

DESAIN PERLINDUNGAN KATODIK ARUS PAKSA DAN PERHITUNGAN EKONOMIS PADA JALUR PIPELINE JATIASRI – BONGAS

Risad Wilda Tama¹, Bambang Antoko², Pranowo Sidi³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{2*23}

Email: risadtama14@gmail.com¹

Abstract – In the pipeline project of the SP Jatiasri – SP Bongas which function to deliver natural gas fluids, has a length of 11 km and is in the pipe is planted below the ground (buried pipeline). The buried pipeline is very susceptible to corrosion so cathodic protection is needed to prevent corrosion. One of the cathodic protections is an impress current method that can protect the pipeline structure by flowing in the direct current that is obtained from other sources. In this study, it discusses the design calculation of forced current cathodic protection and economic calculation. the first step in this research is corrosion testing on material API 5L Gr. B by electrochemical method. From the results of corrosion testing data obtained current density and corrosion rate, where the current density data is intended for computation of forced current cathodic design calculations and corrosion rate data is used to calculate the age of the pipeline design. From these steps, a good design of cathodic protection is obtained and an economical budget draft is obtained. From the analysis of this study the results of corrosion testing on material API 5L Gr. B were obtained which is in the form of current density data. Where the lower the soil pH (5; 5.5; 6; 6.5; 7), the greater the current density. While the higher the soil pH (5; 5.5; 6; 6.5; 7), the smaller the current density. The cathodic protection design on the Jatiasri SP pipeline – SP Bongas requires 2 sets of graphite anodes and the draft current design cost for cathodic protection at each soil PH (5; 5.5; 6; 6.5; 7) requires a cost of Rp. 71,275,000.00.

Keyword: pipeline, ICCP corrosion design, design costs.

Nomenclature

CR	Laju korosi
Pd	Tekanan desain
SA	Area Permukaan Pipa
Ra	Tahanan Anoda Relatif
Ip	Kebutuhan arus proteksi
Qmin	Jumlah Anoda
fa	faktor Interfensi Anoda
Rbs	Tahanan Groundbed
Rc	Tahanan Kabel
VDC	Tegangan DC

1. PENDAHULUAN

Pipeline digunakan dalam memenuhi kebutuhan industri yang menggunakan bahan baku berupa fluida seperti gas dan lain-lain untuk menyalurkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain. (Yulianto, Soim, & Sidi, n.d.)

Korosi adalah kerusakan material logam yang ditandai dengan adanya pengurangan ketebalan sebagian maupun merata di permukaan material. Kerusakan ini tidak dapat dihindari atau bahkan dihilangkan. Banyak faktor dari lingkungan yang sangat berpengaruh dalam terjadinya korosi, seperti kelembapan udara, kelembapan tanah, temperature, dan lain-lain. (Ahmad, Prasojo, & Indartono, n.d.)

Pada tahap desain pipeline metode perlindungan katodik sangat diperlukan untuk mencegah korosi serta untuk keamanan dari pipeline agar tidak mengalami kebocoran, serta lingkungan dan masyarakat sekitar tidak mengalami dampak buruk akibat adanya kegagalan sistem dari pipeline. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mendesain perlindungan katodik yang baik dan ekonomis.

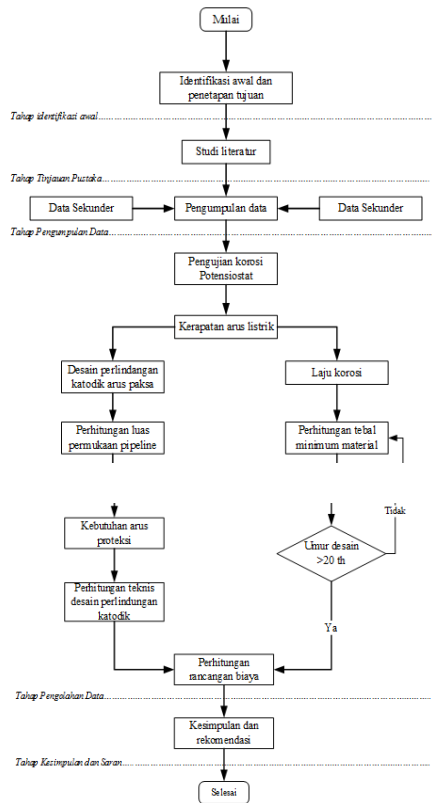
Pengujian korosi perlu diperlukan untuk mengetahui kerapatan arus dan laju korosi. Laju korosi diperlukan untuk menentukan umur desain pipeline. Umur desain pipeline rata-rata mempunyai umur minimal 20 tahun masa operasi. Pengujian korosi untuk mencari kerapatan arus dan laju korosi adalah pengujian potensiostat.

Pada tahap desain, rancangan biaya juga sangat diperhitungkan. Selain desain yang baik juga mempunyai nilai ekonomisnya juga tidak besar. Rancangan biaya akan memperhitungkan biaya yang dibutuhkan untuk pendesainan perlindungan katodik dengan metode arus paksa (ICCP).

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Berikut ini adalah metodologi yang digunakan :



2.2 Laju Korosi

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek sehingga didapat laju korosi yang terjadi. Metode ini mengukur laju korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju tersebut dengan waktu yang panjang (memperkirakan walaupun hasil yang terjadi anatar satu waktu dengan waktu lainnya berbeda). Setelah dilakukan pengujian dan di dapatkan hasil kerapatan arus (I_{corr}) dimana akan menjadi variabel perhitungan mencari laju korosi sesuai dengan standard ASTM G102. Persamaan untuk menghitung laju korosi setelah melauli pengujian potenciosstat, yaitu:

$$CR = 3.27 \times 10^{-3} \frac{i_{corr}}{\rho} E_w \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

- CR = Laju korosi
- i_{corr} = Kerapatan arus
- E_w = Berat equivalent
- ρ = Massa jenis material

2.3 Design Life Pipeline

$$t = \frac{P_a D_o}{2 S F E T} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$Desain\ Life = \frac{t_n \times t_r}{CR} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

- t = Ketebalan pipa

- P_d = Tekanan desain
- D_o = Outside diameter
- S = Specified Minimum Yield Strength
- F = Basic design factor
- E = Longitudinal joint factor
- T = Temperature derating factor
- t_n = Thickness nominal
- t_r = Thickness required

2.4 Perancangan Perlindungan Katodik Arus Paksa (ICCP)

Perancangan proteksi katodik arus paksa pipeline 6” Jatiarsi – Bongas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

2.4.1 Perhitungan luas permukaan pipa:

$$SA = \pi D L \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

- SA = Area Permukaan Pipa
- D = Outside Diameter
- L = Length of pipe

2.4.2 Kebutuhan arus proteksi:

$$I_p = SA I_{corr} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

- I_p = Kebutuhan arus proteksi
- SA = Area permukaan pipa
- I_{corr} = Densitas arus

2.4.3 Perhitungan Jumlah Minimal Anoda:

$$Q_{min} = \frac{I_t}{I_o} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

- Q_{min} = Jumlah Anoda
- I_t = Total Arus Proteksi
- I_o = Keluaran Arus Anoda

2.4.4 Tahanan Anoda Relatif:

$$R_a = \frac{Resistansi\ backfill}{2 \pi L_a} \ln \left[\left(\frac{8 L_a}{D_a} \right) - 1 \right] \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

- R_a = Tahanan Anoda Relatif
- L_a = Panjang Anoda
- D_a = Diameter Anoda

2.4.5 Faktor Interfensi Antar Anoda:

$$f_a = 1 + \frac{\frac{2 L_a}{S A_a} \ln (0,656 \times N_a)}{\ln \left[\left(\frac{8 L_a}{D_a} \right) - 1 \right]} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

- fa = faktor Interfensi Anoda
- La = Panjang Anoda
- SAa = Jarak pemasangan anoda
- Na = Jumlah Anoda Dalam 1 Groundbed

2.4.6 Tahanan Backfill:

$$R_b = \frac{\text{Resivitas Tanah}}{2 \times \pi \times L_b} \times \ln \left[\left(\frac{8 L_b}{D_b} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

- Rb = Tahanan Backfill
- Lb = Panjang Backfill

2.4.7 Tahanan Pada Groundbed:

$$R_{sb} = \frac{R_a}{N_a} \times f_a + R_b \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

- Rbs = Tahanan Groundbed
- Ra = Tahanan Anoda Relatif
- Na = Jumlah Anoda Dalam 1 Groundbed
- fa = Faktor Interfensi Anoda
- Rb = Tahanan Backfill

2.4.8 Tahanan Kabel DC:

$$R_c = \frac{L_c \times R_{cs}}{N \times C} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

- Rc = Tahanan Kabel
- Lc = Panjang Kabel
- Rcs = Tahanan Spesifik Kabel
- N = Jumlah Kabel Paralel
- C = jumlah Inti

2.4.9 Tahanan Total Sirkuit Positif:

$$R_{pos} = R_{gb} + R_{kabel-pos} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

- Rpos = Tahanan Total Sirkuit
- Rgb = Tahanan pada Groundbed
- Rkabel - pos = Tahanan Kabel – Tahanan Sirkuit.

2.4.10 Tegangan DC Transformator Rectifier:

$$V_{DC} = [(I_t \times R_t) \times (1 + SF_3)] + B_{emf} \dots\dots\dots (2.13)$$

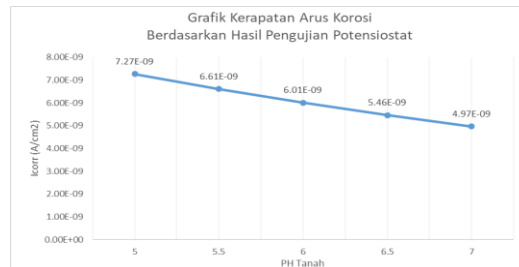
Dimana:

- VDC = Tegangan DC
- Rt = Tahanan Total
- SFa = Safety Factor 3
- Bemf= Tegangan Balik

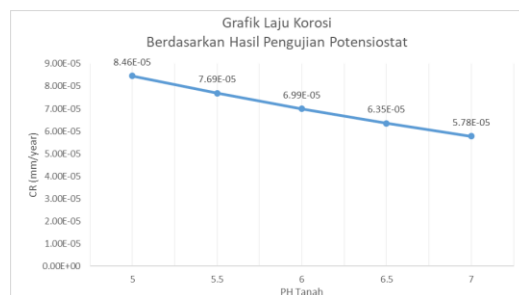
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian dan Perhitungan Laju Korosi

Hasil perhitungan laju korosi pada material API 5L Gr. B di setiap variasi PH tanah ditunjukkan pada grafik dibawah ini:



Gambar 3.1 Hasil pengujian korosi material API 5L Gr. B



Gambar 3.2 Hasil perhitungan laju korosi material API 5L Gr. B

3.2 Hasil Perhitungan Umur Desain Pipa

Tabel 3.1 Hasil perhitungan umur desain pipa

No	PH Tanah	Umur (tahun)
1	5	122261
2	5.5	134487
3	6	147936
4	6.5	162730
5	7	179002

3.3 Hasil Perancangan Perlindungan Katodik Arus Paksa

3.3.1 Perhitungan luas permukaan pipa:

$$SA = \pi D L$$

$$SA = 3.14 \times 0.168 \times 11000 = 5803 m^2$$

3.3.2 Kebutuhan arus proteksi:

Tabel 3.2 Hasil perhitungan kebutuhan arus proteksi

No	PH Tanah	Ip (Ampere)
----	----------	-------------

1	5	0,422
2	5.5	0.384
3	6	0.349
4	6.5	0.317
5	7	0.289

3.3.3 Perhitungan Jumlah Minimal Anoda:

Tabel 3.3 Hasil perhitungan anoda minimal

No	PH Tanah	Qmin (buah)
1	5	1
2	5.5	1
3	6	1
4	6.5	1
5	7	1

3.3.4 Tahanan Anoda Relatif:

$$R_a = \frac{\text{Resistansi backfill}}{2 \pi L_a} \ln \left[\left(\frac{8 L_a}{D_a} \right) - 1 \right]$$

$$R_a = \frac{0.1}{2 \times \pi \times 1} \ln \left[\left(\frac{8 \times 1}{0.025} \right) - 1 \right] = 5.765 \text{ ohm}$$

3.3.5 Faktor Interfensi Antar Anoda:

$$f_a = 1 + \frac{\frac{2 L_a}{S A_a} \ln (0,656 \times N_a)}{\ln \left[\left(\frac{8 L_a}{D_a} \right) - 1 \right]}$$

$$f_a = 1 + \frac{\frac{2 \times 1}{3} \ln (0,656 \times 2)}{\ln \left[\left(\frac{8 \times 1}{0.025} \right) - 1 \right]} = 1.031$$

3.3.6 Tahanan Backfill:

$$R_b = \frac{\text{Resivitas Tanah}}{2 \times \pi \times L_b} \times \ln \left[\left(\frac{8 L_b}{D_b} \right) - 1 \right]$$

$$R_b = \frac{15}{2 \times \pi \times 7} \times \ln \left[\left(\frac{8 \times 7}{0.254} \right) - 1 \right] = 1.840 \text{ ohm}$$

3.3.7 Tahanan Pada Groundbed:

$$R_{sb} = \frac{R_a}{N_a} \times f_a + R_b$$

$$R_{sb} = \frac{5.765}{2} \times 1.031 + 1.840 = 4.81 \text{ ohm}$$

3.3.8 Tahanan Kabel DC:

$$R_c = \frac{L_c \times R_{cs}}{N \times C}$$

a. Tahanan kabel anoda:

$$R_{anoda} = \frac{3000 \times 0.00183}{2 \times 1} = 2.75 \text{ ohm}$$

b. Tahanan kabel Positive Box Junction – Rectifier:

$$R_{PJB-TR} = \frac{3000 \times 0.00183}{1 \times 1} = 5.49 \text{ ohm}$$

c. Tahanan total kabel DC:

$$R_{kabel-pos} = 2.75 + 5.49 = 8.24 \text{ ohm}$$

3.3.10 Tahanan Total Sirkuit Positif:

$$R_{pos} = R_{gb} + R_{kabel-pos}$$

$$R_{pos} = 4.81 + 8.24 = 13.05 \text{ ohm}$$

3.4.10 Tegangan DC Transformator Rectifier:

Tabel 3.4 Hasil perhitungan tegangan DC transformator rectifier

No	PH Tanah	V.DC (Volt)
1	5	8.33
2	5.5	7.76
3	6	7.24
4	6.5	6.76
5	7	6.34

3.4 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya Desain ICCP

Perhitungan rancangan anggaran biaya (RAB) dihitung berdasarkan material yang diperlukan dalam mendesain perlindungan katodik arus paksa. Perhitungan rancangan anggaran biaya dari desain perlindungan katodik arus paksa dipilih desain terbaik menurut efektifitas perlindungan dari setiap ph tanah.

Hasil perhitungan rancangan anggaran biaya berdasarkan setiap PH tanah ditunjukkan pada tabel 3.5, yaitu sebagai berikut;

Tabel 3.5 Hasil perhitungan rancangan anggaran biaya

No	Description	Satuan	Jumlah	Unit Price (Rp)	Total Price (Rp)
1	Graphite Anode Packed	buah	8	2,500,000.00	5,000,000.00
2	Positive Box Junction	set	9	1,500,000.00	13,500,000.00
3	Transformer Rectifier 120v AC	set	1	15,000,000.00	15,000,000.00
4	Deep Well Groundbed Packed	set	1	3,000,000.00	3,000,000.00
5	Cable Tail XLPE/PVC 1x10mm ²	m	70	50,000.00	4,300,000.00
6	Negative Cable Feeder XLPE / PVC 1xmm ² , Black Color	m	70	75,000.00	3,225,000.00
7	Miscellaneous/consumable goods (cable maker, warning tape, 3M tape, ect.)	lot	1	750,000.00	750,000.00
8	Installation, Testing and Commissioning	lot	1	25,000,000.00	25,000,000.00
9	Final Report, Documentation and As Built Drawing	lot	1	1,500,000.00	1,500,000.00
Total					71,275,000.00

4. KESIMPULAN

Dari keseluruhan rangkaian analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian korosi dengan alat potensiostat pada material API 5L Gr. B menghasilkan data kerapatan arus listrik, dimana semakin rendah PH tanah maka data kerapatan arus listrik semakin besar. Sedangkan semakin tinggi PH tanah maka data kerapatan arus listrik semakin rendah.
2. Desain perlindungan katodik arus paksa pada pipeline Jatiasri – Bongas memerlukan anoda total sebanyak 2 set anoda Graphite. Desain ICCP pada PH 5 memerlukan kebutuhan arus proteksi sebesar 0.422 Ampere dan nilai tegangan DC Transformator Rectifier sebesar 8.33 Volt. Desain ICCP pada PH 5.5 memerlukan kebutuhan arus proteksi sebesar 0.384 Ampere dan nilai tegangan DC Transformator Rectifier sebesar 7.76 Volt. Desain ICCP pada PH 6 memerlukan kebutuhan arus proteksi sebesar 0.349 Ampere dan nilai tegangan DC Transformator Rectifier sebesar 7.24 Volt. Desain ICCP pada PH 6.5 memerlukan kebutuhan arus proteksi sebesar 0.317 Ampere dan nilai tegangan DC Transformator Rectifier sebesar 6.76 Volt. Desain ICCP pada PH 7 memerlukan kebutuhan arus proteksi sebesar 0.289 Ampere dan nilai tegangan DC Transformator Rectifier sebesar 6.34 Volt.
3. Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya desain ICCP pada setiap PH (5, 5.5, 6, 6.5, 7) memerlukan biaya sebesar Rp. 71,275,000.00 (Tujuh puluh satu juta dua ratus tujuh puluh lima ribu rupiah).

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, F., Prasajo, B., & Indartono, A. (n.d.). Pengaruh Resistivitas Tanah terhadap

Metode Proteksi Katodik SACP dan ICCP untuk Underground Pipeline.

- [2] Code, A., & Piping, P. (2012). Gas Transmission and Distribution Piping Systems, 2012.
- [3] Liu, H. (2003). Pipeline Engineering.
- [4] NACE. (2007). NACE SP0169:2007 - Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems (Vol. 2007).
- [5] Parisher, R. A., & Rhea, R. A. (2012). Pipe Drafting and Design. Pipe Drafting and Design. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384700-3.00005-0>
- [6] Pribadi, I. R. (2018). Pemetaan Korosi pada Unit pemurnian Defekasi di Industri Gula, (Corrosion), 1–8.
- [7] Yulianto, W. E., Soim, S., & Sidi, P. (n.d.). Analisis Perbandingan Ekonomis Pengendalian Korosi Dengan Menggunakan Metode ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) dan SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection) Pada Proyek Pipeline Gas Transmisi Gresik-Semarang, 217–222.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)