

**Penentuan Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai (*Remaining Service Life / RSL*) pada Jalur Pipa Transportasi *Crude Oil* Bs Cemara – Mgs Terminal Balongan di PT Pertamina Ep Asset 3 Oil & Gas Transportation Kabupaten Indramayu Provinsi Jawa Barat**  
Determination of Corrosion Rate and Remaining Service Life on Crude Oil Transportation Pipe Bs Cemara - Mgs Terminal Balongan in PT Pertamina Ep Asset 3 Oil & Gas Transportation Regency of Indramayu West Java Province

<sup>1</sup>Muhamad Enggar Hayatullah, <sup>2</sup>Elfida Moralista, <sup>3</sup>Sri Widayati

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung  
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116

Email: <sup>1</sup>enggardbill@gmail.com, <sup>2</sup>elfidamoralista95@gmail.com, <sup>3</sup>sriwidayati@unisba.ac.id

**Abstract.** PT Pertamina is one of the large BUMN in Indonesia. Its main task is to manage Indonesia's oil and gas mining. In the management process, PT Pertamina uses a lot of metal equipment. The biggest problem experienced by such equipment is corrosion. Corrosion is a material damage caused by environmental influences or its surroundings. The corrosion process that occurs is caused by electrochemical process. The surrounding environment can be acidic, air, dew, freshwater, river and soil. The fluid composition contained in the oil is calcium, magnesium, barium, ferum and sodium, chloride, bicarbonate, carbonate, hydroxide and sulphate. This research was conducted to control and monitor the corrosion rate of 25 km of oil transportation pipeline from BS Cemara - MGS Balongan Indramayu West Java. The tool used in measurement of pipe thickness is Smart Sensor Ultra Sonic Guage DM 5. Based on the data of the thickness of the pipe can be calculated the rate of corrosion and the remaining life of the pipe. The type of corrosion that occurs in the transportation pipe is the uniform corrosion, corrosion wells and gap corrosion. The method used in PT Pertamina EP Asset 3 Oil and Gas Transportation to protect the pipe from corrosion is cathodic protection method of sacrificial anode using magnesium installed every 500 meters and using primary, secondary and tertiary coatings under Polyken brand. The corrosion rate of BS Cemara - MGS Balongan oil pipeline transportation line ranges from 0.066 mm / y to 0.217 mm / yr and is categorized as good to excellent. Meanwhile, the remaining service life or Remaining Service Life (RSL) of the pipe ranges from 15 years to 81 years.

**Keywords:** Corrosion rate, remaining life of pipe, oil transportation pipeline and Smart Sensor Ultra Sonic Guage DM 5

**Abstrak.** PT Pertamina merupakan salah satu BUMN terbesar di Indonesia. Tugas utamanya adalah mengelola pertambangan minyak dan gas bumi Indonesia. Dalam proses pengelolaan tersebut, PT Pertamina banyak menggunakan peralatan dari bahan logam. Masalah terbesar yang dialami peralatan tersebut adalah korosi. Korosi merupakan kerusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan atau sekelilingnya. Proses korosi yang terjadi diakibatkan oleh proses elektrokimia. Lingkungan sekelilingnya dapat berupa lingkungan asam, udara, embun, air tawar, air sungai dan tanah. Komposisi fluida yang terkandung dalam minyak tersebut adalah kalsium, magnesium, barium, ferum dan natrium, klorida, bikarbonat, karbonat, hidoksida dan sulfat. Penelitian ini dilakukan untuk mengontrol dan memonitoring laju korosi pada jalur pipa transportasi minyak sepanjang 25 km dari BS Cemara – MGS Balongan Indramayu Jawa Barat. Alat yang digunakan dalam pengukuran ketebalan pipa yaitu Smart Sensor Ultra Sonic Guage DM 5. Berdasarkan data penurunan ketebalan pipa tersebut dapat dihitung laju korosi dan sisa umur pakai pipa. Jenis korosi yang terjadi pada pipa transportasi tersebut yaitu korosi merata, korosi sumuran dan korosi celah. Metoda yang digunakan di PT Pertamina EP Asset 3 Oil and Gas Transportation untuk melindungi pipa dari korosi yaitu metoda proteksi katodik anoda korban menggunakan magnesium yang dipasang setiap 500 meter dan menggunakan coating primer, sekunder serta tersier dengan merek Polyken. Laju korosi pada jalur pipa transportasi minyak BS Cemara – MGS Balongan berkisar antara 0,066 mm/tahun sampai 0,217 mm/tahun dan tergolong dalam kategori good hingga excellent. Sementara itu sisa umur pakai atau Remaining Service Life (RSL) pipa tersebut berkisar antara 15 tahun sampai 81 tahun.

**Kata Kunci:** Laju korosi, Sisa umur pakai pipa, pipa transportasi minyak dan Smart Sensor Ultra Sonic Guage DM 5

## A. Pendahuluan

### Latar Belakang

Saat ini perkembangan teknologi dan industri sangat laah pesat, hal ini membuat penggunaan logam sebagai salah satu material penunjang memiliki peranan yang begitu besar. Namun dalam kehidupan sehari-hari banyak faktor yang menyebabkan daya guna logam menjadi menurun. Salah satu penyebabnya adalah terjadinya korosi pada logam.

Korosi merupakan salah satu musuh besar dalam dunia industri, beberapa contoh kerugaian yang ditimbulkan korosi adalah terjadinya penurunan kekuatan material dan biaya perbaikan akan naik jauh lebih besar dari yang diperkirakan serta jangan sampai logam menjadi rusak sebelum waktunya. Sehingga diperlukan suatu usaha pencegahan-pencegahan terhadap serangan korosi.

Korosi merupakan kerusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan atau sekelilingnya. Di sini yang dimaksud dengan lingkungan sekelilingnya dapat berupa lingkungan asam, udara, embun, air tawar, air laut, air danau, air sungai dan air tanah.

Di industri minyak dan gas, hampir seluruh proses transportasinya menggunakan pipa yang berbahan dasar logam. Pipa transportasi merupakan jalur pipa yang sering mengalami korosi internal dan eksternal. Hal ini tentunya merupakan masalah dan tantangan yang besar untuk mengatasi masalah korosi pada pipa transportasi tersebut. Dalam hal ini penulis sangat berminat untuk melakukan penelitian tentang korosi pada pipa transportasi untuk mengetahui laju korosi dan sisa umur pakai pipa.

### Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jenis korosi dan metoda pengendalian korosi pada pipa transportasi minyak BS Cemara – MGS Terminal Balongan.
2. Mengetahui laju korosi pada jaringan pipa transportasi minyak BS Cemara – MGS Terminal Balongan.
3. Mengetahui sisa umur pakai (RSL) pada pipa transportasi minyak BS Cemara – MGS Terminal Balongan.

## B. Landasan Teori

### Korosi

Korosi memiliki arti proses perusakan atau degradasi material logam akibat terjadinya reaksi kimia antara panduan logam dengan lingkungannya. Proses perusakan material logam tersebut tentu sangat merugikan, karena dapat mengakibatkan penurunan sifat fisik mekanik material logam terhadap lingkungan kerja logam ditempat material logam tersebut berada. Korosi atau karat juga dapat terjadi dikarenakan adanya lingkungan yang korosif pada logam, yaitu suatu lingkungan yang dapat mempercepat proses korosi yang terjadi pada logam.

Dengan demikian korosi diartikan juga sebagai kerusakan atau keausan dari material akibat terjadinya reaksi lingkungan yang didukung oleh faktor-faktor tertentu.

Akibat dari korosi yaitu :

1. Logam menipis, berlubang, dan terjadi peretakan.
2. Sifat mekanis berubah, yaitu terjadi kegagalan struktur secara tiba-tiba.
3. Sifat fisik berubah, yaitu mengurangi efisiensi perpindahan panas.
4. Penampilan menjadi buruk.

Berdasarkan tempat terjadinya, lingkungan korosi dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

1. Korosi Internal  
Yaitu korosi yang terjadi pada bagian dalam sistem perpipaan dan peralatan. Korosi itu terjadi akibat adanya kandungan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S pada minyak bumi, sehingga apabila terjadi kontak dengan air akan membentuk asam yang merupakan penyebab korosi.
2. Korosi Eksternal  
Yaitu korosi yang terjadi pada bagian luar sistem perpipaan dan peralatan, baik yang kontak dengan udara, tanah, air sungai, air laut, dan lingkungan lainnya.

#### Jenis - Jenis Korosi

1. Korosi Seragam/Merata (*Uniform Corrosion*)
2. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)
3. Korosi Galvanik (*Galvanic Corrosion*)
4. Korosi Erosi (*Erosion Corrosion*)
5. Korosi Tegangan (*Stress Corrosion Cracking*)
6. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)
7. Korosi Antar Butir (*Intergranular Corrosion*)
8. Korosi Lelah (*Fatigue Corrosion*)
9. Korosi Mikrobiologi (*Microbiology Corrosion*)

#### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

1. Faktor Metalurgi faktor metalurgi adalah jenis logam dan paduannya yang digunakan dalam pipa pada lingkungan tertentu dimana suatu pipa logam dapat bertahan terhadap korosi.
2. Faktor Lingkungan, Faktor ini sangat mempengaruhi laju korosi, dimana faktor lingkungan ini dapat digolongkan lingkungan yang baik dalam arti lingkungan dengan laju korosi yang lambat maupun lingkungan yang korosif dimana suatu keadaan lingkungan yang korosif itu dengan laju korosi yang sangat tinggi.

#### Inspeksi dan Pengawasan (Monitoring) Korosi

Inspeksi dan pengawasan (monitoring) korosi terbatas penggunaannya dalam kondisi / proses yang sedang berjalan. Lain halnya pada instalasi pipa yang dapat dilepas, dibongkar, diperiksa dan diukur pada saat operasional dihentikan (shut down).

Metode inspeksi dan pengawasan (monitoring) korosi yang sering digunakan, yaitu

1. Metode Pengukuran Ketebalan (dengan alat *ultrasonic thickness gauge*)
2. Pengukuran ketebalan dilakukan dengan alat ukur ultrasonic thickness gauge yang bekerja berdasarkan pantulan pulsa gelombang ultrasonik. Ultrasonic thickness gauge adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur seberapa tebalnya suatu benda/material. Kemudahan menggunakan alat ukur ketebalan ini memberikan durability dan efektifitas karena beberapa tipe bersifat portable sehingga memberikan efisiensi waktu dan praktis dalam mengaplikasikannya.
3. Metode Kehilangan Berat (*Coupon Test*)
4. Metode Polarisasi (dengan alat *Corrater*)
5. Metode Tahanan Listrik (dengan alat *Corrosometer*)

## Pengendalian Korosi

### Proteksi Katodik

Ditinjau dari sumber listriknya, metode proteksi katodik dibagi menjadi dua, yaitu metode anoda korban (*sacrificial anode*) dan metode arus yang dipaksakan (*Impressed Current*)

1. Metode Anoda Korban (*sacrificial anode*)

Prinsip dari metode anoda korban ini adalah melindungi logam dengan cara mengorbankan logam yang lebih reaktif, dimana mekanisme prosesnya adalah sama dengan proses korosi galvanik, yaitu perpindahan elektron dari logam yang lebih reaktif (potensial lebih negatif) ke logam yang dilindungi (potensial lebih positif) melalui elektrolit yang korosif dengan penghubung konduktor.

2. Metode Arus yang Dipaksakan (*impressed current*)

Prinsip dari metode arus yang dipaksakan ini adalah melindungi logam dengan cara mengalirkan arus listrik searah yang diperoleh dari sumber luar, biasanya dari penyearah arus (*transformer rectifier*), dimana kutub negatif dihubungkan ke logam yang dilindungi dan kutub positif dihubungkan ke anoda.

### Coating

*Coating* adalah lapisan penutup yang diaplikasikan pada permukaan material logam dengan tujuan dekoratif maupun untuk melindungi logam tersebut dari kontak langsung dengan lingkungan. Pada sebuah pipa, *coating* merupakan perlindungan pertama dari korosi. *Coating* ini diaplikasikan untuk struktur bawah tanah, transisi pipa yang keluar dari tanah menuju permukaan dan untuk struktur pipa di atas tanah. Tidak ada *coating* yang bisa 100 % melindungi pipa, karena itu untuk perlindungan pipa terhadap korosi harus ditambah dengan sistem proteksi katodik.

### C. Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data proteksi katodik dan data ketebalan pipa yang nantinya akan digunakan untuk menghitung laju korosi pipa serta sisa umur pakai atau *Remaining Service Life* (RSL) pada pipa transportasi minyak bumi jalur Cemara hingga Balongan Indramayu dengan panjang pipa 25 km. Data yang didapat di lapangan adalah data tebal nominal atau awal pipa, tebal aktual pipa, tebal required, data proteksi katodik dan umur pipa.

Alat yang digunakan untuk pengukuran ketebalan pipa adalah Smart Sensor Ultra Sonic Gauge DM 5. Pengukuran ketebalan pipa ini biasanya dilakukan dengan cara menggali tanah tempat pipa itu berada, pengelupasan coating, kalibrasi alat kemudian mulai pengukuran ketebalan dengan mengambil beberapa data yang dianggap mewakili. Pengujian ketebalan ini dilakukan dengan cara menempelkan alat UT DM 5 ke pipa. Metoda pengukuran dilakukan pada 4 titik lokasi searah jarum jam.

### Data Lingkungan

Pada daerah penelitian ada beberapa data lingkungan yang digunakan untuk mengetahui beberapa faktor eksternal yang dapat berpengaruh terhadap laju korosi dan *remaining service life* pipa. Data ini diantaranya :

1. Temperatur

Temperatur berkisar antara 30°C sampai dengan 40°C.

2. Jenis *Coating*

Pada pipa jalur 1 ini menggunakan *coating Polyken Liquid Adhesive System #1027, Polyken #980/955*. Dimana aplikasinya setelah permukaan pipa

dibersihkan kemudian pipa dibalut cairan primer dengan *Polyken Liquid Adhesive System #1027* dan setelah itu dililit *wrapping inner* dengan *Polyken #980* dan yang terakhir dilapisi *outer polyken #955*.

### Rumus Perhitungan Laju Korosi

Rumus untuk menghitung nilai laju korosi adalah sebagai berikut :

$$\text{Laju Korosi (mm/tahun)} = \frac{\text{Tebal Nominal} - \text{Tebal Aktual}}{\text{Umur Pipa}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- Tebal Nominal = Tebal awal dari pipa (mm)
- Tebal Aktual = Tebal pada inspeksi saat ini (mm)
- Umur pipa = umur pipa pada saat pemasangan sampai sekarang (tahun)

### Rumus Perhitungan Thickness Required (TR)

$$\text{Thickness required} = \frac{P \times D}{2 \times S \times E} + CA \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- Tr = *Thickness required* (mm)
- P = *Internal Design Pressure* (psi)
- D = *Diameter Pipa* (mm)
- S = *Specification Minimum Yield Strength* (psi)
- E = *Joint Factor*
- CA = *Corrosion Allowable* (mm)

### Rumus Perhitungan Maximum Allowable Working Pressure (MAWP)

$$\text{MAWP} = \frac{2 \times S \times E \times \text{Tebal Aktual}}{D} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- MAWP = *Maximum Allowable Working Pressure* (psi)
- S = *Specification Minimum Yield Strength* (psi)
- E = *Joint Factor*
- Tebal Aktual = Tebal pada inspeksi saat ini (mm)
- D = *Diameter Pipa* (mm)

### Rumus Perhitungan Remaining Service Life (RSL)

$$\text{RSL} = \frac{\text{Tebal Aktual} - \text{Thickness required}}{\text{Laju Korosi}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- RSL = *Sisa Umur Pakai Pipa* (tahun)
- tactual = *Tebal Aktual* (mm)
- Trequired = *Tebal required / Tebal yang diharuskan* (mm)
- CR = *Laju Korosi* (mm/tahun)

Dibawah ini merupakan contoh perhitungan :

- Tahun Inspeksi : 2017
- Koordinat : 6°24' 778" S, 108°13' 961" E
- Jenis Material : API 5L Grade B
- *Design Pressure* (P) (Psi) : 450
- Temperatur (°C) : 38
- Diameter (mm) : 219,08
- Tebal Nominal (Tn) (mm) : 8,18
- Tebal Aktual (Tak) (mm) : 6,33
- Umur Pipa (tahun) : 14
- *Weld Joint Factor* : 1
- *Allowable Stress Values* (S) (psi) : 25200
- *Specified Min Yield Strength* (SMYS) (psi) : 35000
- *Corrosion Allowance* (mm) : 0

Dari beberapa data diatas, dapat dihitung :

$$CR = \frac{T_n - Tak}{\text{Umur Pipa}} = \frac{8,18 \text{ mm} - 6,33 \text{ mm}}{14 \text{ tahun}} = 0,132 \text{ mm/tahun}$$

$$Tr = \frac{P \times D}{2 \times S \times E} = \frac{450 \text{ psi} \times 219,08 \text{ mm}}{2 \times 25200 \text{ psi} \times 1} + 0 = 1,96 \text{ mm}$$

$$MAWP = \frac{2 \times S \times E \times Tak}{D} = \frac{2 \times 25200 \text{ psi} \times 1 \times 6,33 \text{ mm}}{219,08 \text{ mm}} = 1456,2 \text{ psi}$$

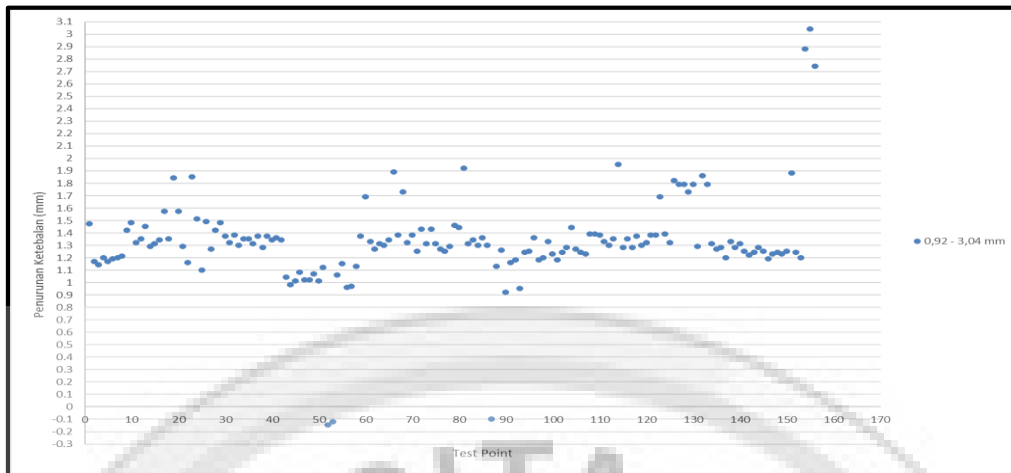
$$RSL = \frac{Tak - TR}{CR} = \frac{6,33 \text{ mm} - 1,96 \text{ mm}}{0,132 \text{ mm/tahun}}$$

**Tabel 1.** Data Hasil Perhitungan Laju Korosi dan Remaining Service Life Tahun 2017

No	Test Point	Tebal Nominal (mm)	Tebal Aktual (mm)	Penurunan Ketebalan (mm)	CR (mm/years)	Tebal Required (mm)	MAWP (psi)	RSL (tahun)
1	6°24' 502" S, 108°11' 004" E	8.18	6.71	1.47	0.105	1.96	1543.7	45
2	6°24' 605" S, 108°12' 171" E	8.18	7.01	1.17	0.084	1.96	1612.7	60
3	6°24' 613" S, 108°12' 227" E	8.18	7.04	1.14	0.081	1.96	1619.6	62
4	6°24' 621" S, 108°12' 283" E	8.18	6.98	1.2	0.086	1.96	1605.8	59
5	6°24' 625" S, 108°12' 382" E	8.18	7.01	1.17	0.084	1.96	1612.7	60
6	6°24' 633" S, 108°12' 400" E	8.18	6.99	1.19	0.085	1.96	1608.1	59
7	6°24' 641" S, 108°12' 456" E	8.18	6.98	1.2	0.086	1.96	1605.8	59
8	6°24' 656" S, 108°12' 566" E	8.18	6.97	1.21	0.086	1.96	1603.5	58
9	6°24' 668" S, 108°12' 676" E	8.18	6.76	1.42	0.101	1.96	1555.2	47
10	6°24' 675" S, 108°12' 731" E	8.18	6.7	1.48	0.106	1.96	1541.4	45
11	6°24' 682" S, 108°12' 786" E	8.18	6.86	1.32	0.094	1.96	1578.2	52
12	6°24' 686" S, 108°12' 840" E	8.18	6.83	1.35	0.096	1.96	1571.3	51
13	6°24' 695" S, 108°12' 897" E	8.18	6.73	1.45	0.104	1.96	1548.3	46
14	6°24' 701" S, 108°12' 955" E	8.18	6.89	1.29	0.092	1.96	1585.1	54
15	6°24' 718" S, 108°13' 070" E	8.18	6.87	1.31	0.094	1.96	1580.5	52
16	6°24' 724" S, 108°13' 127" E	8.18	6.84	1.34	0.096	1.96	1573.6	51
17	6°24' 729" S, 108°13' 184" E	8.18	6.61	1.57	0.112	1.96	1520.6	41
18	6°24' 733" S, 108°13' 243" E	8.18	6.83	1.35	0.096	1.96	1571.3	51
19	6°24' 742" S, 108°13' 297" E	8.18	6.34	1.84	0.131	1.96	1458.5	33
20	6°24' 755" S, 108°13' 408" E	8.18	6.61	1.57	0.112	1.96	1520.6	41
21	6°24' 761" S, 108°13' 468" E	8.18	6.89	1.29	0.092	1.96	1585.1	54
22	6°24' 782" S, 108°13' 904" E	8.18	7.02	1.16	0.083	1.96	1615.0	61
23	6°24' 778" S, 108°13' 961" E	8.18	6.33	1.85	0.132	1.96	1456.2	33
24	6°24' 781" S, 108°14' 018" E	8.18	6.67	1.51	0.108	1.96	1534.5	44
25	6°24' 785" S, 108°14' 067" E	8.18	7.08	1.1	0.079	1.96	1628.8	65
26	6°24' 785" S, 108°14' 073" E	8.18	6.69	1.49	0.106	1.96	1539.1	44
27	6°24' 785" S, 108°14' 129" E	8.18	6.91	1.27	0.091	1.96	1589.7	55
28	6°24' 783" S, 108°14' 185" E	8.18	6.76	1.42	0.101	1.96	1555.2	47
29	6°24' 786" S, 108°14' 241" E	8.18	6.7	1.48	0.106	1.96	1541.4	45
30	6°24' 787" S, 108°14' 296" E	8.18	6.81	1.37	0.098	1.96	1566.7	50
31	6°24' 792" S, 108°14' 355" E	8.18	6.86	1.32	0.094	1.96	1578.2	52
32	6°24' 794" S, 108°14' 412" E	8.18	6.8	1.38	0.099	1.96	1564.4	49
33	6°24' 797" S, 108°14' 469" E	8.18	6.88	1.3	0.093	1.96	1582.8	53
34	6°24' 799" S, 108°14' 524" E	8.18	6.83	1.35	0.096	1.96	1571.3	51
35	6°24' 803" S, 108°14' 578" E	8.18	6.83	1.35	0.096	1.96	1571.3	51
36	6°24' 806" S, 108°14' 634" E	8.18	6.87	1.31	0.094	1.96	1580.5	52
37	6°24' 810" S, 108°14' 691" E	8.18	6.81	1.37	0.098	1.96	1566.7	50
38	6°24' 814" S, 108°14' 748" E	8.18	6.9	1.28	0.091	1.96	1587.4	54
39	6°24' 816" S, 108°14' 803" E	8.18	6.81	1.37	0.098	1.96	1566.7	50
40	6°24' 819" S, 108°14' 859" E	8.18	6.84	1.34	0.096	1.96	1573.6	51
41	6°24' 820" S, 108°14' 918" E	8.18	6.82	1.36	0.097	1.96	1569.0	50
42	6°24' 822" S, 108°14' 973" E	8.18	6.84	1.34	0.096	1.96	1573.6	51
43	6°24' 824" S, 108°15' 029" E	8.18	7.14	1.04	0.074	1.96	1642.6	70
44	6°24' 826" S, 108°15' 095" E	8.18	7.2	0.98	0.070	1.96	1656.4	75
45	6°24' 827" S, 108°15' 305" E	8.18	7.17	1.01	0.072	1.96	1649.5	72
46	6°24' 827" S, 108°15' 420" E	8.18	7.1	1.08	0.077	1.96	1633.4	67
47	6°24' 828" S, 108°15' 476" E	8.18	7.16	1.02	0.073	1.96	1647.2	71
48	6°24' 828" S, 108°15' 532" E	8.18	7.16	1.02	0.073	1.96	1647.2	71
49	6°24' 826" S, 108°15' 590" E	8.18	7.11	1.07	0.076	1.96	1635.7	67
50	6°24' 821" S, 108°15' 643" E	8.18	7.17	1.01	0.072	1.96	1649.5	72
51	6°24' 821" S, 108°15' 697" E	8.18	7.06	1.12	0.080	1.96	1624.2	64
52	6°24' 819" S, 108°15' 752" E	8.18	8.33	-0.15	-0.011	1.96	1916.3	-595
53	6°24' 816" S, 108°15' 808" E	8.18	8.3	-0.12	-0.009	1.96	1909.4	-740
54	6°24' 814" S, 108°15' 863" E	8.18	7.12	1.06	0.076	1.96	1638.0	68
55	6°24' 812" S, 108°15' 918" E	8.18	7.03	1.15	0.082	1.96	1617.3	62
56	6°24' 809" S, 108°15' 972" E	8.18	7.22	0.96	0.069	1.96	1661.0	77
57	6°24' 808" S, 108°16' 027" E	8.18	7.21	0.97	0.069	1.96	1658.7	76
58	6°24' 808" S, 108°16' 082" E	8.18	7.05	1.13	0.081	1.96	1621.9	63
59	6°41' 505" S, 108°28' 742" E	8.18	6.81	1.37	0.098	1.96	1566.7	50
60	6°41' 520" S, 108°28' 833" E	8.18	6.49	1.69	0.121	1.96	1493.0	38
61	6°41' 538" S, 108°28' 925" E	8.18	6.85	1.33	0.095	1.96	1575.9	51
62	6°41' 558" S, 108°29' 015" E	8.18	6.91	1.27	0.091	1.96	1589.7	55
63	6°41' 567" S, 108°29' 108" E	8.18	6.87	1.31	0.094	1.96	1580.5	52
64	6°41' 585" S, 108°29' 198" E	8.18	6.88	1.3	0.093	1.96	1582.8	53
65	6°41' 592" S, 108°29' 290" E	8.18	6.84	1.34	0.096	1.96	1573.6	51
66	6°41' 589" S, 108°29' 382" E	8.18	6.29	1.89	0.135	1.96	1447.0	32
67	6°41' 590" S, 108°29' 473" E	8.18	6.8	1.38	0.099	1.96	1564.4	49
68	6°41' 595" S, 108°29' 564" E	8.18	6.45	1.73	0.124	1.96	1483.8	36
69	6°41' 599" S, 108°29' 657" E	8.18	6.86	1.32	0.094	1.96	1578.2	52
70	6°41' 600" S, 108°29' 749" E	8.18	6.8	1.38	0.099	1.96	1564.4	49
71	6°41' 505" S, 108°30' 283" E	8.18	6.93	1.25	0.089	1.96	1594.3	56

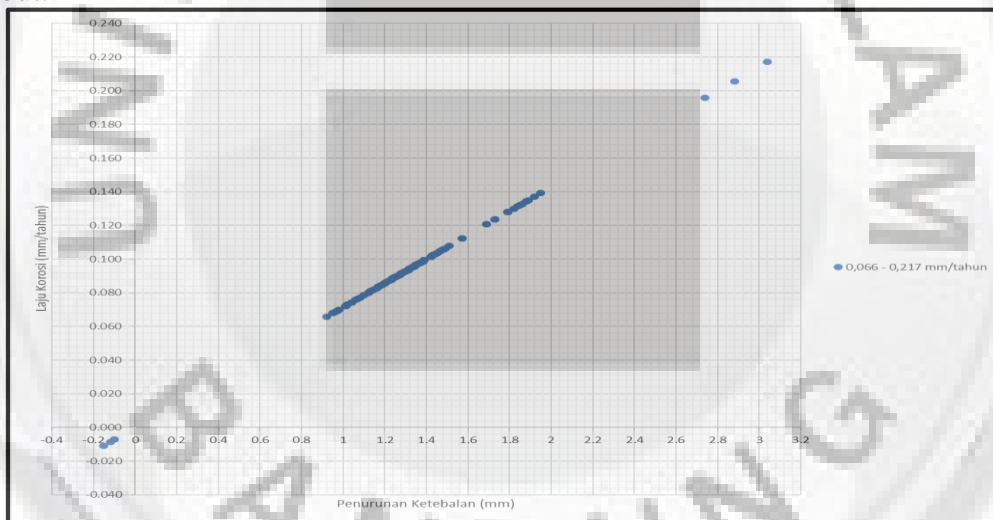
72	6°41' 456" S, 108°30'438" E	8.18	6.75	1.43	0.102	1.96	1552.9	47
73	6°41' 405" S, 108°30'514" E	8.18	6.87	1.31	0.094	1.96	1580.5	52
74	6°41' 354" S, 108°30'590" E	8.18	6.75	1.43	0.102	1.96	1552.9	47
75	6°41' 307" S, 108°30'668" E	8.18	6.87	1.31	0.094	1.96	1580.5	52
76	6°41' 257" S, 108°30'745" E	8.18	6.91	1.27	0.091	1.96	1589.7	55
77	6°41' 157" S, 108°30'901" E	8.18	6.93	1.25	0.089	1.96	1594.3	56
78	6°41' 108" S, 108°30'982" E	8.18	6.89	1.29	0.092	1.96	1585.1	54
79	6°41' 061" S, 108°31'065" E	8.18	6.72	1.46	0.104	1.96	1546.0	46
80	6°40' 929" S, 108°31'132" E	8.18	6.74	1.44	0.103	1.96	1550.6	46
81	6°40' 796" S, 108°31'562" E	8.18	6.26	1.92	0.137	1.96	1440.1	31
82	6°40' 753" S, 108°31'642" E	8.18	6.87	1.31	0.094	1.96	1580.5	52
83	6°40' 706" S, 108°31'722" E	8.18	6.84	1.34	0.096	1.96	1573.6	51
84	6°40' 665" S, 108°31'802" E	8.18	6.88	1.3	0.093	1.96	1582.8	53
85	6°40' 615" S, 108°31'883" E	8.18	6.82	1.36	0.097	1.96	1569.0	50
86	6°40' 527" S, 108°32'048" E	8.18	6.88	1.3	0.093	1.96	1582.8	53
87	6°40' 435" S, 108°32'209" E	8.18	8.28	-0.1	-0.007	1.96	1904.8	-885
88	6°40' 387" S, 108°32'291" E	8.18	7.05	1.13	0.081	1.96	1621.9	63
89	6°40' 202" S, 108°32'606" E	8.18	6.92	1.26	0.090	1.96	1592.0	55
90	6°40' 153" S, 108°32'690" E	8.18	7.26	0.92	0.066	1.96	1670.2	81
91	6°40' 098" S, 108°32'780" E	8.18	7.02	1.16	0.083	1.96	1615.0	61
92	6°39' 949" S, 108°33'029" E	8.18	7	1.18	0.084	1.96	1610.4	60
93	6°39' 858" S, 108°33'184" E	8.18	7.23	0.95	0.068	1.96	1663.3	78
94	6°39' 723" S, 108°33'418" E	8.18	6.94	1.24	0.089	1.96	1596.6	56
95	6°39' 678" S, 108°33'497" E	8.18	6.93	1.25	0.089	1.96	1594.3	56
96	6°39' 631" S, 108°33'575" E	8.18	6.82	1.36	0.097	1.96	1569.0	50
97	6°39' 586" S, 108°33'653" E	8.18	7	1.18	0.084	1.96	1610.4	60
98	6°39' 492" S, 108°33'800" E	8.18	6.98	1.2	0.086	1.96	1605.8	59
99	6°39' 455" S, 108°33'884" E	8.18	6.85	1.33	0.095	1.96	1575.9	51
100	6°39' 414" S, 108°33'964" E	8.18	6.95	1.23	0.088	1.96	1598.9	57
101	6°39' 372" S, 108°34'045" E	8.18	7	1.18	0.084	1.96	1610.4	60
102	6°39' 324" S, 108°34'123" E	8.18	6.94	1.24	0.089	1.96	1596.6	56
103	6°39' 283" S, 108°34'205" E	8.18	6.9	1.28	0.091	1.96	1587.4	54
104	6°39' 239" S, 108°34'286" E	8.18	6.74	1.44	0.103	1.96	1550.6	46
105	6°39' 197" S, 108°34'367" E	8.18	6.91	1.27	0.091	1.96	1589.7	55
106	6°39' 154" S, 108°34'449" E	8.18	6.94	1.24	0.089	1.96	1596.6	56
107	6°39' 110" S, 108°34'530" E	8.18	6.95	1.23	0.088	1.96	1598.9	57
108	6°39' 066" S, 108°34'612" E	8.18	6.79	1.39	0.099	1.96	1562.1	49
109	6°39' 020" S, 108°34'691" E	8.18	6.79	1.39	0.099	1.96	1562.1	49
110	6°38' 974" S, 108°34'774" E	8.18	6.8	1.38	0.099	1.96	1564.4	49
111	6°38' 932" S, 108°34'834" E	8.18	6.85	1.33	0.095	1.96	1575.9	51
112	6°38' 886" S, 108°34'931" E	8.18	6.88	1.3	0.093	1.96	1582.8	53
113	6°38' 846" S, 108°35'014" E	8.18	6.83	1.35	0.096	1.96	1571.3	51
114	6°38' 804" S, 108°35'096" E	8.18	6.23	1.95	0.139	1.96	1433.2	31
115	6°38' 760" S, 108°35'180" E	8.18	6.9	1.28	0.091	1.96	1587.4	54
116	6°38' 716" S, 108°35'260" E	8.18	6.83	1.35	0.096	1.96	1571.3	51
117	6°38' 671" S, 108°35'341" E	8.18	6.9	1.28	0.091	1.96	1587.4	54
118	6°38' 628" S, 108°35'420" E	8.18	6.81	1.37	0.098	1.96	1566.7	50
119	6°38' 584" S, 108°35'503" E	8.18	6.88	1.3	0.093	1.96	1582.8	53
120	6°38' 539" S, 108°35'583" E	8.18	6.86	1.32	0.094	1.96	1578.2	52
121	6°38' 495" S, 108°35'661" E	8.18	6.8	1.38	0.099	1.96	1564.4	49
122	6°38' 455" S, 108°35'742" E	8.18	6.8	1.38	0.099	1.96	1564.4	49
123	6°38' 409" S, 108°35'824" E	8.18	6.49	1.69	0.121	1.96	1493.0	38
124	6°38' 366" S, 108°35'903" E	8.18	6.79	1.39	0.099	1.96	1562.1	49
125	6°38' 327" S, 108°35'985" E	8.18	6.86	1.32	0.094	1.96	1578.2	52
126	6°38' 284" S, 108°36'068" E	8.18	6.36	1.82	0.130	1.96	1463.1	34
127	6°38' 232" S, 108°36'150" E	8.18	6.39	1.79	0.128	1.96	1470.0	35
128	6°38' 193" S, 108°36'232" E	8.18	6.39	1.79	0.128	1.96	1470.0	35
129	6°38' 150" S, 108°36'315" E	8.18	6.45	1.73	0.124	1.96	1483.8	36
130	6°38' 108" S, 108°36'396" E	8.18	6.39	1.79	0.128	1.96	1470.0	35
131	6°38' 060" S, 108°36'483" E	8.18	6.89	1.29	0.092	1.96	1585.1	54
132	6°38' 013" S, 108°36'561" E	8.18	6.32	1.86	0.133	1.96	1453.9	33
133	6°37' 970" S, 108°36'642" E	8.18	6.39	1.79	0.128	1.96	1470.0	35
134	6°37' 929" S, 108°36'723" E	8.18	6.87	1.31	0.094	1.96	1580.5	52
135	6°37' 829" S, 108°36'875" E	8.18	6.91	1.27	0.091	1.96	1589.7	55
136	6°37' 789" S, 108°36'955" E	8.18	6.9	1.28	0.091	1.96	1587.4	54
137	6°37' 741" S, 108°37'029" E	8.18	6.98	1.2	0.086	1.96	1605.8	59
138	6°37' 698" S, 108°37'103" E	8.18	6.85	1.33	0.095	1.96	1575.9	51
139	6°37' 648" S, 108°37'179" E	8.18	6.9	1.28	0.091	1.96	1587.4	54
140	6°37' 611" S, 108°37'263" E	8.18	6.87	1.31	0.094	1.96	1580.5	52
141	6°37' 565" S, 108°37'346" E	8.18	6.93	1.25	0.089	1.96	1594.3	56
142	6°37' 522" S, 108°37'427" E	8.18	6.96	1.22	0.087	1.96	1601.2	57
143	6°37' 476" S, 108°37'506" E	8.18	6.94	1.24	0.089	1.96	1596.6	56
144	6°37' 422" S, 108°37'579" E	8.18	6.9	1.28	0.091	1.96	1587.4	54
145	6°37' 388" S, 108°37'664" E	8.18	6.93	1.25	0.089	1.96	1594.3	56
146	6°37' 343" S, 108°37'743" E	8.18	6.99	1.19	0.085	1.96	1608.1	59
147	6°37' 300" S, 108°37'824" E	8.18	6.95	1.23	0.088	1.96	1598.9	57
148	6°37' 257" S, 108°37'903" E	8.18	6.94	1.24	0.089	1.96	1596.6	56
149	6°37' 211" S, 108°37'982" E	8.18	6.95	1.23	0.088	1.96	1598.9	57
150	6°37' 162" S, 108°38'061" E	8.18	6.93	1.25	0.089	1.96	1594.3	56
151	6°37' 004" S, 108°38'291" E	8.18	6.3	1.88	0.134	1.96	1449.3	32
152	6°36' 946" S, 108°38'359" E	8.18	6.94	1.24	0.089	1.96	1596.6	56
153	6°36' 809" S, 108°38'473" E	8.18	6.98	1.2	0.086	1.96	1605.8	59
154	6°36' 711" S, 108°38'582" E	8.18	5.3	2.88	0.206	1.96	1219.3	16
155	6°36' 638" S, 108°38'533" E	8.18	5.14	3.04	0.217	1.96	1182.5	15
156	6°36' 606" S, 108°38'510" E	8.18	5.44	2.74	0.196	1.96	1251.5	18





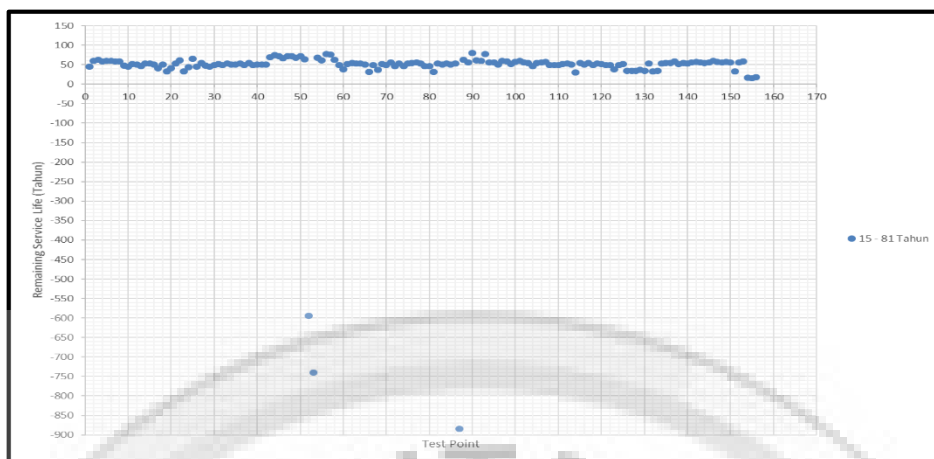
**Gambar 1.** Penurunan Ketebalan Pada Tiap Titik Pengamatan

Berdasarkan grafik 1 di dapatkan hasil nilai penurunan ketebalan terendah yakni 0,92 mm dan nilai penurunan ketebalan tertinggi yakni 3,04. Pada grafik tersebut terlihat ada anomali yakni nilai laju korosi dan nilai penurunan ketebalan yang bernilai minus, hal ini disebabkan karena nilai tebal aktual pipa melebihi tebal nominal pipa tersebut.



**Gambar 2.** Penurunan Ketebalan Pipa Terhadap Laju Korosi

Biasanya tingkat laju korosi dapat terlihat dari penurunan ketebalan pipa. Nilai ketebalan pipa yang semakin berkurang dari ketebalan nominal pipa tersebut maka tingkat laju korosinya semakin tinggi hal ini terlihat berdasarkan gambar diatas dimana, penurunan ketebalan pipa terbesar yaitu 3,04 mm dengan tingkat laju korosi sebesar 0,217 mm/tahun. Hal ini membuktikan bahwasanya semakin besar penurunan ketebalan pipa maka tingkat laju korosi akan semakin tinggi



**Gambar 3.** Laju Korosi Terhadap Sisa Umur Pakai Pipa

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwasannya ada anomali atau umur pipa yang dibawah 0 tahun hal ini dikarenakan ditemukan nilai tebal aktual pipa lebih besar daripada nilai tebal nominal pipa. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya *human error*, akurasi alat, penempatan alat yang tidak benar dan terbentuknya produk hasil korosi. Produk dari hasil korosi tersebut nantinya akan menempel pada dinding permukaan pipa sehingga seolah – olah terjadi Peningkatan ketebalan pipa. Hal tersebut sangat berpengaruh pada laju korosi dan sisa umur pakai pipa. Laju korosi sangat mempengaruhi sisa umur pakai pipa. Hal ini terlihat pada grafik tersebut dimana semakin tinggi laju korosi maka sisa umur pakai pipa akan semakin rendah. Sisa umur pakai pipa (RSL) terbesar yaitu 81 tahun dengan tingkat laju korosi sebesar 0,066 mm/tahun sedangkan sisa umur pipa (RSL) terkecil yaitu 15 tahun dengan tingkat laju korosi sebesar 0,217 mm/tahun. Berdasarkan pada table laju korosi relative, Laju korosi tersebut termasuk dalam kategori *good* hingga *excellent*.

#### **D. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu :

1. Hasil analisis visual, jenis korosi pada pipa pengamatan tersebut adalah termasuk dalam kategori jenis korosi merata, korosi sumuran dan korosi celah. metoda pengendalian korosi yang digunakan untuk melindungi pipa transportasi minyak tersebut yaitu dengan metoda proteksi katodik anoda korban (sacp) magnesium dan *coating* pipa menggunakan produk *polyken*.
2. Laju korosi pada jalur pipa transportasi minyak bs cemara – mgs balongan berkisar antara 0,006 mm/tahun sampai 0,217 mm/tahun dan tergolong dalam kategori *good* hingga *excellent* .
3. Sisa umur pakai atau *remaining service life* (rsl) pipa yaitu berkisar antara 15 tahun sampai dengan 81 tahun.

#### **Daftar Pustaka**

- Agung, 2012. “Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korosi” [agungfirdausi.my.id/2012/04/faktor-faktor-yang-mempengaruhi-korosi.html](http://agungfirdausi.my.id/2012/04/faktor-faktor-yang-mempengaruhi-korosi.html).
- Akbar, Fatwa Ath-thaariq. 2017. “Penentuan Laju Korosi Dan *Remaining Service Life* (RSL) Pipa Transportasi Jalur 1 di PT Pertamina (Persero) Terminal BBM Balongan Indramayu Jawa Barat Sampai Plumpang Jakarta Utara”. Skripsi

- Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik. Universitas Islam Bandung.
- API . 2004. Specification 5L Forty Third edition, Specification for line pipe. Washington : API Published Service.
- Furqan, Muhammad, 2013 “Perhitungan Laju Korosi”. [m10mechanicalengineering.blogspot.co.id/2013/11/laju\\_korosi.html](http://m10mechanicalengineering.blogspot.co.id/2013/11/laju_korosi.html)
- Jonnes, Danny A. 1991. “*Principles and Prevention of Corrosion*”. New York. Macmillan Publishing Company.
- Kenneth R Trethewey dan John Chamberlain, 1991 “Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa”, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Marcus P., and Oudar J., 1995. Corrosion Mechanisms in Theory and Practice, Marcel Dekker Inc.
- NACE Standard RP0169 - Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems.
- Olivia, Denise. 2013. “Studi Teknis Penentuan Sisa Umur Pakai (*Remaining Service Life*) Pada Jaringan Pipa Produksi Minyak Bumi di Autoride Nasional Do Petroleo Dili-Timor Leste”. Skripsi Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik. Universitas Islam Bandung.
- Supriyanto. 2007. Tugas Akhir. “Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl 2% dan 3,5% Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah”. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- West J.M., 1986. Basic Corrosion and Oxidation, Second Ed., Ellis Horwood Publishers Limited, England.