

Penentuan Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai Pipa (*Remaining Service Life*) pada Jalur Pipa Transportasi Kondensat SP Subang – SP Pegaden PT Pertamina Ep Asset 3 Subang *Field*, Kecamatan Pagaden, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat

Determination of Corrosion Rate and Remaining Service Life Of Pipe (RSL) on Transportation of Condensate Pipe SP Subang to SP Pegaden PT Pertamina EP Asset 3 Subang Field, Pagaden District, Subang Regency, West Java Province

¹Raden Rifky Karnadibrata, ²Elfida Moralista, ³Noor Fauzi

^{1,2}*Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116*

email: ¹rifkykarnadibrata@gmail.com, ²elfidamoralista95@gmail.com, ³noorfauzi@unisba.ac.id

Abstract. PT Pertamina EP Asset 3 Subang Field SP Subang - Pegaden SP is an Exploration and Production unit. In the condensate transportation process, PT Pertamina EP Asset 3 Subang Field SP Subang - SP Pegaden uses steel pipes. In its use can occur damage or leakage in the pipe due to corrosion. Corrosion is a decrease in the quality of metal materials caused by electrochemical reactions between metal materials and ions contained in their environment. Supervision and control of corrosion can prevent leakage and reduce the remaining service life of the SP Subang - SP Pegaden condensate transportation pipeline. This corrosion research in the condensate transportation pipeline aims to find out the type of corrosion that occurs, the corrosion control method applied, the corrosion rate and the remaining life of the pipe. SP Subang - SP Pegaden condensate transportation pipeline has a pipe above the ground (using a buffer) along 8 km and underground (underground) along the 24 km. In this study, the environmental conditions of the SP Subang - SP Pegaden condensate transportation pipeline have an ambient temperature of 18 - 32°C, a soil pH of 5.6 - 6.4, and a soil resistivity of 665.68 - 5338 ohm.cm. Measurement of the actual thickness of the pipe is done by using a Long range ultrasonic testing (LRUT) at 110 measurement points with a total length of 32 km along the pipeline. Based on the thickness reduction data, the corrosion rate and the remaining service life of the pipe can be calculated. The types of corrosion that occur in condensate transport pipes are evenly distributed corrosion and well corrosion. Corrosion control methods applied were coating method with one layer coating type, namely Rust-Oelum 9400, wrapping method using polyken type 980 and cathodic protection method using magnesium sacrificial anode (Mg). Corrosion rate of SP Subang - SP Pegaden condensate transportation pipeline is 0.04 - 0.25 mm / year and is classified in the good - excellent category based on the relative corrosion standard table "Corrosion Of MPY With Equivalent Metric-Rate Expression". While the remaining life of the condensate transportation pipeline is 11.06 - 94.32 years.

Keywords: Corrosion, Kondensat Transportation Pipes, Corrosion Rate, Remaining Service Life.

Abstrak. PT Pertamina EP Asset 3 Subang Field SP Subang - SP Pegaden merupakan unit Eksplorasi dan Produksi. Pada proses transportasi kondensat, PT Pertamina EP Asset 3 Subang Field SP Subang - SP Pegaden menggunakan pipa baja. Pada penggunaannya dapat terjadi kerusakan atau kebocoran pada pipa akibat korosi. Korosi merupakan penurunan kualitas material logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara material logam dengan ion – ion yang terdapat di lingkungannya. Pengawasan dan pengendalian terhadap korosi dapat mencegah terjadinya kebocoran dan pengurangan sisa umur pakai pipa transportasi kondensat SP Subang – SP Pegaden. Penelitian korosi pada pipa transportasi kondensat ini bertujuan untuk mengetahui jenis korosi yang terjadi, metoda pengendalian korosi yang diaplikasikan, laju korosi dan sisa umur pakai pipa. Jalur pipa transportasi kondensat SP Subang – SP Pegaden memiliki pipa di atas tanah (menggunakan penyangga) sepanjang 8 km dan di bawah tanah (underground) sepanjang 24 km. Pada penelitian ini, kondisi lingkungan jalur pipa transportasi kondensat SP Subang – SP Pegaden memiliki suhu lingkungan 18 - 32°C, pH tanah 5,6 – 6,4, dan resistivitas tanah 665,68 – 5338 ohm.cm. Pengukuran tebal aktual pipa dilakukan dengan menggunakan alat Long range ultrasonic testing (LRUT) pada 110 titik pengukuran dengan panjang total jalur pipa sepanjang 32 km. Berdasarkan data pengukuran tebal maka dapat dihitung laju korosi dan sisa umur pakai pipa. Jenis korosi yang terjadi pada pipa transportasi kondensat yaitu korosi merata dan korosi sumuran. Metoda pengendalian korosi yang diaplikasikan yaitu metoda coating dengan jenis one layers coating, yaitu rust-oelum 9400, metoda wrapping dengan menggunakan polyken type 980 dan metoda proteksi katodik dengan menggunakan anoda korban magnesium (Mg). Laju korosi pipa transportasi kondensat SP Subang – SP Pegaden 0,04 – 0,25 mm/tahun

dan tergolong dalam kategori good – excellent berdasarkan tabel standar korosi relatif “Corrosion Of MPY With Equivalent Metric-Rate Expression”. Sedangkan sisa umur pakai pipa transportasi kondensat 11,06 – 94,32 tahun.

Kata kunci : Korosi, Pipa Transportasi Kondensat, Laju Korosi, Sisa Umur Pakai Pipa.

A. Pendahuluan

Latar Belakang

PT Pertamina EP Asset 3 Subang Field merupakan BUMN yang bergerak dalam eksploitasi minyak dan gas bumi di Indonesia serta menggunakan material logam sebagai bahan dasar pipa transportasi kondensat SP Subang – SP Pegaden.

Logam adalah salah satu material yang memiliki peranan penting karena salah satu kelebihan logam adalah material ini tahan terhadap tekanan dan panas berdasarkan sifat fisik dan mekanik logam ⁽⁵⁾. Namun terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kualitas logam ini menurun. Salah satu penyebab kualitas material logam menurun yaitu karena terjadinya korosi.

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya, dimana jika terjadi dapat menghambat jalannya kegiatan eksploitasi dan jalur pipa transportasi ⁽¹³⁾.

Pengendalian korosi pada jalur pipa transportasi kondensat dilakukan untuk mengurangi laju korosi, sehingga pipa transportasi tidak mengalami kerusakan atau kebocoran dan pengurangan sisa umur pakai pipa transportasi kondensat, maka perlu dilakukan inspeksi pada pipa tersebut.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jenis korosi yang terjadi dan metoda pengendalian korosi yang diaplikasikan pada pipa transportasi kondensat SP Subang - SP Pegaden.
2. Mengetahui laju korosi yang terjadi pada pipa transportasi kondensat SP Subang - SP Pegaden.

3. Mengetahui sisa umur pakai pipa transportasi kondensat SP Subang - SP Pegaden.

B. Landasan Teori

Korosi

Korosi adalah penurunan kualitas logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya (*Trethewey, 1991*). Korosi juga dapat diartikan sebagai peristiwa alamiah yang terjadi pada logam dan merupakan proses kembalinya logam ke kondisi semula saat logam ditemukan dan diolah dari alam (*Supriyanto, 2007*).

1. Korosi Internal
Merupakan korosi yang terjadi pada bagian dalam sistem perpipaan dan peralatan. Korosi itu terjadi akibat adanya kandungan CO₂ dan H₂S pada minyak bumi, sehingga apabila terjadi kontak dengan air akan membentuk asam yang merupakan penyebab korosi.
2. Korosi Eksternal
Merupakan korosi yang terjadi pada bagian luar sistem perpipaan dan peralatan, baik yang kontak dengan udara, tanah, air sungai, air laut, dan lingkungan lainnya.

Tipe-tipe Korosi

1. *Uniform Corrosion*
2. *Pitting Corrosion*
3. *Stress Corrosion Cracking*
4. *Erosion Corrosion*
5. *Galvanic Corrosion*
6. *Crevice Corrosion*
7. *Selective Leaching*

Inspeksi dan Pengawasan (*Monitoring*) Korosi

Inspeksi dan pengawasan (*monitoring*) korosi terbatas penggunaannya dalam kondisi yang

sedang berjalan. Lain halnya pada instalasi pipa yang dapat dilepas, dibongkar, diperiksa dan diukur pada saat operasional dihentikan (*shut down*), akan tetapi dengan cara ini merupakan proses yang memakan waktu dan tentunya sangat berbahaya.

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

1. Metode Kehilangan Berat (*Coupon Test*)
2. Metode Polarisasi (dengan alat *Corrater*)
3. Metode Tahanan Listrik (dengan alat *Corrosometer*)
4. Metode Pengukuran Ketebalan (dengan alat *ultrasonic thickness gauge*)

Pengendalian Korosi

1. Pengendalian Korosi dengan Seleksi Material
Seleksi material merupakan pemilihan bahan yang tepat sesuai dengan peruntukannya. Contohnya, seleksi material logam untuk pipa transportasi pada perusahaan minyak dan gas didasarkan pada pertimbangan kondisi lingkungan, karakteristik fluida atau gas yang akan dialirkan, tekanan, suhu dan debit fluida.
2. Pengendalian Korosi dengan Pelapisan (Coating)
Metoda ini dilakukan dengan cara melapiskan logam dasar dengan material pelindung dengan bertujuan untuk memberi pelapisan pada logam yang menjadi pembatas antara logam tersebut dengan lingkungannya sehingga tidak terjadi reaksi logam dengan lingkungan sekitar.
3. Pengendalian Korosi dengan Proteksi Katodik
Prinsip dasar proteksi katodik adalah mengacu pada reaksi

oksidasi ataupun reduksi yang akan terjadi berdasarkan deret elektrokimia. Reaksi oksidasi terjadi pada daerah anoda dan daerah katoda dipersempit sekecil mungkin dalam sel yang sama. Perlindungan katodik di bagi menjadi dua, yaitu sistem anoda korban (*sacrificial anode*) dan sistem arus tanding (*impressed current*)

4. Pengendalian Korosi dengan Inhibitor

Inhibitor korosi merupakan senyawa kimia yang jika ditambahkan dalam konsentrasi yang sedikit kedalam lingkungan maka akan menghambat laju korosi. Dengan kata lain, inhibitor disebut juga sebagai katalis penghambat. Inhibitor menurunkan laju korosi dengan beberapa cara.

Ketahanan Laju Korosi Relatif

Ketahanan suatu material pipa dalam menghadapi peristiwa korosi pada suatu kondisi tertentu dapat menghasilkan laju korosi yang berbeda – beda, oleh sebab itu perlu digolongkan kedalam suatu pembagian berdasarkan nilai laju korosi yang terjadi pada material pipa tersebut. Proses pembagian tersebut dapat mempermudah dalam mengetahui kondisi material pipa yang sebenarnya di lapangan.

Tabel 1. Corrosion Of MPY With Equivalent Metric-Rate Expression

Relative Corrosion Resistance	Mpy	mm/yr	µm/yr	Nm/h	Pm/s
Outstanding	<1	<0.02	<25	<2	<1
Excelent	1 – 5	0.02 – 0.1	25 – 100	02 - 10	1 - 5
Good	1 - 5	0.1 – 0.5	100 - 500	10 - 50	20 - 50
Fair	20 – 50	0.5 – 1	500 – 1000	50 – 150	20 – 50
Poor	50 – 200	01 – 5	1000 – 5000	150 – 500	50 – 200
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Sumber: MG Fontana, *Rekayasa Korosi*, McGraw-Hill, 3rd ed, hal 172, 1996 Dicitak Ulang Dengan Izin, McGraw-Hill Book Co

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi dan sisa umur pakai pipa (*remaining service life*) pada jalur transportasi kondensat SP Subang – SP Pegaden. Untuk mengetahui nilai laju korosi dan sisa umur pakai pipa (*remaining service life*) tersebut diperlukan data tebal aktual dan umur pakai pipa.

Material pipa yang digunakan di PT Pertamina EP Asset 3 Subang Field pada jalur transportasi kondensat SP Subang – SP Pegaden yaitu API 5L Grade B 3” yang memiliki kandungan karbon maksimal 0,30%. Berdasarkan kandungan karbon yang dimiliki oleh pipa jenis API 5L Grade B, pipa ini termasuk jenis *medium carbon steel*.

Panjang jalur yang diinspeksi adalah 32 km dengan 110 titik pengamatan. Pengukuran tebal aktual pada pipa dilakukan dengan menggunakan alat *Long Range Ultrasonic Thickness (LRUT DM 13E)*.

Data Penunjang

1. Jenis tanah pada daerah penelitian yaitu jenis glei humus

rendah dan alluvial kelabu, merupakan endapan halus di aliran sungai, konsistensi dalam keadaan basah lekat mirip dengan tanah liat dan memiliki pH < 6 yang termasuk dalam kondisi asam.

2. Resistivitas tanah berkisar antara 665,68 – 5338 Ohm-cm.
3. Temperatur lingkungan sekitar berkisar 18°C sampai dengan 32°C
4. Jenis *coating* yang diaplikasikan pada pipa tersebut yaitu *one layer coating* dengan jenis *rust-oleum 9400*.
5. Pada jalur pipa bawah tanah pengendalian korosi yang diaplikasikan *coating*, *wrapping* dan proteksi katodik (magnesium).

Rumus Perhitungan *Thickness Required*

Rumus yang digunakan untuk menghitung *thickness required* adalah :

$$Tr = \frac{P \times D}{2 \times S \times E} + CA \dots \dots \dots (1)$$

Di mana :

- Tr = *Thickness required (mm)*
P = Tekanan desain (*psi*)

- D = Diameter pipa (mm)
- S = *Specification Minimum Yield Strength* (psi)
- E = *Joint factor*
- CA = *Corrosion Allowance* (mm)

Rumus Perhitungan MAWP (Maximum Allowable Working Pressure)

Rumus untuk menghitung MAWP adalah sebagai berikut :

$$MAWP \text{ (psi)} = \frac{2 \times S \times E \times t \text{ aktual}}{D} \quad (2)$$

- Di mana :
- MAWP = *Maximum Allowable Working Pressure* (psi)
- t aktual = Tebal pipa pada saat inspeksi (mm)
- D = Diameter pipa (mm)
- S = *Specification Minimum Yield Strength* (psi)
- E = *Joint factor*

Rumus Perhitungan Laju Korosi

Rumus untuk menghitung nilai laju korosi adalah sebagai berikut :

$$CR \text{ (mm/tahun)} = \frac{\text{Tebal Nominal} - \text{Tebal Aktual}}{\text{Umur Pakai Pipa}} \quad (3)$$

- Di mana :
- CR= Laju Korosi (*Corrosion Rate*) (mm/tahun)
- Tebal Nominal = Tebal pipa pada pemasangan awal (mm)
- Tebal Aktual = Tebal pipa pada saat inspeksi (mm)
- Umur pakai pipa = Dari saat pemasangan hingga inspeksi (tahun)

Rumus Perhitungan Remaining Service Life (RSL)

Rumus yang digunakan untuk menghitung sisa umur pakai (Remaining Service Life / RSL) adalah :

$$\frac{\text{Remaining Service Life}}{\text{Tebal aktual} - \text{Tebal Required}} = \frac{1}{\text{Corrosion Rate}} \quad \dots (4)$$

- Di mana :
- Remaining Service Life = Sisa umur pakai pipa (Tahun)

- Tebal aktual = Tebal pipa pada saat inspeksi (mm)
- Tebal *required* = Tebal minimal yang diizinkan (mm)

Di bawah ini merupakan contoh perhitungan :

- *Test Point* : 1
- Tebal Nominal (mm) : 5,5
- *Allowable Stress* (psi) : 35000
- Faktor Desain : 0,72
- Tekanan Desain (psi) : 750
- Diameter (mm) : 76,2
- Tebal Aktual (mm) : 5,10
- Umur Pakai Pipa (tahun) : 7
- $S = 0,72 \times 35000$ (psi) : 25200
- *Joint Factor* : 1

Dari beberapa data diatas, dapat dihitung :

$$1. Tr = \frac{P \times D}{2 \times S \times E} + CA$$

$$= \frac{750 \text{ psi} \times 76,2 \text{ mm}}{2 \times 25200 \text{ psi} \times 1} + 0$$

$$= 1,134 \text{ mm}$$

$$2. MAWP = \frac{2 \times S \times E \times t \text{ aktual}}{D}$$

$$= \frac{2 \times 25200 \text{ psi} \times 1 \times 5,10 \text{ mm}}{76,2 \text{ mm}}$$

$$= 3373,22 \text{ psi}$$

$$3. CR = \frac{t \text{ nominal} - t \text{ aktual}}{\text{Umur pakai pipa}}$$

$$= \frac{5,5 \text{ mm} - 5,10 \text{ mm}}{7 \text{ tahun}}$$

$$= 0,057 \text{ mm/tahun}$$

$$4. RSL = \frac{t \text{ aktual} - t \text{ required}}{\text{Laju Korosi}}$$

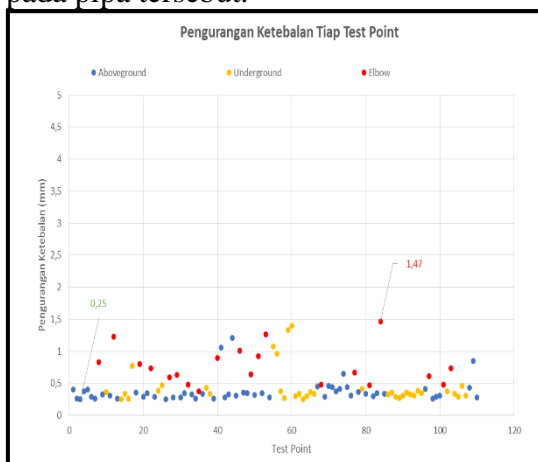
$$= \frac{5,10 \text{ mm} - 1,134 \text{ mm}}{0,057 \text{ mm/tahun}}$$

$$= 56,7 \text{ tahun}$$

Tabel 1. Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai Pipa (RSL) Pada Jalur Pipa Transportasi Kondensat SP Subang –SP Pegaden

Test Point	Jarak (m)	Tebal Aktual (mm)	Tebal Nominal (mm)	Pengurangan Ketebalan (mm)	Laju Korosi (mm/tahun)	RSL (tahun)
1	0	5,10	5,5	0,4	0,067	76,5
2	20	5,24	5,5	0,26	0,043	120,9
3	40	5,25	5,5	0,25	0,042	126,0
4	60	5,12	5,5	0,38	0,063	80,8
5	80	5,10	5,5	0,4	0,067	76,5
6	100	5,21	5,5	0,29	0,048	107,8
7	120	5,24	5,5	0,26	0,043	120,9
8	140	4,67	5,5	0,83	0,138	33,8
9	160	5,17	5,5	0,33	0,055	94,0
10	200	5,13	5,5	0,37	0,062	83,2

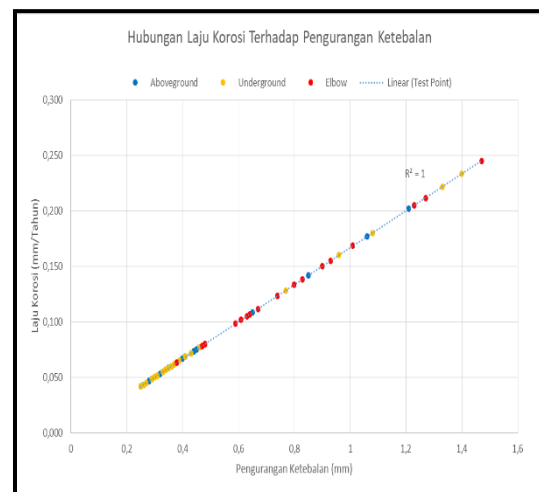
Berdasarkan hasil kegiatan inspeksi yang dilakukan setelah 7 tahun, dapat diketahui bahwa pipa transportasi kondensat mengalami pengurangan ketebalan dari tebal awal (nominal) pipa, hal tersebut dikarenakan terjadinya korosi merata pada pipa tersebut.



Gambar 1 Pengurangan Ketebalan Tiap Jarak

Pada (gambar 1) dapat dilihat bahwa pengurangan ketebalan pipa tertinggi terjadi pada “test point 84” (elbow), yaitu dengan pengurangan ketebalan sebesar 1,47 mm. Hal ini terjadi karena 3 faktor, yaitu pipa kontak dengan tanah yang memiliki pH asam, resistivitas tanah tergolong *extremely corrosive* sampai *moderately corrosive* dan

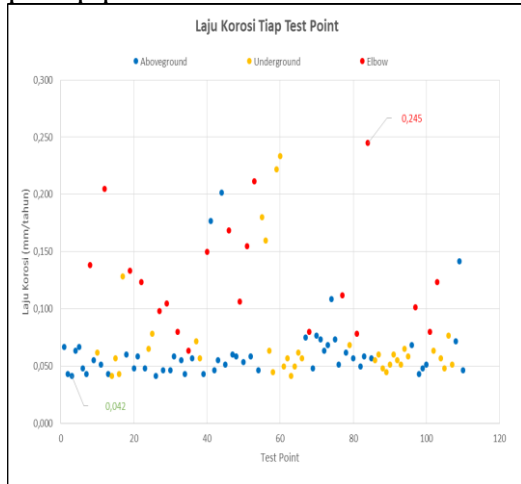
temperatur udara berkisar antara 18°C - 32°C, sehingga menyebabkan terjadinya korosi dan pengurangan ketebalan pipa. Pengurangan ketebalan yang cukup tinggi juga terjadi pada pipa *underground*, yaitu pada test point 59 dan 60 dengan nilai pengurangan tebal sebesar 1,33 mm dan 1,4 mm. Hal ini disebabkan karena lokasi pipa transportasi pada test point tersebut terletak di bawah tanah, sehingga jalur pipa transportasi pada test point tersebut mengalami kontak dengan tanah.



Gambar 2. Hubungan Laju Korosi Terhadap Pengurangan Ketebalan

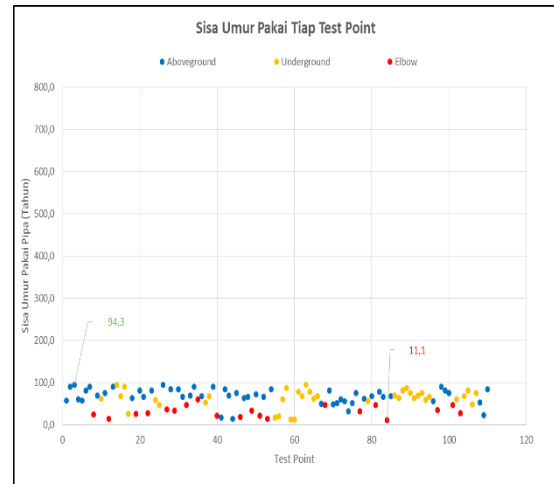
Pada (gambar 2) dapat dilihat bahwa pengurangan ketebalan pipa transportasi akan berbanding lurus

dengan laju korosi. Semakin tinggi pengurangan ketebalan pipa maka laju korosi pada pipa akan semakin tinggi dan semakin rendah pengurangan ketebalan pada pipa maka laju korosi pada pipa akan semakin rendah.



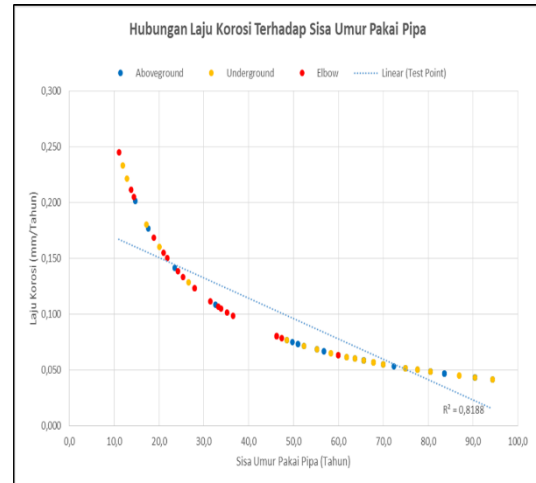
Gambar 3 Laju Korosi Tiap Jarak

Pada (gambar 3) dapat dilihat bahwa sisa umur pakai (*remaining service life*) pipa terendah terjadi pada *test point* 84 belokan (*elbow*), yaitu 11,1 tahun. Hal ini disebabkan karena pipa kontak dengan tanah yang memiliki pH asam, resistivitas tanah tergolong *extremely corrosive* sampai *moderately corrosive*, dan temperatur udara berkisar antara 18°C - 32°C. Pada *test point* 84 tersebut laju korosinya lebih tinggi apabila dibandingkan dengan *test point* lainnya. Laju korosi yang tinggi menyebabkan pengurangan tebal yang sangat signifikan pada pipa (gambar 1.2) dan mengakibatkan sisa umur pakai pipa menjadi rendah. Sisa umur pakai pipa (*remaining service life*) yang rendah juga terjadi pada *test point* 60 (*underground*) dengan sisa umur pakai pipa (*remaining service life*) sebesar 11,9 tahun. Hal ini dapat terjadi karena pipa transportasi pada *test point* tersebut kontak dengan tanah.



Gambar 4 Sisa Umur Pakai (RSL) Tiap Test Point

Sisa umur pakai pipa (*remaining service life*) yang rendah juga terjadi pada *test point* 60 (*underground*) dengan sisa umur pakai pipa (*remaining service life*) sebesar 11,9 tahun. Hal ini dapat terjadi karena pipa transportasi pada *test point* tersebut kontak dengan tanah.



Gambar 5 Hubungan Laju Korosi Terhadap Sisa Umur Pakai

Pada (gambar 5) dapat dilihat bahwa nilai laju korosi berbanding terbalik dengan sisa umur pakai pipa (*remaining service life*). Apabila laju korosi pada jalur pipa transportasi tinggi, maka sisa umur pakai pipa akan semakin rendah dan apabila laju korosi pada jalur pipa transportasi semakin rendah, maka sisa umur pakai pipa

semakin tinggi.

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dari kegiatan penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jenis korosi yang terjadi pada jalur pipa transportasi Stasiun Pengumpul (SP) Subang - Stasiun Pengumpul (SP) Pegaden yaitu korosi merata (*uniform corrosion*) dan sumuran (*pitting corrosion*). Adapun metoda pengendalian korosi yang diaplikasikan pada jalur pipa transportasi tersebut adalah metoda *coating* dengan menggunakan *one layer coating rust-oleum 9400*, *wrapping polyken 980* dan metoda proteksi katodik dengan menggunakan anoda korban magnesium (Mg).
2. Laju korosi pada jalur pipa transportasi Stasiun Pengumpul (SP) Subang - Stasiun Pengumpul (SP) Pegaden berkisar antara 0,04 – 0,25 mm/tahun. Dimana laju korosi pada jalur pipa ini termasuk ke dalam kategori *excellent* sampai *good* berdasarkan standar “*Corrosion Of MPY With Equivalent Metric-Rate Expression*”
3. Sisa umur pakai atau *remaining service life* pipa untuk jalur pipa transportasi kondensat yaitu 11,06 – 94,32 tahun.

D. Saran

1. Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :
2. Perlunya dilakukan *monitoring* pada jalur pipa transportasi setiap tahun sekali selama sisa umur pakai pipa maksimal yang diperoleh dari pengolahan data.
3. Pada pipa yang di jalur bawah tanah dan belokan (*elbow*) sebaiknya lebih sering dilakukan

monitoring dan *controlling* baik secara visual maupun pengukuran, untuk mengetahui kondisi pipa, pengurangan tebal pipa, kondisi *coating* dan proteksi katodik sehingga dapat diketahui laju korosi dan sisa umur pakai pipa transportasi.

4. Perlunya memberikan pengetahuan terhadap warga yang tinggal di sekitar jalur pipa tentang bahaya yang akan timbul akibat kebocoran pipa karena korosi.
5. Perlunya peningkatan teknologi dalam kegiatan *monitoring* dan *controlling* dengan sistem keselamatan dan keamanan kerja menggunakan *alarm system* pada lokasi sekitar jalur pipa transportasi pada warga sekitar dan perusahaan sehingga jika pada *test point* tertentu mengalami laju korosi tinggi, *alarm system* tersebut akan memberi tanda secara otomatis bahwa pada *test point* tersebut berpotensi mengalami kebocoran.

Daftar Pustaka

- Akhmad A. Korda, Leo Yulyardi, 2009, “Analisis Keandalan Pipa *Produce Water* Menggunakan Metoda *Fitness For Service* dan *First Order Second Moment* melalui Inspeksi *Long Range Ultrasonic Testing*”, Volume XVI, No.2, <http://e-journal.upp.ac.id>, 6 Mei 2018.
- Anonymous, API 570. 2015. “*Inspector’s Examination*”. Pressure Piping Inspector. American Petroleum Institute.
- Febriani. Kania, Moralista. Elfida, Pramusanto, 2018, “Penentuan Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai (Remaining Service Life/RSL) pada Pipa Transportasi Gas Bumi

- di PT Pertamina Ep Asset 3 Subang Field Kecamatan Cilamaya Utara Kabupaten Karawang Provinsi Jawa Barat”, Universitas Islam Bandung.
- Fiantis, Dian. “*Morfologi dan Klasifikasi Tanah*”. Multimedia Lembaga Pengembangan Informasi dan Komunikasi. Universitas Andalas.
- Hunafa. Irham, Moralista. Elfida, Pramusanto, 2018, “Penentuan Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai (Remaining Service Life/RSL) Discharge Conveyor di PT Ganesa Korosi Indonesia pada Site PT Amman Mineral Nusa Tenggara, Kabupaten Sumbawa Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat”, Universitas Islam Bandung.
- Jonnes, Danny A. 1991. “Principles and Prevention of Corrosion”. New York. Macmillan Publishing Company.
- Kirk dan Othmer. 1965. “Encyclopedia of Chemical Technology Vol 10, 1st, Interscience Encyclopedia”, New York.
- Meryanalinda, Rustandi. Andi, 2014, “Perhitungan dan Analisis Laju Korosi dan Sisa Umur Pipa Gas API 5L *Grade B* Menggunakan Standar ASME B.31.8 dan API 570 serta Perangkat Lunak Rsterng pada PT.X”, Universitas Indonesia, Depok.
- Prayudha. Dony, Moralista. Elfida, Pramusanto, 2018, “Penentuan Laju Korosi dan Sisa Umur Pakai (Remaining Service Life/RSL) Pada Jalur Pipa Transportasi *Crude Oil* Dari SPU-A Mundu – ke Terminal Balongan Di PT Pertamina Asset 3 Jatibarang *Field*, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat”, Universitas Islam Bandung.
- Sulaiman, A. 1978. “Korosi Laut, Lingkungan dan Pengaruhnya terhadap Korosi”, Serpong Tangerang. Publitbang LIPI.
- Supriyanto. 2007. “Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah”, Surakarta.
- Surdia, Tata. Saito Shinroku. 1995. “Pengetahuan Bahan Teknik”, Jakarta. PT
- Pradya Paramita. PT Perja.
- Trethewey, Kenneth R dan Chamberlain, Jhon. 1991. “*Korosi*”. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama.