

PENGARUH KONSENTRASI KLORIDA TERHADAP LAJU KOROSI INTERNAL PIPA BAJA API 5L GRADE MENGGUNAKAN METODE PENGUKURAN METAL LOSS DENGAN ULTRASONIC

Supriyadi^{a*}

^a Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Soerjo Ngawi
Email: pri_03us@yahoo.com

Abstrak

Penyaluran minyak umumnya menggunakan material pipa baja karbon. Permasalahan dalam penggunaan material tersebut terkait dengan korosi dan biasanya terjadi kebocoran akibat pengaruh konsentrasi ion klorida. Tujuan penelitian dilakukan untuk mengetahui laju korosi yang diperoleh menggunakan pengujian metode pengukuran metal loss dengan ultrasonic thickness meter. Penelitian dilakukan dengan variasi konsentrasi klorida 1%, 2% dan 3% dalam larutan air. Metode pengujian menggunakan peralatan ultrasonic thickness meter yang dilakukan di lapangan secara random dan berdasarkan general metal loss diperoleh nilai rata-rata laju korosi 0.174 mm/year. Laju korosi internal pipa baja karbon API 5L Grade B cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi klorida dalam media larutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pipa baja karbon API 5L Grade B memiliki ketahanan korosi yang cukup pada fluida dengan konsentrasi klorida 1%, 2% dan 3.5%.

Kata kunci: Konsentrasi klorida, Laju korosi, Metal loss

Abstract

Oil distribution generally uses carbon steel pipe material. Problems the use of these materials are related to corrosion and leakage usually occurs due to the effect of chloride ion concentration. The purpose of study was conducted to determine the corrosion rate obtained using metal loss measurement methods with ultrasonic thickness meters. The study was conducted with variations in the concentration of chloride 1%, 2% and 3% in the test solution. The testing method uses ultrasonic thickness meter equipment is carried out in the field randomly and based on general metal loss, the average corrosion rate is 0.174 mm / year. The internal corrosion rate of API 5L Grade B carbon steel pipe tends to increase with increasing chloride concentration in solution media. The results showed that the API 5L Grade B carbon steel pipe had sufficient corrosion resistance to fluids with chloride concentrations of 1%, 2% and 3.5%.

Keywords: Chloride concentration, corrosion rate, metal loss

1. Pendahuluan

Untuk menjaga sistem penyaluran produksi minyak dan gas, maka seluruh unit-unit peralatan yang dilalui oleh fluida reservoir (minyak, kondensat, gas dan air terproduksi) atau sistem yang menggerakkan harus tetap dalam keadaan baik, tidak berdampak negatif terhadap keselamatan kerja dan lingkungan sampai ke tempat pemakai akhir (*end user*).

Tingkat korosi yang terjadi pada internal pipa penyalur pada fasilitas produksi minyak dan gas bumi berhubungan dengan korosifitas dari fluida yang mengalir didalamnya, sementara yang menjadi faktor permasalahan di atas juga hasil produksi terkini memiliki persentase 10% minyak dan 90% *water cut*. Umumnya kondisi fluida dengan hanya satu fasa yang mengalir didalam pipa mempunyai tingkat korosi yang lebih rendah dibandingkan fluida dengan lebih dari satu fasa (multifasa) yang mengalir didalam pipa tersebut, utamanya jika terdapat konsentrasi ion – ion agresif seperti ion klorida (Cl^-), ion sulfat (SO_4^{2-}) dan pH serta gas – gas korosif sebagai produk ikutan dari sumur seperti CO_2 dan H_2S . Perubahan dari jenis fluida yang mengalir pada pipa tentunya akan berakibat pada perubahan tingkat korosi yang terjadi, apakah semakin buruk ataukah semakin baik.

Baja karbon API 5L Grade B yang banyak digunakan sebagai pipa penyalur di industri minyak dan gas bumi di

Indonesia, khususnya pada pipa penyalur minyak salah satu perusahaan minyak dan gas nasional di daerah Jawa Tengah sering mengalami bocor yang terjadi sekitar 300 meter dari pompa transfer minyak dan sepanjang 350 meter sebanyak 6 titik.

Berdasarkan referensi di lapangan untuk penanggulangan kebocoran pada pipa tersebut adalah dengan melakukan perbaikan secara *tack welding* dibagian luar pipa yang bocor. Penanggulangan kebocoran tersebut diyakini tidak akan menyelesaikan masalah tersebut secara permanen. Berdasarkan hasil analisa kimia air terproduksi memiliki kadar klorida (Cl^-) yang tinggi. Cl^- atau *chloride* merupakan salah satu senyawa paling agresif terutama dalam keadaan terlokalisasi pada suatu tahap proses. Jika tidak ditangani dengan serius, korosi akibat *chloride* (Cl^-) pada baja karbon akan mengakibatkan *deteriorasi* (penurunan logam) yang cukup membahayakan seperti *stress corrosion cracking* (SCC), *crevice corrosion*, *pitting corrosion* dan *uniform corrosion*.

Pengukuran laju korosi yang telah berkembang sedemikian jauhnya sehingga bisa dilakukan dengan berbagai metode. Pengukuran ketebalan dinding pipa secara berkala menjadi salah satu solusi yang praktis dan cukup

akurat untuk dilakukan di lapangan. Pemeriksaan NDT dengan menggunakan metode *Ultrasonic Testing* bisa dimanfaatkan untuk mendapatkan data ketebalan pipa secara ekstrusif [4]. Dalam berbagai standard internasional untuk inspeksi sistem perpipaan seperti API 570 dan API 579, penggunaan *Ultrasonic Thickness* untuk mengukur ketebalan menjadi sesuatu yang dipersyaratkan untuk memenuhi kriteria *assessment* [7].

Penggunaan baja karbon API 5L Grade B untuk pipa penyalur yang dialiri *dual phase* fluida (minyak dan air formasi) seringkali menimbulkan masalah karena air formasi tersebut memiliki konsentrasi klorida yang tinggi sehingga dapat menimbulkan kebocoran dan mengurangi *design life* pipa tersebut. Bagian dalam pipa penyalur banyak mengalami korosi baik *uniform corrosion* maupun *pitting corrosion* mengingat karakteristik air formasi juga mengandung pasir.

Masalah - masalah seperti tersebut di atas sebenarnya dapat diantisipasi dengan mengetahui besaran laju korosi pada baja karbon akibat pengaruh konsentrasi klorida dan melakukan inspeksi serta *assessment* terlebih dahulu pada pipa penyalur tersebut.

Pada dasarnya banyak hal yang mempengaruhi laju korosi pada baja karbon yang digunakan dalam pipa penyalur minyak yaitu diantaranya yang menjadi pokok perhatian dalam penelitian adalah konsentrasi klorida pada lingkungan larutan air formasi. Tujuan penelitian dilakukan adalah :

Untuk mengetahui laju korosi internal pada pipa baja API 5L Grade B dengan metode pengukuran penipisan logam (*metal loss*) dengan *Ultrasonic Thickness*.

Korosi merupakan degradasi dari material yang diakibatkan oleh reaksi kimia dengan material lainya dan lingkungan[5]. Akibat adanya reaksi korosi, suatu material akan mengalami perubahan sifat ke arah yang lebih rendah atau dapat dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang. Dalam bidang metalurgi, peristiwa korosi dapat dipandang sebagai suatu peristiwa atau reaksi senyawa kembali ke bentuk asalnya atau bisa disebut sebagai kebalikan dari proses metalurgi ekstraksi.

Peristiwa korosi terjadi akibat adanya reaksi kimia dan elektrokimia. Namun, untuk terjadinya peristiwa korosi terdapat beberapa elemen utama yang harus dipenuhi agar reaksi tersebut dapat berlangsung. Elemen-elemen utama tersebut adalah sebagai berikut[6]:

- Material
- Lingkungan
- Reaksi antara material dan lingkungan
- Elektrolit

Jenis – Jenis Korosi

Jenis-jenis korosi yang terjadi pada suatu material dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar. Jenis korosi yang umum terjadi, antara lain[4]:

- (1) Korosi *Uniform*

Korosi *uniform* merupakan jenis korosi yang diharapkan terjadi pada logam

- (2) Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)

Pada korosi sumuran, area anoda pada permukaan logam terlokalisasi pada suatu tempat sehingga korosi yang terjadi hanya pada daerah tersebut. Korosi sumuran merupakan korosi yang paling sering menyerang logam dengan keadaan permukaan:

- Mengalami kerusakan lapisan protektif (lapisan pasif) akibat perlakuan mekanik maupun kimia.
- Memiliki cacat bentuk yang diakibatkan oleh dislokasi atau slip akibat tegangan tarik.
- Memiliki komposisi kimia yang heterogen.
- Adanya inklusi, segregasi, atau presipitasi.

- (3) Korosi Erosi

Korosi erosi yang terjadi akibat pergerakan relatif antara fluida korosif dengan permukaan logam. Cavitasi merupakan salah satu jenis korosi erosi. Cavitasi disebabkan oleh pecahnya gelembung udara yang dihasilkan karena perubahan tekanan disepanjang permukaan yang terekspose fluida dengan kecepatan tinggi. Ledakan menghasilkan ledakan bertekanan yang sangat tinggi yang mengganggu lapisan film dan bisa mengeluarkan partikel dari logamnya.

Fretting juga merupakan salah satu jenis dari korosi erosi. Erosi disebabkan oleh pergerakan yang berulang, bisa juga dari getaran, antara logam dan padatan yang lainnya.

- (4) Korosi Galvanik,

Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi apabila dua logam yang berbeda potensialnya saling terhubung secara elektrik, atau terhubung dalam suatu elektrolit.

- (5) Termodinamika Korosi,

Termodinamika adalah suatu ilmu yang mempelajari perubahan energi dalam suatu sistem. Dalam suatu sistem korosi, termodinamika dapat dipakai untuk mengetahui apakah logam dapat bereaksi secara spontan dengan lingkungannya.

Laju Korosi

Laju korosi didefinisikan sebagai banyaknya logam yang dilepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu.

Tabel 1. Hubungan laju korosi dan ketahanan korosi [5,6]

Ketahanan Korosi Relatif	Laju Korosi				
	mpy	mm/yr	µm/yr	Nm/hr	Pm/s
Sangat Baik	< 1	< 0,02	< 25	< 2	< 1
Baik	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10	1 - 5
Cukup	5 – 20	0,1 – 0,5	100 - 500	10 – 50	20 - 50
Kurang	20 – 50	0,5 - 1	500 – 1000	50 – 150	20 – 50
Buruk	50 - 100	1 - 5	1000 - 5000	150 - 500	50 - 100

Pengukuran laju korosi pada skala laboratorium membutuhkan dua komponen dasar yaitu metodologi laboratorium, untuk mensimulasikan kondisi korosif dan sebuah teknik monitoring untuk menghitung laju korosi yang telah disimulasikan dengan metodologi laboratorium.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

- Bahan yang digunakan adalah baja karbon dengan tebal ± 6.0 mm yang diperoleh dari PT.Pertamina EP Asset 4 Field Cepu.
- Sampel larutan air formasi dengan kadar klorida 1%, 2% dan 3.5%.
- Nital 2% untuk etsa.
- Resin untuk mounting uji metal.
- 100 ml Asam Sulfat (H_2SO_4), 3 menit pada suhu kamar untuk pickling

2.2 Alat yang digunakan

- Tabung sel polarisasi
- Elektroda standar kalomel
- Elektroda bantu (grafit)
- Jembatan garam
- Komputer yang dilengkapi dengan program AUTOLAB
- Mesin amplas dan kain amplas
- Alat pemotong logam (gerinda)
- Ultrasonic thickness meter

2.3 Persiapan Larutan dan Sampel

Material awal dipotong dengan ukuran $\Phi 100 \times 100 \times 6.0$ mm sebanyak 1 buah. Bentuk dan ukuran sampel seperti ditunjukkan gambar 1.



Gambar 1. Sampel pipa

Bagian material pipa yang dipotong di bagian atas dan tengah merupakan bagian kritis dimana terdapat area *pitting corrosion* dan titik kebocoran. Untuk mengetahui sebaran area *pitting corrosion* dilakukan pemotongan pipa menjadi dua bagian pada posisi 1 atau 90° seperti ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 2. Tampak Atas Pipa

Larutan uji yang digunakan pada pengujian ini adalah larutan air yang memiliki konsentrasi klorida 1%, 2% dan 3.5%. Sampel larutan tersebut dilakukan uji komposisi air dengan menggunakan metode titrimetri dan spectrometri yang telah dilakukan oleh laboratorium kimia Asset 4 PT. Pertamina EP Field Cepu.

Selanjutnya untuk mendapatkan larutan air 2% dan 3.5% dilakukan dengan penambahan NaCl 10 gram dan 25 gram per liter hingga didapatkan konsentrasi klorida yang diinginkan.

2.4 Pengujian Ultrasonic Thickness

Pengukuran ketebalan pipa dilakukan secara random dengan *Ultrasonic Thickness* untuk mengetahui kondisi material pipa baja karbon yang terpasang di lapangan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Operasional

Data pipa penyalur ditunjukkan dalam table 2.

Table 2. Data Pipa Penyalur

Peralatan	Pipa Penyalur
Lokasi	SPU Nglobo
Fluida yang dialirkan	Minyak (Crude oil) + Air Formasi
Diameter Pipa	4 Inchi.
Material Pipa	API 5L Grade B
Panjang Pipa	+/- 350 meter
Konstruksi Sambungan	Welded
Sistem Proteksi Pipa	Coating
Tahun Konstruksi	2008
Tekanan Design	430 psi
Temperatur Design	50 °C
Tekanan Operasional	145 psi
Temperatur Operasional	37 °C

Pipa penyalur digunakan untuk mengalirkan minyak (*crude oil*) dari SPU Nglobo menuju ke PPP (Pusat Pengumpul Produksi) dan beroperasi secara intermitten, dengan tekanan operasi bervariasi. Kondisi konstruksi jalur

pipa yaitu *aboveground* tetapi saat ini banyak yang tertimbun setengahnya.

3.2 Hasil Pengujian Ultrasonic Thickness

Dari hasil pengukuran ketebalan pipa dilakukan secara random diperoleh data dengan minimum ketebalan (*thickness*) yang digunakan untuk perhitungan laju korosi berdasarkan *metal loss* ditunjukkan pada table 3.

Tabel 3. Data laju korosi pipa

Test Location	Min Thickness	Corr. Rate (mm/year)
1	6,35	0,084
2	6,38	0,078
3	6,1	0,134
4	4,25	0,504
5	5,05	0,344
6	6,2	0,114
7	6,14	0,126
8	6,178	0,119
9	6,25	0,104
10	6,1	0,134

Dari data di atas dihasilkan rata – rata nilai laju korosi berdasarkan *general metal loss* adalah 0.174 mm/year (6.8 mpy).

Sementara dari sampel pipa yang diamati juga terdapat indikasi adanya *localized corrosion* berada di sekitar daerah yang bocor, oleh karena itu minimum *thickness* pada area ini juga dilakukan pengukuran untuk mendapatkan nilai laju korosi seperti table 4.

Tabel 4. Data laju korosi pipa yang mengalami *localized corrosion*

Test Location	Min Thickness	Corr. Rate (mm/year)
1	2,8	0,794
2	2,3	0,894
3	1,2	1,114
4	3,1	0,734
5	0	1,354
6	0	1,354

Dari data di atas dihasilkan rata – rata nilai laju korosi berdasarkan *localized corrosion* adalah 1.04 mm/year (40.96 mpy).

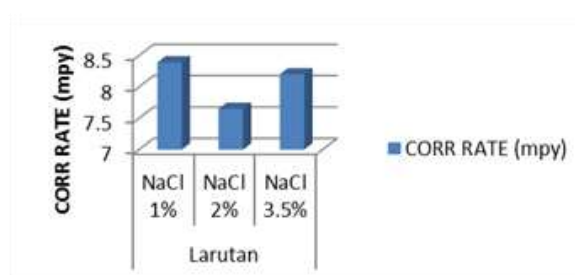
3.3 Hasil Pengujian Konsentrasi Klorida terhadap Laju Korosi

Hasil pengujian pipa Baja karbon API 5L Grade B disajikan pada tabel 5. Laju korosi yang didapat terlihat bahwa pada pengujian dengan konsentrasi klorida 2% lebih lambat dibanding dengan laju korosi dengan konsentrasi klorida 1% dan 3.5%. Profil laju korosi yang dapat diamati cenderung mengalami peningkatan akan tetapi hal ini juga

dipengaruhi oleh kation dan anion lain yang ada dalam larutan air formasi tersebut.

Tabel 5. Laju korosi material API 5L Grade B

API 5L Grade B	Larutan		
	NaCl 1%	NaCl 2%	NaCl 3.5%
CORR RATE (mm/year)	0.2132	0.1944	0.20924
CORR RATE (mpy)	8.39	7.65	8.2



Gambar 3. larutan NaCl vs Corr Rate (mpy)

Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa laju korosi larutan NaCl 1% lebih tinggi dibanding larutan NaCl 2% dan 3,5%. Namun kecenderungan laju korosi makin meningkat seiring dengan adanya peningkatan konsentrasi larutan NaCl, mengingat larutan NaCl 3.5% merupakan batas optimum terjadinya laju korosi yang lebih tinggi.

Kelarutan oksigen dipengaruhi oleh kadar klorida dimana kelarutan optimumnya terjadi pada konsentrasi klorida 3% sebagaimana ditunjukkan dalam table di atas. Dengan demikian laju korosi maksimum terjadi pada konsentrasi ion klorida tersebut. Konsentrasi NaCl dalam larutan akan sangat berpengaruh terhadap laju korosi baja karbon dalam larutan tersebut. Peningkatan konsentrasi NaCl dalam larutan akan meningkatkan konduktifitas larutan sehingga meningkatkan laju korosi. Namun sebaliknya, peningkatan konsentrasi NaCl akan mengurangi kelarutan agen pereduksi dalam larutan sehingga akan menurunkan laju korosi baja karbon dalam larutan tersebut. Oleh karena itu, konsentrasi NaCl dapat meningkatkan dan menurunkan laju korosi baja karbon dalam larutan tersebut tergantung pada pengaruh yang dominan yang ditimbulkan oleh konsentrasi NaCl tersebut.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Laju korosi hasil pengujian sampel larutan air formasi dengan konsentrasi klorida 1%: 8.39 mpy, konsentrasi klorida 2% : 7.65 mpy dan konsentrasi klorida 3.5%: 8.2 mpy.

- b. Laju korosi hasil pengukuran penipisan logam (*metal loss*) dengan *ultrasonic thickness* rata – rata adalah 6.8 mpy. Sedangkan laju korosi di area yang mengalami *localized corrosion* 5 – 6 x lebih cepat yaitu sekitar 40.96 mpy.
- c. Komparasi hasil perhitungan laju korosi pada area yang mengalami *localized corrosion* tidak dapat dijelaskan karena tidak dilakukan pengujian polarisasi lanjutan dengan metode *potensiodynamic*. Dimana dengan metode ini dapat diketahui karakter aktif pasif dari sistem logam – larutan yang diukur sesuai dengan mekanisme terjadinya korosi tersebut.

Daftar Pustaka

- American Petroleum Institute. 2000. API Recommended Practice 579, “*Fitness for Service*”. Houston, United State.
- Fontana. Mars. G, *Corrosion Engineering, 3rd Edition*. Houston : McGraw-Hill, 1986.
- Ismail N. Andijani¹, Mohammad Mobin , “*Studies on The Determination of Maximum Chloride Level in Product Water Transmitted Through Pipeline*”. Saline Water Desalination Institute, Journal. August. 2005.
- Jones. Denny A, *Principles and Prevention of Corrosion*, Maxwell Macmillan, Singapura, 1992.
- L. Pan , S.H. Tang, J.W. Hao, “*Failure Analysis of A Rotating Cantilever Shaft in Chloride Corrosive Environment*”, Journal. May. 2005.
- Mario, Marcelleus, “*Studi Penambahan beras ketan hitam sebagai Inhibitor Organik dengan konsentrasi 500 GPL pada baja SPCC pada lingkungan Air Tanah*” Skripsi, Universitas Indonesia. Depok. 2010.
- Nakarin Srisuwan, Nathalie Ochoa, Nadine Pe`be`re, Bemard Tribollet, “*Variation of Carbon Steel Corrosion Rate with Flow Conditions In The Presence of An Inhibitive Formulation* “, Journal. February. 2008.