

Kajian Sisa Umur Pakai dan Proteksi Katodik Sistem Anoda Korban Pada Pipa Transportasi Gas Pipeline C di Kecamatan Cilamaya Wetan, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat

Mohamad Zaidan Idris*, Elfida Moralista, Zaenal

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*zaidanidris11@gmail.com

Abstract. Transportation activities in the gas and crude oil industry use metal-based pipes. The metals used in transportation pipes have good resistance to high pressure and high temperature properties. However, metal pipes experience corrosion due to their interaction with the environment. The environment is in the form of land, water, air, natural gas and crude oil. The disadvantage of corrosion is that it results in a reduction in the thickness of the pipe, resulting in pipe leakage and the remaining life of the pipe is low. Therefore, it is necessary to monitor corrosion on pipes, one of which is through this study so that the remaining useful life of the pipes can reach its design life. This research was conducted on a gas transportation pipe along 1,764 meters below ground level. This study aims to determine the type of corrosion, the degree of cathodic protection of the sacrificial anode system, the corrosion rate and the remaining useful life of gas transportation pipes as well as the external environmental factors that influence it. The methodology in this research is the measurement of pipe thickness reduction to determine the corrosion rate and the remaining useful life of the pipe based on API 570. Measurement of pipe thickness using the Ultrasonic Thickness Gauge Panametrics MG 2 DL at 8 points. Environmental conditions in the research area, namely soil pH 5.8 - 6.2, including the acid category with gray alluvial soil type, average air temperature 27°C, and soil resistivity 1,904 - 1,929 ohm.cm included in the very corrosive level of corrosivity. The types of corrosion that occur in gas transportation pipes are uniform corrosion and erosion corrosion. External environmental factors, namely soil pH and soil resistivity, have no significant effect on the corrosion rate and the remaining useful life of the pipe because the coating, wrapping, and cathodic protection of the sacrificial anode system are still functioning properly. The value of the cathodic protection potential of the sacrificial anode system ranges from -1,067 to -983 mV vs CSE which is included in the level of protection, which is protected according to the NACE RP0169 standard. The pipe corrosion rate, which ranges 0.2050 - 0.2230 mm/year, is included in the good category based on the relative corrosion resistance of steel. The service life of the pipe is 20 years and the remaining useful life of the pipe is 4.66 - 6.83 years, this shows that the pipe can be used beyond the design life of the pipe (20 years).

Keywords: Carbon Steel Pipes, Gas, Cathodic Protection, Corrosion Rate, Remaining Service Life.

Abstrak. Kegiatan transportasi pada industri gas dan crude oil menggunakan pipa berbahan dasar logam. Logam yang digunakan pada pipa transportasi memiliki sifat ketahanan yang baik terhadap tekanan dan temperatur tinggi.

Akan tetapi, pipa logam mengalami korosi akibat berinteraksi dengan lingkungan. Lingkungan tersebut berupa tanah, air, udara, gas bumi, dan *crude oil*. Kerugian terjadinya korosi yaitu mengakibatkan pengurangan ketebalan pipa, sehingga mengalami kebocoran pipa dan sisa umur pakai pipa menjadi rendah. Oleh karena itu, diperlukan monitoring korosi pada pipa salah satunya melalui kajian ini agar sisa umur pakai pipa dapat mencapai umur desainnya. Penelitian ini dilakukan pada pipa transportasi gas sepanjang 1.764 meter yang berada di bawah permukaan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis korosi, tingkat proteksi katodik sistem anoda korban, laju korosi pipa dan sisa umur pakai pipa transportasi gas serta faktor-faktor lingkungan eksternal yang mempengaruhinya. Metodologi dalam penelitian ini yaitu pengukuran pengurangan ketebalan pipa untuk mengetahui laju korosi dan sisa umur pakai pipa berdasarkan API 570. Pengukuran ketebalan pipa menggunakan alat Ultrasonic Thickness Gauge Panametrics MG 2 DL pada 8 titik. Kondisi lingkungan di daerah penelitian ini yaitu pH tanah 5,8 – 6,2 termasuk kategori asam dengan jenis tanah aluvial kelabu, temperatur udara rata-rata 27°C, dan resistivitas tanah 1.904 – 1.929 ohm.cm termasuk ke dalam tingkat korosifitas sangat korosif. Jenis korosi yang terjadi pada pipa transportasi gas yaitu korosi merata dan korosi erosi. Faktor-faktor lingkungan eksternal yaitu pH tanah dan resistivitas tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap laju korosi dan sisa umur pakai pipa karena coating, wrapping, dan proteksi katodik sistem anoda korban masih berfungsi dengan baik. Nilai potensial proteksi katodik sistem anoda korban berkisar antara -1.067 sampai -983 mV vs CSE yang termasuk ke dalam tingkat proteksi yaitu terproteksi berdasarkan standar NACE RP0169. Laju korosi pipa yaitu berkisar antara 0,2050 – 0,2230 mm/tahun termasuk ke dalam kategori good berdasarkan ketahanan korosi relatif baja. Umur pakai pipa 20 tahun dan sisa umur pakai pipa yaitu 4,66 – 6,83 tahun, hal ini menunjukkan bahwa pipa dapat digunakan melebihi umur desain pipa (20 tahun).

Kata Kunci: Pipa Baja Karbon, Gas, Proteksi Katodik, Laju Korosi, Sisa Umur Pakai.

1. Pendahuluan

Pada industri minyak bumi dan gas, penggunaan jalur-jalur pipa merupakan suatu elemen yang memegang peranan penting untuk kegiatan transportasi. Kegiatan transportasi minyak bumi dan gas dilakukan dengan menggunakan pipa berbahan dasar logam. Logam yang digunakan pada pipa transportasi memiliki sifat ketahanan yang baik terhadap tekanan dan temperatur yang tinggi. Akan tetapi, pipa logam mengalami korosi akibat berinteraksi dengan lingkungan.

Korosi merupakan kerusakan yang terjadi pada pipa akibat dari reaksi oksidasi antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya. Lingkungan tersebut berupa tanah, air, udara, gas bumi, dan *crude oil*. Kerugian terjadinya korosi yaitu mengakibatkan pengurangan ketebalan pipa, sehingga mengalami kebocoran pada pipa dan sisa umur pakai pipa menjadi rendah.

Upaya untuk mengendalikan atau meminimalkan terjadinya korosi pada pipa, maka sangat diperlukan pemeliharaan dan *monitoring* yang baik. Oleh karena itu, dilakukan pengkajian korosi pada pipa transportasi gas, agar sisa umur pakai pipa dapat mencapai umur desainnya.

Berdasarkan latar belakang, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai

berikut : “Apa saja jenis korosi yang terjadi pada pipa transportasi gas?”, “Faktor-faktor lingkungan eksternal apa saja yang mempengaruhi laju korosi dan sisa umur pakai pipa transportasi gas?”, “ Bagaimana tingkat proteksi metoda proteksi katodik sistem anoda korban yang diaplikasikan pada pipa transportasi gas?”, “ Berapa laju korosi (*Corrosion Rate/CR*) dan sisa umur pakai (*Remaining Service Life/RSL*) pipa transportasi gas?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini, yaitu :

Mengetahui jenis korosi yang terjadi pada pipa transportasi gas.

Mengetahui faktor-faktor lingkungan eksternal yang mempengaruhi laju korosi dan sisa umur pakai pipa transportasi gas.

Mengetahui tingkat proteksi metoda proteksi katodik sistem anoda korban yang diaplikasikan pada pipa transportasi gas.

Mengetahui laju korosi (*Corrosion Rate/CR*) dan sisa umur pakai pipa (*Remaining Service Life/RSL*) pipa transportasi gas.

2. Landasan Teori

Baja Karbon

Baja karbon (*Carbon Steel*) merupakan suatu material logam yang terbentuk dari unsur utama besi (Fe) dan unsur karbon (C). Besi (Fe) merupakan unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Baja karbon mempunyai kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% sampai >0,6%, kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja^[2].

Korosi

Korosi juga bisa diartikan sebagai peristiwa alamiah yang terjadi pada bahan dan merupakan proses kembalinya bahan ke kondisi semula saat bahan ditemukan dan diolah dari alam (Budi Utomo, 2009).

Faktor -faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

1. Faktor internal
2. Faktor lingkungan
 - a. Lingkungan dalam pipa : komposisi fluida, pH, temperatur dan tekanan pada bagian dalam pipa.
 - b. Lingkungan luar pipa : pH tanah, temperatur udara, kelembapan relatif, resistivitas tanah.

Metoda Pengendalian Korosi

Pengendalian korosi dapat dicapai dengan mengenali dan memahami mekanisme dari korosi dengan menggunakan bahan tahan korosi dan menggunakan sistem (Jones, Denny,A. 1996).

1. Pelapisan (*Coating*) : pencegahan dengan menutup permukaan logam dari kontak langsung dengan lingkungannya.
2. Metoda Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*)

Proteksi katodik ini mengacu pada standar *National Association of Corrosion Engineer (NACE)* RP 0169, untuk standar potensial proteksi yaitu -850 mV vs CSE.

Tabel 1. Tingkat Proteksi Untuk Baja dalam Tanah

Berdasarkan *Standard NACE RP 0169*

Potensial, mV, CSE	Tingkat Proteksi
> -600	Terkorosi
> -850 sampai -600	Ada Proteksi
-1,200 sampai -850	Terproteksi

Potensial, mV, CSE	Tingkat Proteksi
< -1,200	Over-Proteksi
	- Darat → hati-hati
	- Laut → tidak apa-apa

Sumber : Nace International Standard Practice, 2002

- Metode anoda korban (Sacrificial Anode Cathodic Protection/SACP), merupakan perlindungan logam yang dilakukan dengan mengorbankan logam yang lebih reaktif.
- Metode arus yang dipaksakan (Impressed Current Cathodic Protection/ICCP), merupakan perlindungan logam yang dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik searah yang diperoleh dari Transformer Rectifier.

Ketahanan Korosi Relatif

Ketahanan korosi relatif adalah ketahanan material pipa terhadap korosi pada keadaan tertentu.

Tabel 2. Ketahanan Korosi Relatif Baja

Relative Corrosion Resistance	Mpy	mm/yr	µm/yr	Nm/h	Pm/s
Outstanding	<1	<0.02	<25	<2	<1
Excelent	1 – 5	0.02 – 0.1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
Good	1 – 5	0.1 – 0.5	100 – 500	10 – 50	20 – 50
Fair	20 – 50	0.5 – 1	500 – 1,000	50 – 150	20 – 50
Poor	50 – 200	1 – 5	1,000 – 5,000	150 – 500	50 – 200
Unacceptable	200+	5+	5,000+	500+	200+

Sumber : Jones, Denny A., 1996

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pada pipa transportasi gas *pipeline* C menggunakan material pipa yaitu API 5L Grade B yang mempunyai kandungan karbon (C) sebesar 0,28% dan termasuk kedalam jenis *low carbon steel*. Berdasarkan *American Society of Mechanical Engineering* (ASME) pipa transportasi berdiameter 10 inch, *schedule* 40, mempunyai tebal nominal 9,27 mm, jalur pipa mempunyai panjang 1.764 m, dan mempunyai jumlah 8 *test point* dengan kondisi pipa berada dibawah permukaan tanah. Data lingkungan didaerah penelitian ini memiliki pH tanah berkisar 5,8 – 6,2 yang tergolong kedalam kategori asam, resistivitas tanah berkisar 1.094 – 1.929 ohm.cm termasuk ke dalam tingkat korosifitas yaitu sangat korosif berdasarkan *Corrosivity Ratings Based on Soil Resistivity*, temperatur udara rata-rata berkisar 27°C, kelembapan relatif sebesar 80%, dan curah hujan tahunan berkisar 1.100 – 3.200 mm/tahun. Untuk memperoleh nilai dari *Thickness Required* (Tr), *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP), laju korosi (*Corrosion Rate/CR*) serta sisa umur pakai (*Remaining Service Life/RSL*) pipa dilakukan dengan perhitungan berdasarkan standar API 570. Berikut ini merupakan contoh perhitungan.

Tabel 3. Contoh Parameter Perhitungan pada *Test Point* 1

No	Parameter	Nilai
1	Umur Pakai Pipa (t), Tahun	20
2	<i>Design Pressure</i> (P), psi	580
3	<i>Weld Joint Factor</i> (E)	1
4	<i>Allowable Stress Value</i> (S), psi	21.000
5	<i>Corrosion Allowance</i> (CA), mm	0
6	Tebal Nominal, mm	9,27

No	Parameter	Nilai
7	Tebal Aktual, mm	5,17
8	Diameter Luar (D), mm	273,1

1. Thickness Required (tr)

$$\begin{aligned} \text{Thickness Required} &= \frac{P \times D}{2 \times S \times E} + CA \\ &= \frac{580 \text{ psi} \times 273,1 \text{ mm}}{2 \times 21.000 \text{ psi} \times 1} + 0 = 3,77 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Maximum Allowance Working Pressure (MAWP)

$$\begin{aligned} \text{MAWP} &= \frac{2 \times S \times E \times \text{tebal aktual}}{D} \\ &= \frac{2 \times 21.000 \text{ psi} \times 1 \times 5,17 \text{ mm}}{273,1 \text{ mm}} = 795,09 \text{ psi} \end{aligned}$$

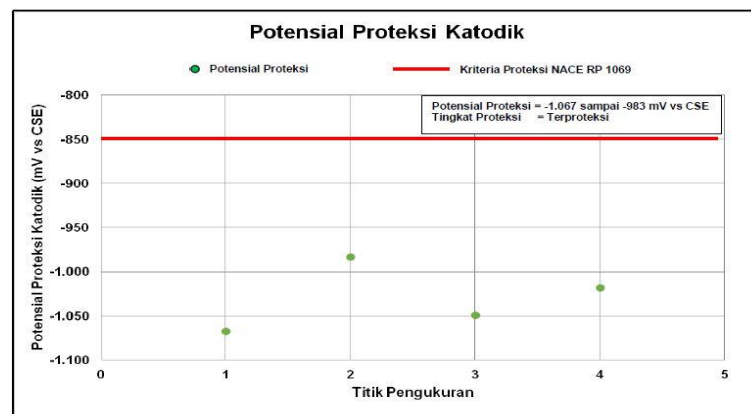
3. Perhitungan Laju korosi (Corrosion Rate)

$$\begin{aligned} \text{Laju Korosi} &= \frac{\text{tebal nominal} - \text{tebal aktual}}{\text{Umur pakai pipa}} \\ \text{a.} &= \frac{9,27 \text{ mm} - 5,17 \text{ mm}}{20 \text{ tahun}} = 0,205 \text{ mm/tahun} \\ \text{b.} & \end{aligned}$$

4. Perhitungan Remaining Service Life (Sisa Umur Pakai)

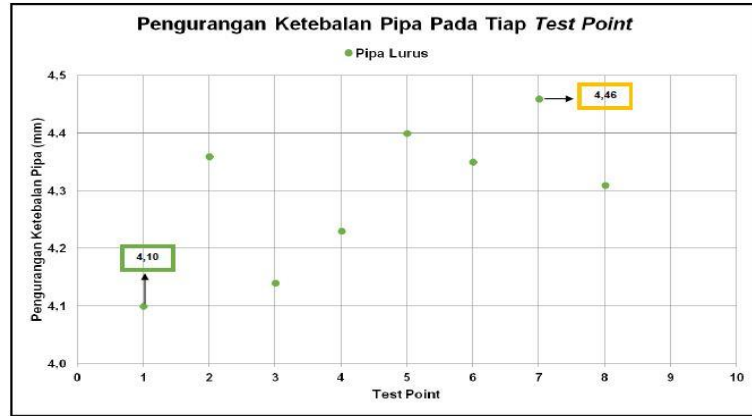
$$\begin{aligned} \text{RSL} &= \frac{\text{tebal aktual} - \text{thickness required}}{\text{Laju Korosi}} \\ \text{a.} &= \frac{5,17 \text{ mm} - 3,77 \text{ mm}}{0,205 \text{ mm/tahun}} = 6,83 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan diketahui bahwa laju korosi (*Corrosion Rate/CR*) tertinggi yaitu pada *test point 7* dengan laju korosinya sebesar 0,2230 mm/tahun dan laju korosi (*Corrosion Rate/CR*) terendah yaitu pada *test point 1* dengan laju korosinya sebesar 0,2050 mm/tahun. Sedangkan sisa umur pakai (*Remaining Service Life/RSL*) pipa terendah yaitu pada *test point 7* sebesar 4,66 tahun dan sisa umur pakai (*Remaining Service Life/RSL*) pipa tertinggi yaitu pada *test point 1* sebesar 6,83 tahun.



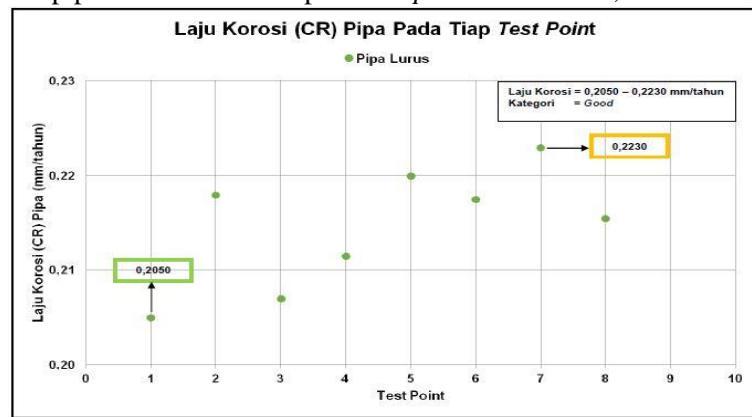
Gambar 1. Grafik Potensial Proteksi Katodik

Berdasarkan **Gambar 1** didapatkan nilai potensial proteksi berkisar antara -1.067 sampai -983 mV vs CSE, yang menunjukkan bahwa pada pipa transportasi gas *pipeline C* termasuk tingkat proteksi khusus baja dalam tanah yaitu terproteksi berdasarkan standar NACE RP 0169.



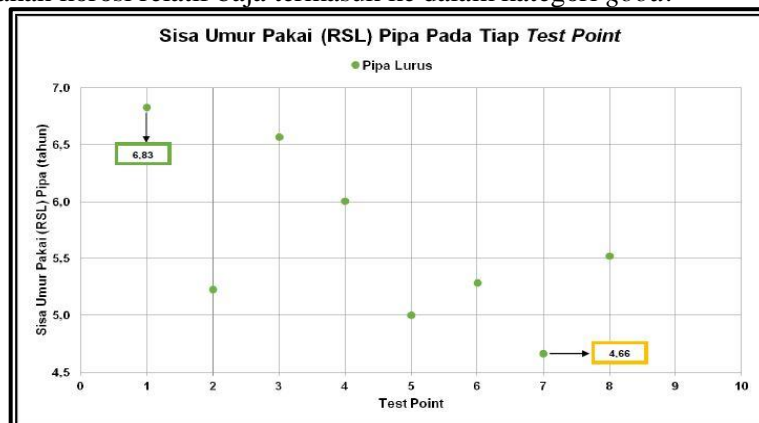
Gambar 2. Grafik Pengurangan Ketebalan Pipa Tiap *Test Point*

Berdasarkan **Gambar 2** menunjukkan adanya pengurangan ketebalan pipa pada 8 *test point*, pengurangan ketebalan pipa tertinggi berada pada *test point* 7 sebesar 4,46 mm dan pengurangan ketebalan pipa terendah berada pada *test point* 1 sebesar 4,10 mm.



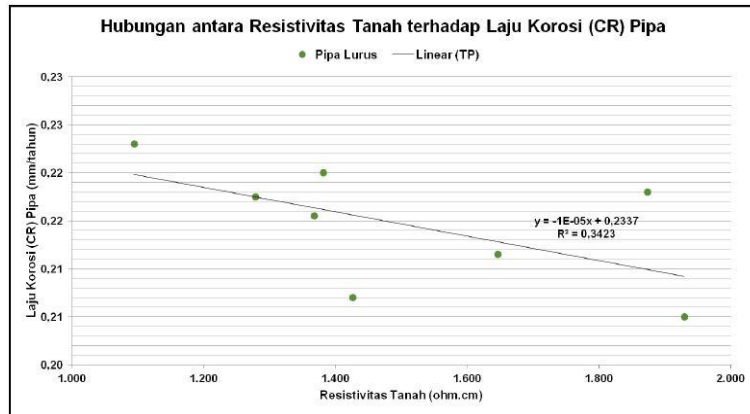
Gambar 3. Grafik Laju Korosi (CR) Pipa pada Tiap *Test Point*

Berdasarkan **Gambar 3** menunjukkan *test point* 7 mengalami laju korosi tertinggi sebesar 0,2230 mm/tahun dan *test point* 1 laju korosi terendah sebesar 0,2050 mm/tahun. Berdasarkan ketahanan korosi relatif baja termasuk ke dalam kategori *good*.



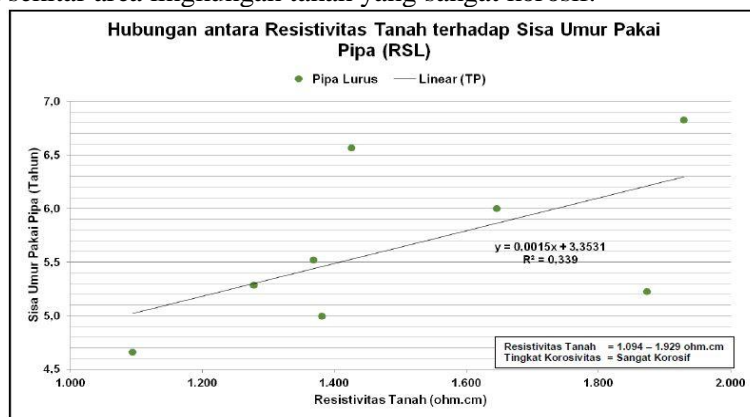
Gambar 4. Grafik Sisa Umur Pakai (RSL) Pipa pada Tiap *Test Point*

Berdasarkan **Gambar 4** menunjukkan sisa umur pakai pipa terendah terjadi pada *test point* 7 sebesar 4,66 tahun dan sisa umur pakai pipa tertinggi terjadi pada *test point* 1 sebesar 6,83 tahun.



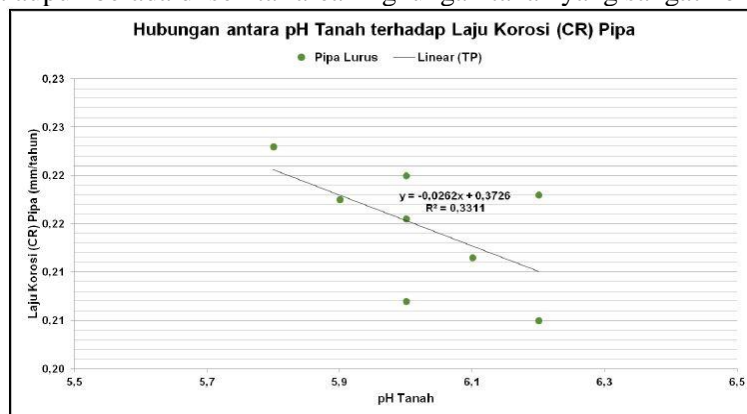
Gambar 5. Grafik Hubungan antara Resistivitas Tanah terhadap Laju Korosi (CR) Pipa

Berdasarkan **Gambar 5** didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3423 yang menunjukkan bahwa resistivitas tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap laju korosi. Hal ini ditandai dengan metoda pengendalian korosi yang diaplikasikan secara eksternal, yaitu *coating*, *wrapping*, dan proteksi katodik sistem anoda korban tergolong masih berfungsi dengan baik, walaupun berada di sekitar area lingkungan tanah yang sangat korosif.



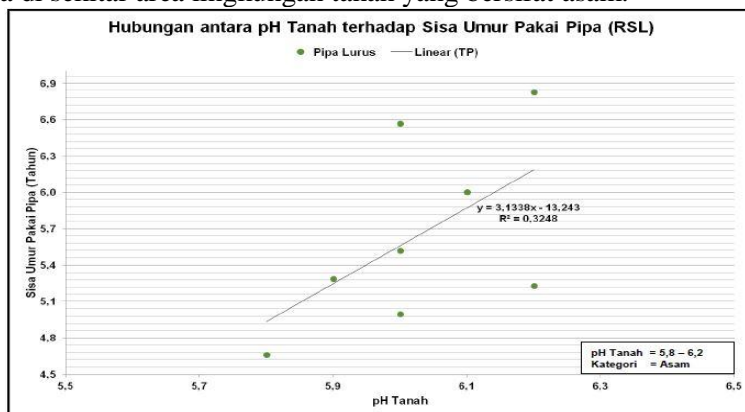
Gambar 6. Grafik Hubungan antara Resistivitas Tanah terhadap Sisa Umur Pakai Pipa

Berdasarkan **Gambar 6** didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,339 yang menunjukkan bahwa resistivitas tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap sisa umur pakai pipa. Hal ini ditandai dengan metoda pengendalian korosi yang diaplikasikan secara eksternal, yaitu *coating*, *wrapping*, dan proteksi katodik sistem anoda korban tergolong masih berfungsi dengan baik, walaupun berada di sekitar area lingkungan tanah yang sangat korosif.



Gambar 7. Grafik Hubungan antara pH Tanah terhadap Laju Korosi (CR) Pipa

Berdasarkan **Gambar 7** didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3311 yang menunjukkan bahwa pH tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap laju korosi pipa. Hal ini ditandai dengan metoda pengendalian korosi yang diaplikasikan secara eksternal, yaitu *coating*, *wrapping*, dan proteksi katodik sistem anoda korban tergolong masih berfungsi dengan baik, walaupun berada di sekitar area lingkungan tanah yang bersifat asam.



Gambar 8. Grafik Hubungan antara pH Tanah terhadap Sisa Umur Pakai Pipa

Berdasarkan **Gambar 8** didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3248 yang menunjukkan bahwa pH tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap sisa umur pakai pipa. Hal ini ditandai dengan metoda pengendalian korosi yang diaplikasikan secara eksternal, yaitu *coating*, *wrapping*, dan proteksi katodik sistem anoda korban tergolong masih berfungsi dengan baik, walaupun berada di sekitar area lingkungan tanah yang bersifat asam.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian skripsi ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jenis korosi yang terjadi pada pipa transportasi gas *pipeline C* adalah korosi merata dan korosi erosi.
2. Faktor-faktor lingkungan eksternal yaitu pH tanah dan resistivitas tanah tidak berpengaruh signifikan terhadap laju korosi dan sisa umur pakai pipa karena metoda *coating*, *wrapping*, dan proteksi katodik sistem anoda korban masih berfungsi dengan baik.
3. Nilai potensial proteksi katodik metoda proteksi katodik sistem anoda korban adalah -1.097 sampai -983 mV vs CSE yang termasuk ke dalam tingkat proteksi yaitu terproteksi berdasarkan standar NACE RP 0169.
4. Laju korosi (*Corrosion Rate/CR*) pipa yaitu 0,2050 mm/tahun sampai 0,2230 mm/tahun dan berdasarkan ketahanan korosi relatif baja termasuk ke dalam kategori *good*. Sisa umur pakai (*Remaining Service Life/RSL*) pipa yaitu 4,66 tahun sampai 6,83 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pipa masih dapat digunakan melebihi umur desain pipa yaitu 20 tahun.

5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penyusun memberikan saran yaitu perlunya mengupayakan inspeksi secara lebih intensif di *test point* pipa yang laju korosinya tinggi.

Daftar Pustaka

Al-Hafydhz, Ikhsan., Moralista, Elfida., Usman, Dudi Nasrudin., 2018, "Penentuan Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai (Remining Service Life / RSL) pada Jalur Pipa Transportasi Gas Jumper Simpang Brimob-NFG (Non Flare Gas) Mundu di PT Pertamina EP Asset Jatibarang Field Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat", Prosiding Teknik

- Pertambangan (Agustus, 2018), ISSN : 2460-6499 ; P 467-657, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- Anonim, 1993, "Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys", ASM Handbook Committee, United State.
- Anonim, 2002, "Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping System", Houston, TX : NACE.
- Anonim, 2012, "Pipeline Transportation System for Liquids and Slurries (ASME B31.8)", American Society of Mechanical Engineering, New York.
- Anonim, 2015, "Inspector's Examination, Pressure Piping Inspector (API 570)", American Petroleum Institute, Washington DC.
- Jonnes, Danny A., 1996, "Principles and Prevention of Corrosion", New York. .
- Utomo, Budi., 2009, "Jenis Korosi dan Penanggulangannya", Universitas Diponegoro, Semarang.