ANALISIS KOROSI PIPA BAJA KARBON API 5L-X65 DENGAN METODA PEMBEBANAN TIGA TITIK PADA LINGKUNGAN GAS H₂S DAN CO₂ JENUH DI DALAM LARUTAN ASAM ASETAT

NENDI SUHENDI ^{*1}, DARMAWAN HIDAYAT¹, LIU KIN MEN², SETIANTO²

¹Departemen Teknik Elektro, FMIPA, Universitas Padjadjaran

²Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat

* email : n.suhendi@unpad.ac.id

Abstrak. Pada penelitian pipa baja karbon API 5L-X65 digunakan rumah sampel dengan spesimen tiga titik pembebanan berada lingkungan gas CO₂ dan H₂S jenuh dalam larutan asam asetat, maka akan terjadi peristiwa fenomena korosi. Sedangkan fenomena korosi yang terjadi adalah korosi retak tegang (SCC, *Stress Corrosion Cracking*), adalah suatu peristiwa pembentukan dan perambatan retak dalam pipa logam yang terjadi secara simultan antara tegangan yang bekerja pada bahan dengan lingkungan yang korosif (*sweet gas*). Pada pemipaan jalur migas akan menjadi masalah, karena pada industri minyak bumi dan gas dapat menghambat proses produksi. *Sweet gas* pada tekanan yang tinggi akan mengakibatkan korosi retak tegangan dan akan mengakibatkan pipa itu pecah. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh sampel yang berbeda dengan defleksi yang sama dalam variasi waktu paparan maka laju korosinya makin lama makin kecil karena terhalang materi pembentuk korosi. Berdasarkan analisa mikrostruktur, sampel pipa baja karbon terjadi korosi retak tegangan baik korosi transgranular ataupun korosi intergranular. Hasil pengukuran diperoleh kedalaman cracknya 66,72 µm (0,06672 mm) untuk waktu paparan 672 jam, 93,00 µm (0,093 mm) untuk waktu paparan 1008 jam dan 143,01µm (0,14301 mm) untuk waktu paparan 1344 jam dengan defleksi 0,015 m. Berdasarkan hasil SEM-EDX bahwa pipa baja karbon API 5L-X65 sudah terdapat pemicu terjadinya korosi yang ditandai dengan terbentuknya *void*, diduga berasal dari adanya zat cair yang terjebak

Kata kunci : korosi retak tegangan, sweet gas, spesimen tiga titik pembebanan

Abstract. In the study of 5L-X65 carbon steel pipe used a sample house with a three-point specimen of loading is on CO₂ and saturated H₂S gas in acetic acid solution, it will occur the phenomenon of corrosion. Stress corrosion cracking (SCC) is an event of crack formation and propagation in a metal pipe that occurs simultaneously between stresses acting on a corrosive material (sweet gas). If the piping of the oil and gas lines will become Problem, because in the oil and gas industry can hinder the production process. When sweet gas at high pressure will be fine corrosion crack voltage and will pipe it broke. From different research results with the same deflection in the variation of exposure time, the corrosion rate is getting smaller and smaller because there are obstructed corrosion-forming material. Corrosion leakage cracks. Neither transgranular corrosion or intergranular corrosion based on microstructural analysis. And the crack depth is 66,72 µm (0.06672 mm) for exposure time of 672 hours, 93,00 µm (0,093 mm) for exposure time 1008 hours and 143,01µm (0,14301 mm) for exposure time 1344 hours with deflection 0.015 M. And based on SEM-EDX results that carbon steel pipe API 5L-X65 already there is a corrosion trigger, because there is liquid trapped void formed.

Keywords : corrosion stress cracking , sweet gas, specimen three-point loading

1. Pendahuluan

Dari hasil penelitian bahwa pipa baja karbon 17H1S dan pipa baja karbon API 5L-X60 akan terdegradasi, yaitu diuji dalam larutan NS_4 dengan CO_2 jenuh terungkap bahwa rentan terhadap korosi retak tegangan. Dan sifat mekanik pipa baja karbon X60 terdegradasi menunjukkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap korosi retak tegangan dari pada pipa baja karbon 17H1S. Berdasarkan hasil pengamatan dengan fractografik bahwa baja pipa karbon akibat proses embrittlement hidrogen maka terjadi korosi retak tegangan, yaitu akibat disebabkan oleh atom hidrogen yang meresap kedalam pipa baja karbon [7].

Ketahanan korosi yang tinggi pada pipa baja karbon tahan karat (super martensit) pada umumnya digunakan dalam industri minyak dan gas, yaitu terutama di lingkungan asam. Namun ada beberapa yang rentan dengan adanya hidrogen dan mekanisme proses korosi terjadi dengan adanya H_2S serta tergantung pada pH. H_2S akan berdifusi merembes di sepanjang struktur logam maka akan terbentuk pori logam sulfida karena bereaksi pada permukaan logam, sehingga akan membebaskan hidrogen terikat dengan sulfur yang dapat diserapnya dan hidrogen yang ada dalam larutan H_2S secara tidak langsung menyebabkan kegagalan [8].

Hal ini menyebabkan hilangnya sifat mekanik awal terutama ketahanan terhadap patah getas, yaitu berdasarkan perhitungan teknik pada tahap desain pipa. Pada waktu bersamaan korosi retak tegang telah diidentifikasi sebagai salah satu kegagalan dominan dalam pipa baja karbon di lingkungan lembab, yaitu akan menyebabkan pecahnya pipa transmisi gas bertekanan tinggi serta kerugian ekonomi yang serius dan bencana [7].

Penelitian laju korosi pada pipa baja karbon API 5L-Grade B pada di lingkungan gas H_2S kondisi CO_2 jenuh dalam larutan NaCl (Nendi Suhendi Syafei, 2014), laju korosi pada pipa baja karbon API 5L-Grade B di lingkungan gas H_2S dan kondisi CO_2 jenuh dalam larutan NaCl dan larutan asam asetat [3], kajian korosi retak tegangan akibat sweet gas (H_2S dan CO_2) pada pipa baja karbon API 5L-X65 terhadap laju korosi dalam larutan asam asetat [4].

Gambar 1. Bentuk holder dan pemasangan specimen uji (ASTM G39)

Untuk membuat rumah sampel diperlukan lembaran baja berupa pelat atau flat extruded section yang berpenampang lintang persegi panjang. Selain itu dapat juga digunakan besi cor atau besi dalam bentuk balok seperti terlihat pada Gambar 1. Material yang akan diuji diiris dalam bentuk tipis kemudian ditebuk pada kedua ujungnya sehingga mendapatkan tegangan, dan besarnya tegangan dapat diatur dengan memberikan lendutan melalui skrup yang digerakkan dengan ulir seperti pada Gambar (1.b). Dan penelitian ini menggunakan plat baja karbon API 5L-X65

dengan panjang 12,5 cm, lebar 2 cm dan tebalnya 2 mm disimpan pada holder spesimen tiga titik pembebanan seperti pada Gambar (1.a) dimasukkan kedalam ruang chamber uji korosi sebanyak 3 sampel uji korosi dengan variasi defleksi seperti pada Gambar (1.c) [4].

2. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan bahwa plat baja karbon API 5L-X65 tersimpan dalam holder kemudian dimasukkan kedalam ruang chamber berisi larutan asam asetat 250 ml dan 4750 ml aquades seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Populasi sampel uji korosi setiap variasi waktu terdiri tiga buah plat baja karbon API 5L-X65 dengan tiga variasi defleksi, sedangkan berat sebelum dan sesudah diuji korosi ditimbang.

Gambar 2. Ruang chamber uji korosi

Data yang diperoleh berdasarkan berat sebelum dan sesudah diuji korosi diperoleh untuk menghitung laju korosinya, dan sampel uji tersebut kemudian diuji dengan menggunakan mikrostruktur akan terlihat bahwa gambar plat baja karbon terjadi korosi serta panjang cracknya. Penelitian ini perlu dikembangkan dengan menggunakan metoda ultrasonik untuk mengetahui panjang crack yaitu berdasarkan pantulan gelombang yang mengenai permukaan plat baja karbon. Dan plat baja karbon API 5L-X65 yang berada dalam ruang chamber uji korosi diisikan gas CO_2 kondisi jenuh, dan diisikan pula gas H_2S selama 10 menit dengan selang dua hari sekali seperti pada data Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

3. Hasil dan Pembahasan

Dan berdasarkan dari hasil penelitian diperoleh seperti pada tabel 1, dan hasil dari perhitungan laju korosi seperti pada tabel 2.

Tabel 1. Laju Korosi Variasi Defleksi dan Variasi Waktu Dalam Larutan aquades 4,75 liter, asam asetat 0,25 liter (5,2632 %), H_2S dan CO_2 Jenuh Pada Suhu Ruang

No	P (mm)	L (mm)	T (mm)	Dalam (mm)	M awal (gram)	M akhir (gram)	Defleksi (m)	Waktu (jam)	Δm (mg)	Laju Korosi (mm/yr)
1	125.2	23.2	2.2	0.2	46.05	42.65	0.015	720	3400	918.6085784
2	124.6	23.3	2.2	0.2	44.07	41	0.015	1008	3070	592.7618843
3	124.65	23.25	2.3	0.2	46.17	42.5	0.015	1344	3670	532.3876168
4	125	23	2.25	0.6	44.98	41.6	0.015	720	3380	922.619745

5	125.15	23.25	2.3	0.4	46.33	44.33	0.01	720	2000	539.411347
6	125.1	23	2.3	0.5	45.63	43.6	0.01	1008	2030	395.4820257
7	125.2	23.15	2.25	0.45	46.01	42.45	0.015	1008	3560	688.5104426
8	124.9	23.15	2.3	0.35	45.06	42.4	0.01	1344	2660	386.7633596
9	124.8	23.05	2.3	0.6	45.86	41.7	0.015	1344	4160	607.9739015

Tabel 2. Laju Korosi dengan Variasi Waktu dan Variasi Defleksi

No	Waktu(jam)	Laju	
		Korosi(mmpy)	Defleksi(m)
1	672	918.6085784	0.015
	1008	592.7618843	0.015
	1344	532.3876168	0.015
2	672	539.411347	0.01
	1008	395.4820257	0.01
	1344	386.7633596	0.01
3	672	922.619745	0.015
	1008	688.5104426	0.015
	1344	607.9739015	0.015

Tabel 3. Besarnya Regangan

No	E (N/m ²)	t (m)	y (m)	H		
				(m)	H ² (m ²)	σ (N/m ²)
1	2.05E+11	0.0015	0.01	0.097	0.009409	1960888511
2	2.05E+11	0.0015	0.015	0.097	0.009409	2941332767

Gambar 3. Grafik laju korosi terhadap variasi waktu paparan(jam) dengan defleksi 0,015 m (Crack digaris no, 1 tabel 2 ditengah-tengah sampel uji)

Gambar 4. Grafik laju korosi terhadap variasi waktu paparan(jam) dengan defleksi 0,015 m (Crack digaris no, 1 tabel 2 ditengah-tengan sampel uji)

Gambar 5. Grafik laju korosi terhadap variasi waktu paparan(jam) dengan defleksi 0,015 m (Crack titik no. 3 tabel 2 ditengah-tengan sampel uji)

Berdasarkan dari Tabel 1 dan Tabel 2 diplot seperti pada Gambar 3, dan Gambar 4 Gambar 5 diperoleh bahwa laju korosinya makin lama makin menurun dalam hal ini diakibatkan crack yang ada tertutupi oleh material korosi.

Gambar 6. Tanda no. (1) Panah menunjukan korosi SCC Transgranular, Tanda no. (2) Warna merah menunjukan korosi SCC intergranular

Berdasarkan mikrostruktur terlihat seperti pada Gambar 6 bahwa korosi retak tegangan terjadi, yaitu bahwa yang diberi tanda warna merah no. 2 merupakan korosi retak tegangan intergranular, dan tanda no. 1 merupakan korosi retak tegangan transgranular.

Gambar 7. Kedalaman crack yang digaris defleksi 0,015 m (a) 71,95 μm waktu paparan 672 jam (b) 93,00 μm waktu paparan 1008 jam (c) 141,03 μm waktu paparan 1344 jam

Gambar 8. Kedalaman crack yang dititik defleksi 0,015 m (a) 66,72 μm waktu paparan 671 jam (b) 103,37 μm waktu paparan 1008 jam (c) 284,41 μm waktu paparan 1344 jam

Tabel 4. Data Waktu paparan (jam) terhadap kedalaman crack (μm)

Defleksi (m)	Waktu Paparan (jam)	Kedalaman (μm)
0,015 m Garis	672	71.95
	1008	93
	1344	141.03
0,015 m titik	672	66.72
	1008	103.37
	1344	284.41

Pada Gambar 7 bahwa kedalamannya crack yang terjadi untuk crack yang berbentuk garis ditengah-tengah sampel uji, dan Gambar 8 untuk crack yang berbentuk titik ditengah-tengah sampel uji dengan datanya seperti pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4 diplot ternyata makin lama waktu paparan sampel uji berada dalam lingkungan korosif maka kedalaman crack yang terjadi semakin dalam.

Gambar 9. Grafik SEM-EDX dari baja karbon API 5L-X65 sebelum diuji korosi.

Berdasarkan Gambar 9 data mikrostruktur kondisi awal baja karbon API 5L-X65 dan hasil SEM-EDX, maka diduga pada saat pembuatan awal dalam proses pendinginannya ada yang terjebak zat cair sehingga membentuk void dan ternyata diduga sudah terdapat pemicu awal terjadinya korosi dengan adanya unsur oksigen 6,198 %.

4. Kesimpulan

Pada penelitian bahwa baik sampel uji yang ada crack ditengah-tengahnya, yaitu crack berbentuk garis maupun berbentuk titik berada pada larutan asam asetat (lingkungan kondisi CO₂ dalam keadaan jenuh dan H₂S) terjadi korosi retak tegangan intergranular dan transgranular seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Laju korosinya makin lama makin menurun seperti ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan dalamnya crack makin lama waktu paparan sampel uji dengan defleksi 0,015 m berada dalam larutan asam asetat (lingkungan kondisi CO₂ dalam keadaan jenuh dan H₂S) maka dalamnya crack makin dalam seperti pada Tabel 4.

Berdasarkan Gambar 9 bahwa kondisi baja karbon API 5L-X65 sebelum sampel uji diperlakukan berada dalam lingkungan kondisi CO₂ dalam keadaan jenuh dan H₂S pada larutan asam asetat, dan ternyata sudah ada void sebagai pemicu akan terjadi peristiwa korosi akibat pada proses produksi saat pendinginan ada zat cair yang terjebak didalamnya.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih bahwa penelitian ini didanai dari hibah internal Unpad ((HIU) dengan No. kontrak 872/un6.3.1/LT/2017.

Daftar Pustaka

1. A. M. Brass, J. Chene, A. B. Forveille, Corrosion Sci., Vol. 38 (1966) p. 569.
2. Callister, D. William, Materials Science an Engineering: an Intruduction 7th ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.(2007).
3. N. Suhendi, S. Suryaningsih, O. Nurhilal, Kajian Korosi Retak Tegangan akibat sweet gas (H₂S dan CO₂) pada Pipa Baja Karbon, FMIPA Universitas Padjadjaran, Nopember 2014.
4. N. Suhendi, Zaida, L. K. Men, Kajian Korosi Retak Tegangan akibat sweet gas (H₂S dan CO₂) pada pipa baa karbon API 5L-X65 terhadap Laju Korosi dalam Larutan Asam Asetat dan Dianalisis dengan Metoda Ultrasonik, Program Studi Teknik elektro FMIPA Universitas Padjadjaran, Desember 2016.
5. N. Suhendi, D. Hidayat, B. Y. Tumbelaka, Zaida, L. K. Men, Analisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H₂S Kondisi Jenuh CO₂ dalam Larutan Asam Asetat, Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri, ITN Malang (2017) p. 1-5 .
6. N. Suhendi, D. Hidayat, B. Y. Tumbelaka, M. taufik, Karakteristik Pipa Baja Karbon API 5L-X65 dengan Metoda Pembebanan Tiga Titik pada Lingkungan Gas H₂S Kondisi Jenuh CO₂ dalam Larutan Asam Asetat, Prosiding Seminar Nasional Energi dan Teknologi (Seinergi) Unisma Bekasi (2017) p. 33-39.
7. O. I. Zvirko , S. F. Savula , V. M. Tsependa , G. Gabetta , H. M. Nykyforchyn. Stress corrosion cracking of gas pipeline steels of different strength, 21st

- European Conference on Fracture, ECF21, Catania, Italy. *Procedia Structural Integrity* Vol. 2 (2016) p. 509–516.
8. M. Monnota, R. P. Nogueira, V. Roche, G. Berthomé, E. Chauveau, R. Estevez, M. Mantel, Sulfide stress corrosion study of a super martensitic stainless steel in H₂S sour environments: Metallic sulfides formation and hydrogen embrittlement, *Applied Surface Science* Vol. 394 (2017) 132–141.