

Analisis Penggunaan *Cathodic Protection* dengan Metode *Sacrificial Anode* Sebagai Pengendalian Korosi Pipa Minyak 16 Inci PT. Chevron Pacific Indonesia Simp. Perawang-Minas Area

Dedy Masnur^{1,*}, Eko Saputra¹, Putri Nawangsari¹

¹⁾ Universitas Riau, Jln Soebrantas km 12.5 Simpang Baru, Pekanbaru, Riau, Indonesia

ABSTRACT – Cathodic protection is a thermodynamic corrosion control method using metal as the cathode. There are two methods of cathodic protection, namely Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACP) and Impressed Current Cathodic Protection (ICPP). This study will analyze the use of Cathodic Protection with the Sacrificial Anode method as corrosion control on a 16 inch oil pipe at PT. Chevron Pacific Indonesia. Carbon steel pipe (API 5L Grade B) with cast magnesium anode material. Calculation of anode requirement for corrosion prevention will be compared with actual field data within 10 years. The calculation results show that the number of calculation parameters used affects the results of the anode requirement on an oil pipe with a length of 16 meters, a diameter of 16 inches, anode with a length of 0.648 m, net weight of anode 7.7 Kg, magnesium anode material with an anode output of 10.8 A/m², anode density 1765 Kg/m³, wear and tear (volume) 2296 x 10⁻³ m³ A/y, and a life time of 10 years. Theoretical calculations get 6 anode rods while the actual data requires 8 anode rods.

Riwayat Artikel:

Diterima: 11 Januari

2023

Direvisi: 15 Juni

2023

Disetujui: 30 Juni

2023

KEYWORDS: *corrosion, sacrificial anodes, corrosion control, pipes*

1. PENDAHULUAN

Salah satu sumber daya alam yang sangat signifikan dan memegang peranan penting dalam kelangsungan hidup manusia adalah minyak bumi. Minyak bumi merupakan salah satu sumber energi tidak bisa diperbaharui (*unrenewable*) yang paling banyak digunakan dimanapun. Indonesia sebagai salah satu negara penghasil minyak bumi terbesar berperan penting dalam produksi minyak dunia (Rizky, 2014). Tenaga ahli yang berkompeten diperlukan untuk menunjang dan mengoptimalkan produksi dan eksplorasi minyak untuk kemudian dijual dan diolah menjadi produk-produk yang bernilai jual tinggi.

PT. Chevron Pacific Indonesia (PT. CPI) merupakan salah satu perusahaan minyak asing terbesar di Indonesia yang bergerak di bidang eksplorasi minyak bumi dan gas alam yang terkemuka pada level multinasional (Chevron, 2001). Proses produksi minyak PT. CPI Indonesia menggunakan sistem *pipeline* sebagai sarana transportasi minyak dari dalam bumi (*well*) menuju ke *Gathering Station* hingga ke Dumai.

Pipa mempunyai potensi kerusakan akibat korosi, pipa yang digunakan oleh PT. CPI ada yang berada di atas tanah, di permukaan tanah, di dalam laut dan di dalam tanah. Korosi akan berpotensi besar terjadi pada pipa dalam laut dan di dalam tanah karena jika dilihat dari syarat terjadinya korosi kondisi tersebut telah memenuhi seperti ada anoda (zat kimia

dalam air laut atau tanah), ada katoda (pipa), ada elektrolit, dan ada konduktor antara anoda dan katoda (media pengantar). Pengendalian korosi pada pipa dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya dengan melakukan *coating* dan pemasangan *cathodic protection* (Wahyuningsih dkk., 2017, Dwipayana dkk, 2018).

Penggunaan *cathodic protection* dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *sacrificial anode* (anoda korban) dan *impress current* (arus terpasang). Peninjauan dari biaya yang dikeluarkan, metode anoda korban lebih rendah jika dibandingkan metode *impress current* (arus terpasang) karena dalam penggunaannya metode anoda korban tidak membutuhkan perawatan khusus dan cukup dengan pemasangan anoda dengan jumlah yang ditentukan sesuai dengan lama proteksi yang diinginkan, sedangkan metode arus terpasang membutuhkan peralatan tambahan berupa *rectifier* sebagai sumber arus listrik untuk memproteksi pipa dan dibutuhkan juga perawatan pada *rectifier* ini ketika arus yang dikirimkan ke pipa sudah tidak bisa lagi memproteksi pipa dari korosi.

Penelitian ini menganalisis penggunaan *cathodic protection* dengan metode *sacrificial anode* (anoda korban) sebagai pengendalian korosi pada pipa minyak 16 inci pada pipa minyak 16 inci simpang Perawang-Minas area 2 di PT. Chevron Pacific Indonesia, departemen Sumatera *Light South (SLS) Production* di Garuda Office Minas Camp. Tujuan

*Corresponding author: dedy.masnur@lecturer.unri.ac.id

Penerbit: Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, <https://proksima.ejournal.unri.ac.id>

penelitian ini mendapatkan jumlah anoda yang dibutuhkan berdasarkan teoritis dan membandingkannya dengan aplikasi di lapangan pada pipa minyak 16 inci simpang Perawang-Minas area 2 di PT. Chevron Pacific Indonesia.

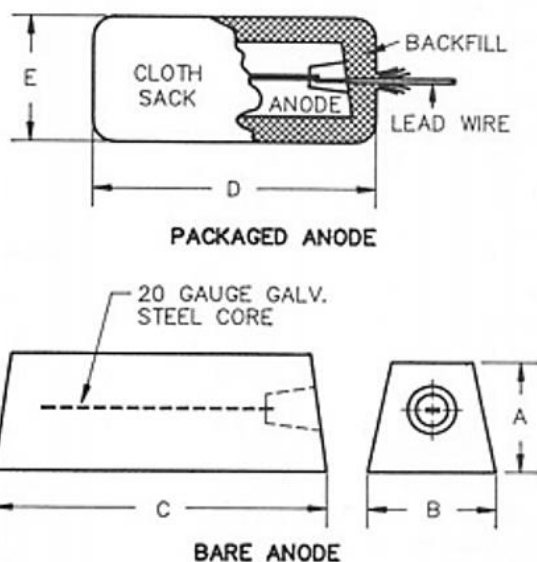
2. METODOLOGI

2.1 Material

Pipa baja karbon dengan standar *API 5L Grade B* dengan spesifikasi berikut:

Kondisi Struktur	: Pipeline Road Crossing
Material Pipa	: Carbon Steel (API 5L Grade B)
Tipe Coating	: FBE (Fusion Bonded Epoxy) powder coating
Tebal Coating	: 350 micron (API 5L Grade B)
Posisi	: Full buried (dalam tanah)
% Buried	: 100 %
Diameter Pipa (D)	: 16 inci = 0.4064 meter
Panjang Pipa yang Diproteksi (L)	: 16 meter

Bentuk anoda dapat dilihat pada Gambar 1 dan Standar dimensi dan berat anoda dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1 Bentuk anoda (Corrpro Companies Europe Limited)

Anoda dengan spesifikasi berikut:

Anode Manufacture	: Corrpro
Anode Material	: Cast Magnesium Anode
Anode Model	: "S" type
Anode Type	: 17S3
Length of Anode	: 648 mm = 0.648 meter
Diameter of Anode	: 76 mm = 0.076 meter

Safety Factor	: 50 %
Anode Density	: 1765 Kg/m ³ (Chamberlain dan Trethewey, 1991)
Anode Capacity	: 1232 Ah/Kg (Chamberlain dan Trethewey, 1991)
Pengausan (Volume)	: 2296 ml A/y = 2.296 x 10 ⁻³ m ³ A/y
Keluaran Anoda	: 10.8 A/m ²
Net Weight of Anode	: 7.7 Kg
Gross Weight of Anode	: (Tabel 1)
Length of Anode c/w backfill	: 0.762 m (Tabel 1)
Diameter of Anode c/w backfill	: 0.152 m (Tabel 1)

Tabel 1 Standar ukuran dan berat anoda (Corrpro Companies Europe Limited)

ANODE TYPE	NOMINAL DIMENSIONS in. (mm)					NOMINAL WT. lbs. (kg)	
	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	BARE	PKGD.
3S3	3 (76)	3 (76)	4.5 (114)	6.5 (165)	6 (152)	3 (1.4)	9 (4.1)
5S3	3 (76)	3 (76)	7.5 (191)	13.5 (343)	6 (152)	5 (2.3)	14 (6.4)
9S2	2 (51)	2 (51)	27 (686)	31 (787)	5 (127)	9 (4.1)	36 (16.3)
9S3	3 (76)	3 (76)	13.5 (343)	17 (432)	6 (152)	9 (4.1)	24 (10.9)
17S2	2 (51)	2 (51)	51 (1295)	55 (1397)	5 (127)	17 (7.7)	61 (27.7)
17S3	3 (76)	3 (76)	25.5 (648)	30 (762)	6 (152)	17 (7.7)	42 (19.1)
20S2	2 (51)	2 (51)	60 (1524)	62.5 (1588)	5 (127)	20 (9.1)	70 (31.8)
32S3	3 (76)	3 (76)	45 (1143)	6 (1549)	6 (152)	32 (14.5)	90 (40.8)
32S5	5 (127)	5 (127)	21 (533)	30 (762)	8 (203)	32 (14.5)	70 (31.8)
40S3	3 (76)	3 (76)	60 (1524)	64 (1626)	6 (152)	40 (18.1)	105 (47.6)
48S5	5 (127)	5 (127)	31 (787)	34 (864)	8 (203)	48 (21.8)	96 (43.6)
60S4	4 (102)	4 (102)	60 (1524)	64 (1626)	6.75 (171)	60 (27.2)	130 (59.0)

Spesifikasi lingkungan :

Data Terukur

Soil Resistivity = 3695 ohm-cm

Potensial tanah dengan anoda = - 1.55 V

Potensial pipa dengan anoda = - 0.70 V

2.2 Metode

Penelitian diawali dengan melakukan survey lapangan untuk mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan perhitungan kebutuhan anoda untuk pencegahan korosi dengan anoda korban. Selanjutnya data-data aktual untuk pencegahan korosi dikumpulkan dari perusahaan. Kedua data kemudian dibandingkan.

Perhitungan teoritis dimulai dengan:

1. Perhitungan luas area yang diproteksi (L. Proteksi) (Chamberline dan Trethewey, 1991):

$$L. \text{Proteksi} = \pi \times D \times L \quad (1)$$

dengan D: diameter pipa dan L: panjang pipa yang diproteksi

2. Perhitungan jumlah arus yang dibutuhkan (*Current Demand*)

$$\text{Current Demand} = L.\text{Proteksi} \times \text{Bare Steel Current Density} \quad (2)$$

3. Perhitungan luas anoda yang dibutuhkan untuk memasok 0.409 A

$$L.\text{anoda butuh} = \frac{\text{Current Demand}}{\text{Keluaran Anoda}} \quad (3)$$

4. Perhitungan volume pendekatan sebuah anoda

$$L.\text{pendekatan anoda} = \frac{V.\text{pendekatan anoda}}{\text{Panjang anoda}} \quad (4)$$

5. Perhitungan luas pendekatan sebuah anoda

$$L.\text{pendekatan anoda} = \frac{V.\text{pendekatan anoda}}{\text{Panjang anoda}} \quad (5)$$

6. Perhitungan jumlah anoda minimum:

$$\text{Jumlah anoda} = \frac{L.\text{anoda butuh}}{L.\text{pendekatan anoda}} \quad (6)$$

7. Perhitungan jarak pemasangan:

$$\text{Jarak pemasangan} = \frac{\text{Panjang pipa}}{\text{Jumlah anoda}} \quad (7)$$

8. Perhitungan arus yang dibutuhkan untuk proteksi 0.409 A bila dibutuhkan untuk 10 tahun:

$$\text{Arus butuh (Proteksi)} = \text{Jumlah arus butuh} \times \text{Life time} \quad (8)$$

9. Perhitungan laju pengausan menurut volume:

$$\text{Laju pengausan} = \text{Pengausan (Volume)} \times \text{Arus butuh (Proteksi)} \quad (9)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan secara teoritis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil perhitungan teoritis

No	Bagian	Hasil
1	Luas area yang diproteksi	20.428 m ²
2	Jumlah arus yang dibutuhkan	0.409 A
3	Luas anoda yang dibutuhkan	0.038 m ²
4	Volume pendekatan sebuah anoda	0.0044 m ³
5	Luas pendekatan sebuah anoda	0.00679 m ²
6	Jumlah anoda minimum	6 Batang
7	Jarak pemasangan anoda	2.667 m
8	Arus butuh (Proteksi)	4.09 A. tahun
9	Laju pengausan menurut volume	0.00939 m ³

Aplikasi lapangan mengacu pada perhitungan perhitungan oleh PT. CPI dari tim *Mechanical Integrity Inspection* (MII) dan Tim *Hydrocarbon Transportation* (HCT)

1) Tim MII

- Luas area yang diproteksi = 20.4175 m²
- Jumlah arus yang dibutuhkan = 0.4084 A
- Protection capacity* = 35282.304 Ah
- Weight of anode* = 32 Kg
- Luas anoda yang dibutuhkan = (Data tidak diperoleh)
- Volume pendekatan sebuah anoda = (Data tidak diperoleh)
- Luas pendekatan sebuah anoda = (Data tidak diperoleh)
- Jumlah anoda minimum = 4 batang
- Jarak pemasangan anoda = 4 m
- Arus butuh (Proteksi) = (Data tidak diperoleh)
- Laju pengausan menurut volume = (Data tidak diperoleh)

2) Tim HCT

Posisi pemasangan anoda vertikal :

- Luas area yang diproteksi = 20.43 m²
 - Final Current Densities* = 0.4 A
- Perhitungan berdasarkan berat
- Current Demand + Safety factor* = 0.12 A
 - Net Weight of Anode* = 9.48 Kg
 - Total Quantity Anode Required by Weight* = 2 batang
- Perhitungan berdasarkan arus (current)
- Current Demand + Safety factor* = 0.12 A
 - Resistance of Single Anode* = 0.2066 ohm
 - Current Output of Single Anode* = 4.11 A
 - Quantity of Anode to be Used* = 1 batang
 - Quantity of Anode in Groundbed* = 1 batang
 - Propose Anode Qty to be Used* = 1 batang
 - Luas anoda yang dibutuhkan = (Data tidak diperoleh)
 - Volume pendekatan sebuah anoda = (Data tidak diperoleh)
 - Luas pendekatan sebuah anoda = (Data tidak diperoleh)
 - Jarak pemasangan anoda = 8 m
 - Laju pengausan menurut volume = (Data tidak diperoleh)

Posisi pemasangan anoda horizontal :

- Luas area yang diproteksi = 20.43 m²
- Final Current Densities* = 0.4 A

Perhitungan berdasarkan berat

- Current Demand + Safety factor* = 0.12 A
- Net Weight of Anode* = 9.48 Kg
- Total Quantity Anode Required by Weight* = 2 batang

Perhitungan berdasarkan arus (current)

- Current Demand + Safety factor* = 0.12 A
- Resistance of Single Anode* = 0.1535 ohm
- Current Output of Single Anode* = 5.54 A
- Quantity of Anode to be Used* = 1 batang
- Quantity of Anode in Groundbed* = 1 batang
- Propose Anode Qty to be Used* = 1 batang

- g) Luas anoda yang dibutuhkan = (Data tidak diperoleh)
- h) Volume pendekatan sebuah anoda = (Data tidak diperoleh)
- i) Luas pendekatan sebuah anoda = (Data tidak diperoleh)
- j) Jarak pemasangan anoda = 8 m

Laju pengausan menurut volume = (Data tidak diperoleh)
 Penggunaan di lapangan oleh PT. CPI jumlah anoda 8 batang dengan jarak pemasangan 2 meter.

Perhitungan secara teoritis diperoleh luas area yang diproteksi = 20.428 m^2 sedangkan perhitungan yang dilakukan tim MII diperoleh luas area yang diproteksi = 20.418 m^2 dan perhitungan oleh tim HCT diperoleh luas area yang diproteksi = 20.430 m^2 . Perbedaan yang terjadi tidak begitu besar, perbedaan yang sedikit ini terjadi akibat penggunaan digit angka dalam perhitungan dan keakuratan peralatan yang digunakan.

Hasil perhitungan jumlah arus secara teoritis = 0.409 A, sedangkan perhitungan oleh tim MII diperoleh jumlah arus = 0.4084 A dan perhitungan oleh tim HCT diperoleh jumlah arus = 0.4 A. Perbedaan yang terjadi juga tidak besar, perbedaan terjadi karena perbedaan parameter yang digunakan dalam perhitungan seperti perhitungan secara teoritis menggunakan luas area proteksi sedangkan tim MII (MII) parameter yang digunakan sama namun karena perbedaan beberapa angka pada luas area proteksi yang menyebabkan perbedaan tersebut dan tim HCT menggunakan asumsi persentase kerusakan *coating*.

Jumlah anoda pada perhitungan secara teoritis = 6 batang, sedangkan jumlah anoda dari perhitungan tim MII = 4 batang dan jumlah anoda dari perhitungan tim HCT dikategorikan menjadi dua yaitu berdasarkan berat = 2 batang dan berdasarkan arus = 1 batang. Perbedaan ini terjadi karena parameter yang digunakan dalam perhitungan berbeda, perbedaan parameter seperti perhitungan teoritis jumlah anoda diperoleh dari luas anoda yang dibutuhkan untuk memasok arus proteksi dan luas pendekatan sebuah anoda, sedangkan tim MII parameter yang digunakan yaitu besar kapasitas arus selama proteksi dan berat anoda yang dibutuhkan selama proteksi, dan tim HCT untuk jumlah anoda yang dibutuhkan berdasarkan berat anoda menggunakan parameter berat anoda yang dibutuhkan selama proteksi dan berat sebuah anoda standar, berat anoda yang dibutuhkan selama proteksi pada perhitungan tim HCT menggunakan parameter *safety factor* dan *utilization factor* berbeda dengan parameter yang digunakan pada perhitungan MII yang tidak menggunakan dua parameter tersebut, untuk jumlah anoda berdasarkan arus yang dibutuhkan menggunakan parameter *resistance* sebuah anoda, potensial anoda, *protective potential*, dan jumlah arus yang keluar dari sebuah anoda.

Hasil perhitungan secara teoritis diperoleh jarak pemasangan antar anoda = 2.667 m, sedangkan perhitungan yang dilakukan oleh tim MII diperoleh jarak pemasangan anoda = 4 m dan perhitungan yang dilakukan tim HCT dikategorikan menjadi dua yaitu berdasarkan berat diperoleh

jarak pemasangan anoda = 8 m dan berdasarkan arus dipasang di tengah dari panjang pipa. perbedaan ini karena jumlah anoda yang diperoleh pada perhitungan sebelumnya berbeda.

Perhitungan secara teoritis diperoleh laju pengausan volume anoda yang lebih besar daripada volume anoda sendiri, hal ini akan menyebabkan anoda habis sebelum periode 10 tahun, bisa dilihat dari volume anoda = 0.0044 m^3 dan laju pengausan volume = 0.0094 m^3 .

Perbedaan jumlah anoda berbeda pada saat pengaplikasian yang dilakukan PT. CPI di lapangan dimana jumlah anoda yang digunakan adalah 8 batang sedangkan dari perhitungan teoritis = 6 batang, perhitungan MII = 4 batang dan perhitungan HCT = 2 batang dan 1 batang, jika dilihat kembali dari hasil perhitungan laju pengausan secara teoritis tadi maka dengan penambahan 4 anoda akan memperlambat laju pengausan untuk setiap anoda.

Informasi yang didapat dari tim MII, PT. CPI menggunakan 8 batang untuk lokasi tersebut karena pertimbangan pH tanah dan dari pengukuran *soil resistivity* = 3695 ohm-cm dimana nilai tersebut termasuk kategori berpotensi korosi sedang. Tingkat korosif tanah ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tingkat korosif tanah (Nasution, 2013)

Resistivity (Ohm-cm)	Tingkat Korosif
< 500	Sangat Korosif
500 – 2000	Korosif
2000 – 5000	Korosif Sedang
5000 – 10000	Kurang Korosif
> 10000	Tidak Korosif

Pertimbangan jumlah anoda yang digunakan berdasarkan hasil perhitungan pada metodologi sebaiknya jumlah anoda yang digunakan maksimal 6 batang saja, karena dari tiga metode perhitungan yang berbeda yang dilakukan oleh orang yang berbeda jumlah anoda maksimal 6 batang yang diperoleh berdasarkan perhitungan. Peninjauan kembali dari tiga metode perhitungan menunjukkan semakin banyak parameter perhitungan yang digunakan maka semakin sedikit jumlah anoda yang dibutuhkan.

PT. CPI melakukan penambahan anoda sebanyak dua kali lipat dari hasil perhitungan maksimum yang diperoleh dengan alasan pertimbangan pH tanah dan *soil resistivity*. Pertimbangan itu tidak cukup menjadi alasan melakukan penambahan anoda dua kali lipat dari perhitungan, karena dengan peninjauan kembali pengaruh pH terhadap korosif tanah, tanah dengan pH 5 sampai 8 tidak menjadi variabel yang dominan mempengaruhi terjadinya korosi, dimana dari informasi yang diperoleh dari MII pH dilokasi sekitar 7, sedangkan *soil resistivity* yang tinggi akan memperlambat reaksi yang menyebabkan terjadinya korosi, dari informasi yang diperoleh dari MII *soil resistivity* dilokasi 3695 ohm-cm dimana berdasarkan Tabel 4.3 kategori ini termasuk korosif sedang jadi nilai ini cukup tinggi untuk memperlambat reaksi yang menyebabkan terjadinya korosi. Penambahan jumlah

anoda akan meningkatkan *cost* dan penggunaan tidak efisien terhadap keuangan perusahaan, harga 1 batang anoda adalah \$400 artinya jika cukup menggunakan 6 batang anoda maka perusahaan sudah menghemat \$800 untuk pemakaian selama 10 tahun.

10. KESIMPULAN

Simpulan yang diperoleh dari pengendalian korosi menggunakan *cathodic protection* dengan metode anoda korban adalah :

- 1) Jumlah anoda yang dibutuhkan untuk *cathodic protection* pada pipa minyak dengan panjang 16 meter, diameter 16 inci, anoda dengan panjang 0.648 m, *net weight of anode* 7.7 Kg, material anoda magnesium dengan keluaran anoda 10.8 A/m², *anode density* 1765 Kg/m³, pengausan (volume) 2.296 x 10⁻³ m³ A/y, dan *life time* 10 tahun berdasarkan teoritis adalah 6 batang anoda.
- 2) Terdapat perbedaan jumlah anoda yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan teoritis yaitu 6 batang dan pada aplikasi di lapangan adalah 8 batang anoda.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Tim Departemen Sumatera Light South (SLS) Production, Garuda Office Minas Camp PT. Chevron Pacific Indonesia yang telah mendukung kelancaran penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bianchetti, Ronald L, 2001. Peabody's Control Of Pipeline Corrosion 2nd ed. NACE International The Corrosion Society.
- [2] Callister, William D Jr, 2000. Fundamentals of Materials Science and Engineering 5th ed. John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Chamberlain, Jhon dan Trethewey, Kenneth R, 1991. Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [4] Dwipayana, H., Asmaun, Rusnadi, Firmansyah. 2018. Analisa Pengukuran Sacrifisial Anode Cathodic Protections (SACP) pada Jaringan Pipa Gas Area Palembang, Prosiding Seminar AVoER X Palembang, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- [5] Fontana, M.G, 1986. Corrosion Engineering 3rd edition. Copyright by McGraw-Hill Book Company.
- [6] Kadir, Abdul, 2012. Corrosion Control Plan. HCT IPM Cathodic Protection.
- [7] Nasution, Ronald, 2013. Proteksi Katodik.
- [8] Nayyar, Mohindar L, 2000. Piping Handbook 7th ed. Mc Graw Hill.
- [9] Raswari, 2007. Perencanaan dan penggambaran sistem perpipaan, Penerbit Universitas Indonesia.

- [10] Roberge, Pierre R, 2000. Handbook of Corrosion Engineering, Mc-GrawHill Copyright 2000, United State of America. ISBN 0-07-076516-2.
- [11] Sidiq, M. Fajar, 2013. Analisa Korosi Dan Pengendaliannya. Jurnal Foundry Vol. 3 No.1 April 2013 ISSN : 2087-2259.
- [12] Solehudin, Agus, 2014. Fundamentals of Corrosion.
- [13] Solehudin, Agus, 2014. Basic of Corrosion Control.
- [14] Wahyuningsih, U., Rusjdi, H., dan Sulistiyo, E., 2017, Penanggulangan Korosi pada Pipa Gas dengan Metode Cathodic Protection (Anoda Korban) PT PGN Solution Area Tangerang, Jurnal Power Plant, STT-PLN
- [15] Chevron, 2001. www.chevronindonesia.com/about/, diakses pada tanggal 23-02-2015.
- [16] Prosaic steel, 2010. http://www.prosaicsteel.com/api_5l_gr_b_carbon_steel_seamless_pipes.html diakses tanggal 05-03-2015.
- [17] Rizky, 2014. <http://rizkyattyullah.blogdetik.com/2014/10/12/cerita-dahulu-indonesia-yang-kaya-minyak-bumi-sekarang-jadi-pengimpor.html>, diakses pada tanggal 03-03-2015.