

Analisa Teknis dan Ekonomis Proteksi *Impressed Current* dengan Proteksi *Sacrificial Anode* pada *Submarine Pipeline Offshore Tuban Loop* Sepanjang 7750 meter di PT. PERTAMINA TBBM Tuban

Aditya Koko Ubaidillah^{1*}, Budi Prasajo², Bayu Wiro K³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email: *aditya_koko77@yahoo.com¹; *budiprasajo1968@gmail.com²; *bayuwiro@yahoo.com³

Abstrak

Di PT. PERTAMINA TBBM Tuban terdapat jalur *pipeline* yang menyalurkan BBM dari TBBM Tuban ke ISG Surabaya. Jalur *pipeline* tersebut sepanjang ± 138 km dan terdapat jalur pipa bawah laut atau *submarine pipeline* sepanjang 7750 meter yang terletak di kec. Palang kab. Tuban. Proteksi yang tepat untuk pencegahan laju korosi sangatlah diperlukan untuk menunjang kinerja dari jalur pipa tersebut.

PT. PERTAMINA mempertimbangkan untuk mengganti seluruh proteksi SACP menjadi ICCP yang bertujuan untuk menghindari resiko yang tidak diinginkan yang akan berpengaruh pada jalur *pipelinemilik* perusahaan. Pada penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan analisa teknis dan ekonomis untuk proteksi *Sacrificial Anode* dan *Impressed Current* pada *submarine pipeline* selama usia desain 30 tahun.

Dari hasil penelitian ini, dapat diketahui pemilihan anoda yang tepat untuk proteksi SACP adalah *Bracelet Aluminium anode* sedangkan anoda untuk proteksi ICCP adalah anoda MMO (*Mixed Metal Oxide*). Dari perhitungan kebutuhan teknis didapatkan hasil bahwa proteksi SACP membutuhkan 87 anoda dan 4 *test station box* sedangkan proteksi ICCP membutuhkan 1 set anoda MMO, 1 set *transformator rectifier*, 190 meter power kabel dari anoda ke *junction box*, 1 meter power kabel dari *junction box* ke *transformator rectifier*. Dari perhitungan kebutuhan ekonomis, didapatkan hasil untuk biaya instalasi dan biaya *maintanance* selama usia desain 30 tahun untuk proteksi SACP adalah Rp 1.817.750.284 sedangkan untuk proteksi ICCP adalah Rp 326.261.865.

Kata Kunci : *Impressed Current, Korosi, Maintanance, Pipeline, Submarine Pipeline, Sacrificial Anode.*

1. PENDAHULUAN

Pada jalur *pipeline* Tuban-Surabaya sepanjang ± 138 km terdapat jalur *submarine pipeline offshore Tuban loop* tepatnya pada kecamatan Palang, kabupaten Tuban sepanjang 7750 meter. Berhubungan dengan akan dibangunnya jalur *pipeline* baru milik PT. PERTAGAS tepatnya kurang lebih 3 meter di sebelah jalur *pipeline* milik PT. PERTAMINA dan sepanjang ± 38 km, yang mana *pipeline* tersebut akan terproteksi ICCP. Oleh sebab itu, PT. PERTAMINA mempertimbangkan untuk mengganti seluruh proteksi SACP menjadi ICCP yang bertujuan untuk menghindari resiko yang tidak diinginkan yang akan berpengaruh pada jalur *pipeline* milik perusahaan. Kendala berikutnya yang terjadi adalah setiap tahun diperlukan inspeksi bawah laut dan pihak perusahaan sendiri tidak mengetahui apakah pekerjaan tersebut telah dilakukan sesuai prosedur karena dilakukan di dasar laut.

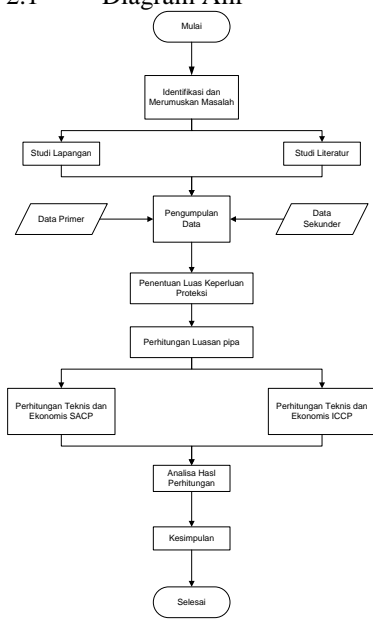
Penelitian mengenai perbandingan efisiensi penggunaan proteksi *Impressed current* dan *Sacrificial anode* pernah dilakukan oleh Alif pada tahun 2013, yaitu membandingkan proteksi katodik pada objek kapal dengan nama MT Kasim. Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Benny pada tahun 2015

dengan objek kapal MT Martindok. Sedangkan Destio pada tahun 2016 melakukan penelitian serupa tetapi dengan objek *Underground Trunkline*.

Pada tugas akhir ini ini kebutuhan teknis dan kebutuhan ekonomis antara kedua metode akan diketahui sehingga dapat diketahui ada penghematan biaya ataukah tidak.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir



Gambar 1(a). Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Luas Permukaan Pipa

Perhitungan luas permukaan pipa bertujuan untuk mengetahui luasan pipa yang akan diproteksi, dapat dihitung dengan menggunakan formula:

$$SA = \pi \cdot D \cdot L \quad (1)$$

Dimana:

- SA = Area Permukaan Pipa (m^2)
- D = Outside Diameter (m)
- L = Length of pipe (m)

3.2 Perhitungan Kebutuhan Teknis SACP

Untuk mendesain sistem SACP maka rumus-rumus yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

1. Kebutuhan arus proteksi

$$I_p = SA \cdot C_d \cdot C_b \quad (2)$$

Dimana:

- I_p = Kebutuhan arus proteksi (A)
- SA = Area permukaan pipa (m^2)
- C_d = Densitas arus (mA/m^2)
- C_b = Coating Breakdown (%)

2. Kebutuhan berat anoda

$$W = \frac{I_p \times L \times CR}{u} \quad (3)$$

Dimana:

- E_L = nilai laju erosi (mm/year)
- m_p = rate massa dari pasir (kg/s)
- K = material erosion constant (m/s)⁻ⁿ
- GF = geometry factor

3. Jumlah Anode Berdasarkan Berat

$$N_w = \frac{W}{W_a} \quad (4)$$

Dimana :

N_w = Jumlah Anode Berdasarkan Berat (buah)

W = Total Berat Anoda yang Dibutuhkan (kg)

W_a = Berat Satuan Anode (m)

4. Resistensi Anoda-Elektrolit

$$R_a = \frac{0,315 \times p}{\sqrt{A_{anode}}} \quad (5)$$

Dimana :

R_a = Resistansi Anode-Elektrolit (ohm)

p = Resistansi Elektrolit (ohm.cm)

$\sqrt{A_{anode}}$ = Luas Area Anoda (cm^2)

5. Kapasitas Arus Keluaran Anoda

$$I_a = \frac{\Delta V}{R_a} \quad (6)$$

Dimana :

I_a = Kapasitas Arus Keluaran Anoda (ampere)

ΔV = Driving Voltage (volt)

R_a = Resistansi Anoda-Elektrolit (ohm)

6. Jumlah Anoda Berdasarkan Arus

$$N_i = \frac{I_p}{I_a} \quad (7)$$

Dimana :

N_i = Jumlah Anoda Berdasarkan Arus (buah)

I_p = Kebutuhan arus proteksi (A)

I_a = Kapasitas Arus Keluaran Anoda (ampere)

7. Jarak Pemasangan Anoda

$$S_p = \frac{L_{pipe}}{N} \quad (8)$$

Dimana :

S_p = Jarak pemasangan anoda (m)

L_{pipe} = Panjang pipa (m)

N = Jumlah anoda (buah)

8. Test Station Box

$$S_B = \frac{L_{pipe}}{2000 m} \quad (9)$$

Dimana :

S_B = Jumlah Station Box (buah)

L_{pipe} = Panjang pipa (m)

3.3 Perhitungan Teknis ICCP

Untuk mendesain sistem SACP maka rumus-rumus yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan Jumlah Minimal Anoda

$$Q_{\min} = \frac{I_t}{I_o}(10)$$

Dimana :

Q_{\min} = Jumlah Anoda
 I_t = Total Arus Proteksi (A)
 I_o = Keluaran Arus Anoda (A)

2. Tahanan Anoda Relatif

$$R_a = \frac{\text{Resistansi Backfill}}{2 \times \pi \times L_a} \times \ln\left[\left(\frac{8 \times L_a}{D_a}\right) - 1\right] \quad (11)$$

Dimana :

R_a = Tahanan Anoda Relatif (ohm)
 L_a = Panjang Anoda (m)
 D_a = Diameter Anoda (m)

3. Faktor Interfensi Antar Anoda

$$f_a = 1 + \frac{2L_a}{SA_a} \ln(0,656 \times N_a) \quad (12)$$

Dimana :

f_a = Faktor Interfensi Anoda
 L_a = Panjang Anoda (m)
 Saa = Surface Area Anode (m²)
 N_a = Jumlah Anoda Dalam 1 Seabed (buah)

4. Tahanan Backfill

$$R_b = \frac{\text{Resivitas Air Laut}}{2 \times \pi \times L_b} \times \ln\left[\left(\frac{8 \times L_b}{D_b}\right) - 1\right] \quad (13)$$

Dimana :

R_b = Tahanan Backfill (ohm)
 L_b = Panjang Backfill (ohm)

5. Tahanan Pada Seabed

$$R_{sb} = \frac{R_a}{N_a} \times f_a + R_b \quad (14)$$

Dimana :

R_{sb} = Tahanan Seabed (ohm)
 R_a = Tahanan Anoda Relatif (ohm)
 N_a = Jumlah Anoda Dalam 1 Seabed (buah)
 f_a = Faktor Interfensi Anoda
 R_b = Tahanan Backfill (ohm)

6. Tahanan Kabel DC

$$R_c = \frac{L_c \times R_{cs}}{N \times C} \quad (15)$$

Dimana :

R_c = Tahanan Kabel (ohm)
 L_c = Panjang Kabel (m)
 R_{cs} = Tahanan Spesifik Kabel (ohm/m)
 N = Jumlah Kabel Paralel (buah)
 C = Jumlah Inti (buah)

7. Tahanan Total sirkuit Positif

$$R_{\text{pos}} = R_{\text{sb}} + R_{\text{kabel-pos}} \quad (16)$$

Dimana :

R_{pos} = Tahanan Total Sirkuit (ohm)
 R_{sb} = Tahanan pada Seabed (ohm)
 $R_{\text{kabel-pos}}$ = Tahanan Kabel – Tahanan Sirkuit (ohm)

8. Nilai Tegangan DC Transformator Rectifier

$$VDC = [(I_t \times R_t) \times (1 + SF3)] + B_{emf} \quad (17)$$

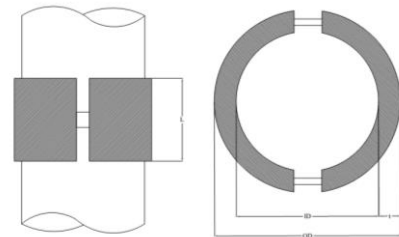
Dimana :

VDC = tegangan DC (V)
 R_t = Tahanan Total (ohm)
 $SF3$ = Safety Factor 3 (%)
 B_{emf} = Tegangan balik (V)

3.4 Pemilihan Anoda Proteksi

1. Penentuan pemilihan anoda proteksi SACP

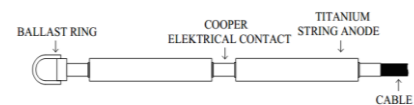
Anoda *aluminium* SACP yang digunakan adalah tipe *Bracelet Aluminium Alloy*. Pertimbangan pemilihan anoda *Aluminium Alloy* dikarenakan anoda *aluminium* memiliki laju konsumsi tiap tahun lebih rendah dibanding anoda *zinc* yaitu sebesar 3,4 kg/A.yr, sedangkan laju konsumsi tiap tahun anoda *zinc* adalah sebesar 11,25 kg/A.yr.



Gambar 1(b). Anoda bracelet aluminium

Kelebihan anoda MMO adalah mudah untuk diaplikasikan sebagai anoda proteksi pipa bawah laut dan juga telah sering digunakan pada stuktur lepas pantai menjadi pertimbangan penting untuk digunakan sebagai anoda proteksi ICCP.

2. Penentuan pemilihan anoda proteksi ICCP

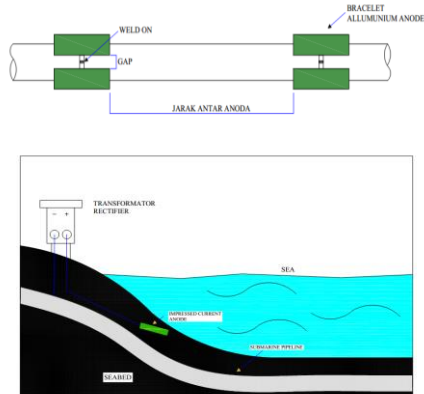


Gambar 1(c). Anoda MMO

3.5 Hasil Perhitungan Kebutuhan Teknis

Dari hasil perhitungan kebutuhan teknis menggunakan rumus dari sub bab 2.3 dan 2.4 didapat hasil untuk kebutuhan anoda proteksi SACP adalah 87 set anoda dengan 4 *station box*, sedangkan untuk proteksi ICCP membutuhkan 1 set anoda MMO, 1 set *junction box*, dan 1 set *rectifier*.

3.6 Proses Pemasangan Proteksi pada Submarine Pipeline



Gambar 1(c). Skema proteksi SACP
Gambar 1(d). Skema proteksi ICCP

Pemasangan anoda proteksi SACP dilakukan bersamaan dengan proses *lowering submarine pipeline*, sedangkan untuk proteksi ICCP dilakukan setelah proses *lowering submarine pipeline* selesai dilaksanakan. Skema proteksi dapat dilihat pada **Gambar 1(c)** dan **Gambar 1(d)**.

3.7 Hasil Perhitungan Ekonomis

Biaya total kebutuhan alat dan pemasangan proteksi *Sacrificial Anode* adalah sebesar Rp. 761.532.784, sedangkan biaya total kebutuhan alat dan pemasangan proteksi *Impressed Current* adalah Rp. 115.018.365. Biaya total *maintenance* proteksi *Sacrificial Anode* meliputi biaya inspeksi yang dilakukan setiap tahun selama usia desain dengan total biaya Rp1.056.217.500, sedangkan kebutuhan biaya *maintenance* proteksi *Impressed Current* meliputi biaya inspeksi yang dilakukan 5 kali selama usia desain dengan biaya total sebesar Rp 211.243.250.

4. KESIMPULAN

1. Proses pemasangan proteksi *Sacrificial Anode* dilakukan bersamaan proses *Lowering Submarine Pipeline* dengan biaya pemasangan anoda adalah US \$600 per anoda, sedangkan pada proses pemasangan proteksi *Impressed*

Current dilakukan setelah proses *Lowering Submarine Pipeline* telah selesai dengan biaya pemasangan adalah US \$400 per anoda dan penyewaan jasa penyelam sebesar Rp 18.000.000.

2. Ditinjau dari segi teknis, proteksi *Sacrificial anode* lebih mudah dan sederhana karena anoda proteksi dipasang bersamaan dengan *lowering* pipa. Sedangkan proteksi *Impressed current* lebih rumit dan membutuhkan dua kali pekerjaan karena sistem proteksi dipasang setelah proses *lowering* pipa. Ditinjau dari segi ekonomis, proteksi *Impressed current* lebih ekonomis karena anoda yang dibutuhkan sedikit dan inspeksi yang dilakukan hanya setiap 5 tahun. Sedangkan proteksi *Sacrificial anode* memerlukan biaya lebih mahal karena anoda yang dibutuhkan lebih banyak dan biaya yang dikeluarkan untuk inspeksi yang dilakukan setiap tahun.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Bapak Budi prasojo, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
3. Bapak Bayu Wiro K, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
4. Senior teknik perpipaan yang mau berbagi pengalaman dan dukungan dalam pengerjaan jurnal tugas akhir.
5. Teman-teman seperjuangan teknik perpipaan angkatan tahun 2013 yang telah memberikan motivasi, warna kehidupan, dan kebersamaan.
7. Keluarga besar teknik perpipaan.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. API. (2000). 570 Piping Inspection Code. U.S.A: American Petroleum Institute.
2. DNV RP-B401 : *Det nortke Veritas – Cathodic Protection Design*
3. NACE Standard RP-01-69 *Control of External Corroton on Underground or Submerged Metallic Piping System ISO 15589 part 1 and 2 (second edition)*. 2012. *Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Cathodic protection of pipeline transportation system*