

PENGARUH PEMBAGIAN LUASAN ANODA TERHADAP LAJU KOROSI DAN LIFETIME MATERIAL API 5L X65M PSL PADA PIPA UNDERGROUND

Gatra Rendra Diki Permana.^{1*}, Bambang Antoko², Fipka Biono³

Program Studi Teknik Perpipaan, Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*3}

Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Teknik Perpipaan, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Email: gatrarendradikipermana@gmail.com^{1*}

Abstract – SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection) or cathodic anode protection is one type of corrosion protection method used to inhibit corrosion rates. Cathodic anode protection works by utilizing the potential difference between the anode and cathode. The currents produced by the sacrificial cathodic anode protection system are very limited because they only originate from the potential difference between the anode and the cathode. Based on the above problems, the distribution of sacrificial anodes must be carried out evenly so that the protective current can reach all metal parts. This research was conducted to test cathodic protection of the sacrificial anode method with different variations in the area of anode. Variations in the area are 60 x 30 mm, 30 x 30 mm, 60 x 15 mm and 30 x 15 mm. After that technical calculations can be made. These calculations include the calculation of corrosion rate, lifetime material and the need for anodes for sacrificial cathode anode protection installations. The test results show that the division of anode area can affect the value of corrosion rate and material lifetime. The results of the best protection comparison were produced by 4 pcs anodes measuring 30 x 15 with the greatest corrosion rate 0.002122829 mm / y at soil pH 4 and the smallest corrosion rate 0.001284870 at ph soil 6. The highest lifetime material value was 283.71 years at 4 pcs anodes measuring 30 x 15 mm. The smallest lifetime value of 82.12 years occurs on 1 pcs of anodes measuring 30 x 15 mm. The final calculation results about the need for anodes for sacrificial cathodic anode protection installations were 118 units. These results are obtained from calculations based on ASTM G1-03 standards, API 570 and DNV RP-B401.

Keyword : Underground Pipe, Corrosion, Cathodic Protection, Sacrificial Anode

Nomenclature

Cr	= Corrosion Rate (mpy)
K	= 87,6 x 10 ⁴
W	= Weight Loss (gr)
D	= Density of Spesimen
A	= Area of Spesimen (mm ²)
T	= Eksposure Time (hours)
P	= Pressure (psi)
S	= Specified minimum yield strength
T	= Temperature derating factor
F	= Design factor
T	= Thickness (mm)
E	= Joint factor
Ic	= current demand (A)
Ac	= area surface cathodic (m ²)
ic	= current density (A/m ²)
fc	= coating breakdown
Ma	= massa anoda (kg)
tf	= design life
μ	= utilization factor
ε	= anoda capacity (kg/m ³)

1. PENDAHULUAN

Korosi adalah kerusakan atau degradasi material yang umumnya logam akibat reaksi redoks

antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungan yang menghasilkan senyawa – senyawa yang tidak dikehendaki serta ditandai dengan adanya pengurangan ketebalan pada material. Kerusakan ini tidak dapat dihindari atau bahkan dihilangkan. Usaha yang dapat dilakukan hanyalah “pencegahan”, agar korosi tidak terjadi dalam waktu yang relatif singkat.

PT. X sebagai salah satu perusahaan Engineering, Procurement, and Construction (EPC) yang bergerak di beberapa bidang, Oil and Gas, Petrochemical, Mining, dan Power Plant sangat memperhatikan masalah korosi ini. Langkah pertama dalam tahap desain yang dilakukan oleh perusahaan EPC adalah pencegahan korosi. Saat ini ada beberapa proyek yang sedang dikerjakan PT. X salah satunya adalah proyek penyediaan jaringan pipa gas lean fase-1 (termasuk fasilitas pigging dan asesoris pipa terkait) pada ORF (onshore receiving facility). Berdasarkan data penelitian, perhitungan soil resistivity pada daerah tersebut rata - rata mempunyai nilai 1000 – 5000 (ohm-cm) dan mempunyai pH rata – rata 4 – 6. Kondisi seperti ini menunjukkan keadaan lingkungan yang asam dan cenderung korosif. Salah satu

metode dalam pengendalian korosi yang dilakukan adalah dengan menggunakan sistem proteksi katodik. Sistem proteksi katodik sendiri dapat dibagi menjadi dua macam yaitu dengan metode ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) dan juga metode SACP (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*). Dengan kondisi lokasi jaringan pipa gas yang jauh dari sumber arus listrik maka penggunaan proteksi katodik ICCP tidak memungkinkan karena metode tersebut membutuhkan daya listrik untuk memproteksi. Metode yang digunakan ialah metode SACP atau proteksi katodik anoda tumbal.

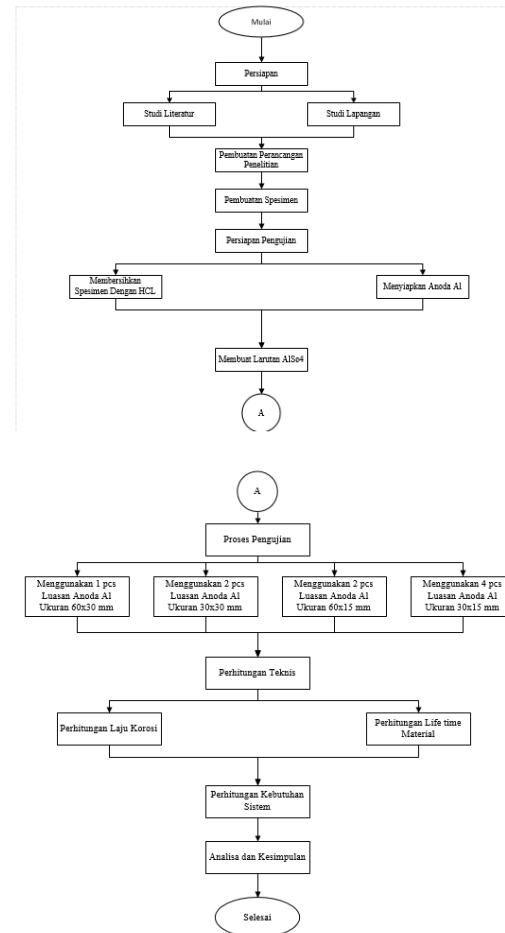
Proteksi katodik anoda tumbal mempunyai kelebihan antara lain instalasi lebih sederhana, stabil, tidak membutuhkan daya listrik dan biaya perawatan yang lebih rendah. Arus yang dihasilkan sistem proteksi anoda tumbal sangat terbatas karena hanya berasal dari beda potensial antara anoda dan katoda. Nilai potensi paling negative diperoleh bagian yang berada paling dekat dengan anoda korban. Semakin bertambah jarak dengan anoda maka proteksi yang diberikan akan semakin kecil (Morgan, 1987). Efektifitas anoda juga dipertimbangkan meliputi nilai laju korosi dan life time dari material yang menggunakan anoda tumbal tersebut (Yistian, 2016). Pendistribusian anoda yang merata dapat memperlambat laju korosi terhadap baja SS400 pada lambung kapal dengan media air laut (A. Faisol, 2017).

Berdasarkan literatur mengenai proteksi katodik dengan metode anoda tumbal tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan beberapa variasi untuk mengetahui pengaruh pembagian luasan anoda terhadap laju korosi dan lifetime. Maka Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Pembagian Luasan Anoda Terhadap Laju Korosi Dan Life Time Material API 5L X56 Psl Pada Pipa Underground” ini akan dilakukan pengujian proteksi katodik dengan metode anoda tumbal dengan variasi pembagian luasan anoda yang berbeda.

2. METODOLOGI

2.1 Metodologi Penelitian

Berikut ini adalah metodologi yang digunakan :



2.2 Laju Korosi

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Standar yang digunakan untuk mengetahui jumlah kehilangan berat akibat korosi yaitu mengacu (ASTM G1-90, 2003) *Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimen, American Society for Testing Material, U.S.A* maka digunakanlah rumus sebagai berikut :

$$C = (K.W)/(D.A.T) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

Cr = Corrosion Rate (mpy)

K = $8,76 \times 10^4$

W = Weight Loss (gr)

D = Density of Spesimen

A = Area of Spesimen (mm^2)

T = Eksposure Time (hours)

2.3 Lifetime Material

Lifetime referensi dari ASME B31.8 dan API 570 sebagai persamaan 2.2 dan 2.3 berikut :

$$t = (P.D)/(2. S. F. E. T) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$Lifetime = (t_{actual} - t_{required}) / (\text{corrosion rate}) \dots \dots \dots (2.3)$$

- P = Pressure
- S = Specified minimum yield strength
- T = Temperature derating factor
- F = Design factor
- T = Thickness
- E = Joint factor

2.4 Kebutuhan Anoda

Pada tahap ini dilakukan perhitungan untuk menghitung jumlah anoda yang dibutuhkan berdasarkan DNV RP-B401 CATHODIC PROTECTION DESIGN.

Perhitungan arus anoda (current demand)

$$I_c = A_c \cdot i_c \cdot f_c \dots \dots \dots (2.4)$$

Perhitungan masa anoda

$$M_a = (I_c \cdot t_f \cdot 8760) / (\mu \cdot \epsilon) \dots \dots \dots (2.5)$$

Quantity anoda

$$(n) : M_a / (\text{weight of anode}) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

- Ic = current demand
- Ac = area surface cathodic
- ic = current density
- fc = coating breakdown
- Ma = massa anoda
- tf = design life
- μ = utilization factor
- ε = anoda capacity

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian dan Perhitungan Laju Korosi

Dari hasil pengujian dan perhitungan laju korosi di dapatkan hasil sebagai tabel 1, 2, 3 dan 4 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian dan laju korosi dengan variasi 1 pcs anoda ukuran 60 x 30 mm

pH	Luas Permukaan (mm ²)	Eksposure Time (jam)	W los (gr)	Density	Cr (mm/y)
4	11875,20	168	1,08	7,86	0,00603
5	11875,20	168	1,0	7,86	0,00558
6	11875,20	168	0,96	7,86	0,00536

Tabel 2. Hasil pengujian dan laju korosi dengan variasi 2 pcs anoda ukuran 30 x 30 mm

pH	Luas Permukaan (mm ²)	Eksposure Time (jam)	W los (gr)	Density	Cr (mm/y)
4	11875,20	168	1,03	7,86	0,00575
5	11875,20	168	0,96	7,86	0,00536
6	11875,20	168	0,91	7,86	0,00508

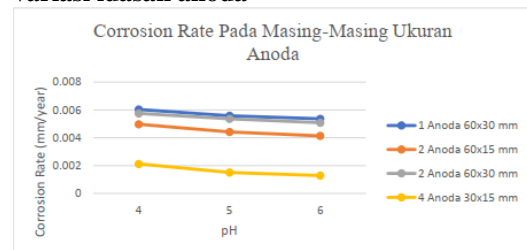
Tabel 3. Hasil pengujian dan laju korosi dengan variasi 2 pcs anoda ukuran 60 x 15 mm

pH	Luas Permukaan (mm ²)	Eksposure Time (jam)	W los (gr)	Density	Cr (mm/y)
4	11875,20	168	0,89	7,86	0,00497
5	11875,20	168	0,79	7,86	0,00441
6	11875,20	168	0,74	7,86	0,00413

Tabel 4. Hasil pengujian dan laju korosi dengan variasi 4 pcs anoda ukuran 30 x 15 mm

pH	Luas Permukaan (mm ²)	Eksposure Time (jam)	W los (gr)	Density	Cr (mm/y)
4	11875,20	168	0,38	7,86	0,00212
5	11875,20	168	0,27	7,86	0,00150
6	11875,20	168	0,23	7,86	0,00128

3.2 Analisa perbedaan laju korosi pada setiap variasi luasan anoda

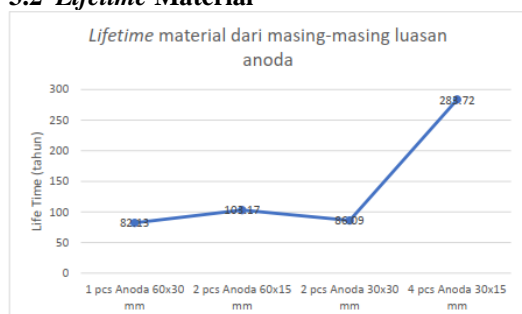


Gambar 3.1 Grafik perbedaan laju korosi

Dari hasil perbandingan laju korosi pada variasi dan macam-macam ukuran pembagian luasan anoda tumbal ditunjukkan pada grafik di atas. Dapat di amati dan di analisa bahwa laju korosi yang paling rendah terjadi dari variasi dan macam-macam ukuran pembagian luasan anoda di atas adalah 4 pcs anoda ukuran 30 x 15 mm. Pada variasi pembagian luasan anoda dengan 4 pcs anoda ukuran 30 x 15 mm menunjukkan nilai laju korosi 0,001284870 mm/y dengan pH tanah 6 dan laju korosi paling besar terjadi pada 0,002122829 mm/y dengan nilai pH tanah 4. Hal ini menunjukkan bahwa pembagian luasan anoda

dapat memperlambat laju korosi terhadap baja API 5L grade B, pendistribusian anoda yang merata pada permukaan logam terbukti meningkatkan perlindungan kepada katoda, hal ini disebabkan proses perpindahan elektron dari anoda menuju katoda terdistribusi secara merata sehingga permukaan yang terproteksi semakin luas.

3.2 Lifetime Material



Gambar 3.1 Grafik Lifetime Material

Dari hasil perhitungan life time pada masing-masing variasi pembagian luasan anoda menunjukkan nilai life time paling tinggi pada variasi pembagian luasan anoda 4 pcs ukuran 30 x 15 mm dan nilai life time paling rendah pada variasi pembagian luasan anoda 1 pcs ukuran 60 x 30 mm. Dikarenakan nilai laju korosi sangat mempengaruhi nilai life time material, pada variasi pembagian luasan anoda 4 pcs ukuran 30 x 15 mm mempunyai nilai laju korosi paling rendah dibandingkan variasi lainnya.

3.3 Hasil Perhitungan Kebutuhan Anoda

Dari hasil perhitungan menurut DNV RP-B401 CATHODIC PROTECTION DESIGN, kebutuhan anoda dibutuhkan untuk instalasi proteksi katodik anoda tumbal yaitu 118 buah.

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembagian luasan anoda dapat mempengaruhi aktivitas korosi. Nilai rata-rata *weight loss* paling tinggi terjadi pada 1 pcs anoda ukuran 60 x 30 mm. Nilai *weight loss* terkecil terjadi pada 4 pcs anoda ukuran 30 x 15 mm.
2. Hasil perhitungan laju korosi memiliki nilai yang berbeda pada setiap variasi pembagian luasan anoda. 1 pcs anoda ukuran 30 x 60 mm dengan nilai laju korosi terbesar 0.00603303 mm/y pada pH 4 dan nilai laju korosi terkecil 0.005362936 mm/y pada pH 6. 2 pcs anoda ukuran 30 x 30 mm dengan nilai laju korosi

terbesar 0.005753983 mm/y pada pH 4 dan nilai laju korosi terkecil 0.005083616 mm/y pada pH 6. 2 pcs anoda ukuran 60 x 15 mm dengan nilai laju korosi terbesar 0.004971888 mm/y pada pH 4 dan nilai laju korosi terkecil 0.004133929 mm/y pada pH 6. 4 pcs anoda ukuran 30 x 15 mm dengan nilai laju korosi terbesar 0.002122829 mm/y pada pH 4 dan nilai laju korosi terkecil 0.001284870 mm/y pada pH 6.

3. Dari hasil perhitungan life time pada masing-masing variasi pembagian luasan anoda menunjukkan nilai life time paling tinggi pada variasi pembagian luasan anoda 4 pcs ukuran 30 x 15 mm yaitu 283.17 tahun dibandingkan 103.17 tahun dengan 2 pcs anoda ukuran 60 x 15, 86.09 tahun dengan 2 pcs anoda ukuran 30 x 30 dan 82,12 tahun dengan 1 pcs anoda ukuran 60 x 30 mm.
4. Kebutuhan anoda untuk instalasi proteksi katodik anoda tumbal dengan panjang pipeline 15000 m dan berdiameter 20 inch membutuhkan anoda sebanyak 118 buah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM G1-90. (2003). ASTM G1 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens. *Asm*, 8. <https://doi.org/10.1520/G0001-03>
- [2] API. (2003). *570 Piping Inspection Code*. U.S.A: American Petroleum Institute.
- [3] Wiludin, A. (2012). Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) Dibandingkan Dengan *Sacrificial Anode* Dalam Proses Pencegahan Korosi, *1*(2), 1–5.
- [4] Yistian, A. (2016). Efektifitas Desain Proteksi Katodik Anoda Tumbal Pada Pipa Gas Tanam Manyar-Betoyo. *CPEAA*, *1*.
- [5] Morgan J., H., (1987). *Cathodic protection*, National Association of Corrosion Engineers (NACE) 2nd Edition.