.00004-3>
- Singh, R. (2014). *Hazards and Threats to a Pipeline System. Pipeline Integrity Handbook*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387825-0.00005-3>
- Singh, R. (2017). Corrosion and Corrosion Protection. *Pipeline Integrity Handbook*, 241–270. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813045-2.00017-X>
- Sudarsan, V. (2017). *Materials for Hostile Chemical Environments. Materials Under Extreme Conditions*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801300-7.00004-8>
- Sutton, I. (2017a). Inspection. *Plant Design and Operations*, 335–352. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812883-1.00011-5>
- Sutton, I. (2017b). *Transportation. Plant Design and Operations*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812883-1.00007-3>
- Vanaei, H. R., Eslami, A., & Egbewande, A. (2017). A review on pipeline corrosion, in-line inspection (ILI), and corrosion growth rate models. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 149(Ili), 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2016.11.007>
- Xu, L., & Cheng, Y. F. (2017). A finite element based model for prediction of corrosion defect growth on pipelines. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 153, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2017.05.002>