

# **PENGARUH pH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON ST-37 LINGKUNGAN HIDROGEN SULFAT** (Syafaruddin Siregar, Uum Sumirat, Agus Solehudin,)

## **PENGARUH pH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON ST-37 DALAM LINGKUNGAN HIDROGEN SULFAT**

**Syafaruddin Siregar<sup>1)</sup>, Uum Sumirat<sup>2)</sup>, Agus Solehudin<sup>3)</sup>**

<sup>1),2),3)</sup> Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK - UPI

### **ABSTRAK**

**PENGARUH pH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON ST-37 LINGKUNGAN HIDROGEN SULFAT.** Pengujian korosi dilakukan dalam sebuah media simulasi dari gelas kimia pada berbagai rentang pH sebesar 3,5 – 6, waktu 2 – 10 jam pada temperatur kamar. Baja karbon yang digunakan sebagai bahan uji adalah ST-37. Berdasarkan hasil percobaan menunjukkan bahwa laju korosi meningkat seiring dengan meningkatnya waktu uji dan sebaliknya laju korosi menurun seiring dengan meningkatnya pH. Laju korosi baja ST-37 berada pada rentang 43,91 s/d 184,6 mpy, hal ini menunjukkan relatif kurang tahan korosi dalam lingkungan sulfat.

**Kata kunci :** baja karbon, laju korosi, hydrogen sulfat

### **ABSTRACT**

**EFFECT OF pH TO CORROSION RATE OF CARBON STEEL ST-37 IN HYDROGEN SULFAT ENVIRONMENT.** Corrosion tests were conducted in simulation media from chemical glass at several pH and time. Corrosion rates were carried out in the solution test with pH range 3.5 – 6.0 and time range 2 – 10 hours at room temperture. Carbon steels employed as specimen materials were ST-37. Base on the experimental results shown at the corrosion rate increased with the increasing time, and otherwise, corrosion rate decreased with the increasing pH. Range of the corrosion rate of ST-37 were 43.91 – 184.6 mpy. The corrosion resitance of ST-37 carbon stell is poor in hydrogen sulfat environment.

**Key words :** carbon steel, corrosion rate, hydrogen sulfat

### **PENDAHULUAN**

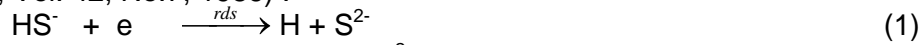
Baja karbon dan paduannya banyak digunakan pada instalasi lingkungan korosif . Sebagai contoh pada instalasi produksi minyak dan gas (MIGAS) , spesi utama yang memicu terjadinya serangan korosi adalah hidrogen sulfida atau hidogren sulfat, karbon dioksida atau hidrogen karbonat, dan senyawa klorida. Diantara *corrodent* tersebut yang paling bermasalah di industri minyak dan gas umumnya adalah serangan oleh hidrogen sulfida atau hidogren sulfat. Keberadaan hidrogen sulfida atau hidogren sulfat di dalam lingkungan *aqueous* dapat menyebabkan korosi pada pipa baja dan menghasilkan endapan padat berupa besi sulfida atau ion yang larut dan menyebabkan korosi merata (*thinning*) atau korosi sumuran (*pitting*).

Terdapat beberapa usulan mengenai mekanisme korosi baja karbon dalam lingkungan H<sub>2</sub>S terlarut atau hidrogen sulfat, diantaranya Bolmer, Lofa dan Batrakov.

Bolmer berpendapat bahwa pada polarisasi katodik besi dalam lingkungan H<sub>2</sub>S-NaHS buffers, terjadi evolusi gas hidrogen dengan melalui reaksi (1) dan (2) di

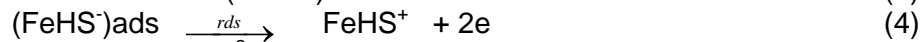
**PENGARUH pH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON ST-37 LINGKUNGAN HIDROGEN SULFAT** (Syafaruddin Siregar, Uum Sumirat, Agus Solehudin,)

atas. Reaksi tersebut mengikuti tahap-tahap sebagai berikut (Journal Corrosion NACE, Vol. 42, No.7, 1986) :



Mekanisme reaksi korosi pada baja yang diusulkan oleh Bolmer, menyatakan bahwa mekanisme korosi tersebut diawali dengan terjadinya reaksi reduksi gas H<sub>2</sub>S yang menghasilkan gas H<sub>2</sub> dan ion HS<sup>-</sup>, kemudian HS<sup>-</sup> direduksi menjadi ion S<sup>2-</sup> yang secara berurutan pada persamaan reaksi (1) dan (2). Ion HS<sup>-</sup> yang terbentuk kemudian mengoksidasi logam besi dan membentuk lapisan besi sulfida, FeS, pada permukaan elektroda. Sebagian FeS yang terbentuk akan dioksidasi lagi menjadi lapisan FeS<sub>2</sub>, seperti pada persamaan reaksi (4) dan (5).

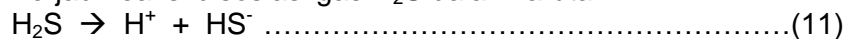
Lofa dan Batrakov menjelaskan bahwa kelarutan besi dalam lingkungan H<sub>2</sub>S mengikuti reaksi sebagai berikut (Journal Corrosion NACE, Vol. 42, No.7, 1986) :



Terdapat perbedaan antara mekanisme korosi sulfidasi yang diusulkan Bolmer dengan Lofa dan Batrakov. Menurut Lofa dan Batrakov menjelaskan bahwa ion HS<sup>-</sup> yang dihasilkan dari disosiasi H<sub>2</sub>S terlarut akan bereaksi dengan logam besi membentuk senyawa ion kompleks negatif (FeHS<sup>-</sup>) yang teradsorpsi pada permukaan logam besi. Kemudian senyawa kompleks tersebut teroksidasi dengan mengikuti persamaan reaksi (9) menghasilkan senyawa kompleks positif (FeHS<sup>+</sup>). Senyawa ion kompleks positif tersebut akan terdisosiasi menjadi ion Fe<sup>2+</sup> dan HS<sup>-</sup>, sehingga membentuk produk korosi FeS atau FeS<sub>2</sub> seperti pada persamaan reaksi (4) dan (5). Disamping itu, terdapat juga perbedaan dari keduanya yaitu pada tahap pengendali laju. Bolmer berpendapat bahwa tahap pengendali laju reaksi korosi sulfidasi yaitu pada persamaan reaksi (6), sedangkan Lofa dan Batrakov pada persamaan reaksi (9).

Selain Bolmer, Lofa dan Batrakov, B.R.D. Gerus, 1974 menjelaskan bahwa mekanisme korosi sulfidasi akibat gas H<sub>2</sub>S dalam lingkungan NaCl atau netral adalah sebagai berikut:

- Terjadi reaksi disosiasi gas H<sub>2</sub>S dalam larutan :



- Terjadi reaksi oksidasi besi pada anoda :



Ion HS<sup>-</sup> dan S<sup>2-</sup> yang dihasilkan dari persamaan reaksi (11) dan (12) kemudian bereaksi dengan ion besi dari persamaan (13) membentuk besi sulfida dengan reaksi sebagai berikut:



Sedangkan di katoda terjadi reaksi evolusi hidrogen :



Sehingga reaksi keseluruhan adalah :



Berdasarkan persamaan reaksi-reaksi yang diusulkan Gerus dapat disimpulkan bahwa mekanisme korosi hampir sependapat dengan Bolmer.

## **PENGARUH pH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON ST-37 LINGKUNGAN HIDROGEN SULFAT** (Syafaruddin Siregar, Uum Sumirat, Agus Solehudin,)

Berdasarkan uraian di atas bahwa lingkungan minyak dan gas yang mengandung gas H<sub>2</sub>S terlarut sangat rentan terhadap korosi material baja, khususnya bagian internal dari pipa baja tersebut.

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **Bahan dan Peralatan**

Benda uji yang digunakan pada percobaan penelitian ini adalah baja karbon ST-37. Bahan zat kimia yang digunakan adalah sebagai berikut : Asam asetat (p.a), Asam klorida (p.a), Pyrite, FeS<sub>2</sub>, Natrium klorida (p.a), Natrium nitrat (p.a), Natrium sulfat (p.a), Natrium asetat (p.a), padatan pyrite (FeS<sub>2</sub>), dan Aqua DM. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah : Sel simulasi uji korosi, gelas ukur, gelas kimia, pipet ukur, thermometer, heater, pH meter, stirrer, timbangan elektrik dan gelas reaksi. Alat pemeriksaan yang digunakan adalah spektrometri dan mikroskop optik.

#### **Prosedur Percobaan Penelitian**

Prosedur percobaan penelitian dimulai dengan pembuatan bahan uji, pembuatan larutan uji korosi, pengukuran luas permukaan sampel, penimbangan berat, percobaan uji korosi dan pemeriksaan hasil uji korosi.

Bentuk dan dimensi sampel baja karbon mengacu pada ASTM G31. Bentuk sampel uji korosi adalah berbentuk balok dengan dimensi 20 x 10 x 2 mm. Pembuatan sampel dengan cara pemotongan dan kemudian dihaluskan permukaannya dengan amplelas sampai grids 800.

Larutan uji dibuat dengan cara melarutkan 350 gr padatan kristal Natrium Klorida (p.a), 10 gr kristal natrium asetat (p.a), 10 gr kristal natrium sulfat (p.a), 10 gr kristal natrium nitrat (p.a) dan 10 ml asam asetat (p.a) dalam 1000 ml aqua DM. Sebagai lingkungan sulfat digunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang divariasikan sesuai dengan pH larutan.

Selisih berat yang terkorosi diukur dengan cara menimbang berat awal dan berat sampel. Alat yang digunakan adalah timbangan digital dengan 3 digit angka ketelitian.

Pengujian korosi dilakukan dalam sebuah media simulasi dari gelas kimia pada berbagai temperatur, waktu dan pH. Uji korosi dilakukan pada kondisi : pH 3,5, 4, 4,5, 5, 6, dan waktu : 2, 4, 6, 8, 10 jam pada temperatur kamar.

Pengujian komposisi kimia spesimen dengan Spektropotometri, dan pengujian sifat mekanik dengan mesin uji tarik. Pemeriksaan struktur mikro dengan mikroskop optik pada bagian penampang sampel.

## PENGARUH pH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON ST-37 LINGKUNGAN HIDROGEN SULFAT (Syafaruddin Siregar, Uum Sumirat, Agus Solehudin,)

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Komposisi Kimia dan Sifat Mekanik

Komposisi kimia spesimen ST-37 adalah C=0,09, Mn=0,46, P=0,004, S=0,04. Sedangkan sifat mekanik untuk ST-37 adalah kekuatan luluh (YS) = 330 Mpa, kekuatan tarik ultimat (UTS) = 530 Mpa, kekerasan = 170,5 HV.

#### Hasil Uji Korosi

Tabel 1. Hasil percobaan laju korosi ST-37 pada variasi waktu

Kode	T (oC)	t (jam)	pH	Wo (gr)	Wt (gr)	A (mm <sup>2</sup> )	CR (mpy)
B1	25	2	4.5	4.77	4.77	291.74	-
B2	25	4	4.5	3.45	3.44	251.50	43.91
B3	25	6	4.5	5.62	5.57	337.17	109.17
B4	25	8	4.5	4.73	4.66	298.23	129.59
B5	25	10	4.5	4.30	4.20	280.14	157.67

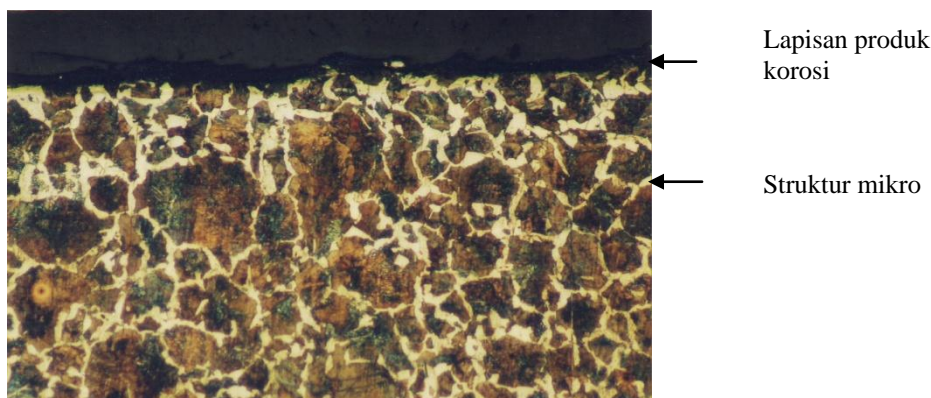
Tabel 2. Hasil percobaan laju korosi ST-37 pada variasi pH

Kode	T (oC)	t (jam)	pH	Wo (gr)	Wt (gr)	A (mm <sup>2</sup> )	CR (mpy)
C1	25	6	3.5	4.32	4.25	279.14	184.60
C2	25	6	4	4.38	4.32	281.88	156.69
C3	25	6	4.5	5.62	5.57	337.17	109.17
C4	25	6	5	4.33	4.3	277.09	79.70
C5	25	6	6	4.13	4.1	274.69	80.40

Keterangan : T = temperatur, t = waktu pengkorosian, Wo = berat awal sampel, Wt = berat akhir setelah pengkorosian, A = luas permukaan sampel yang terkorosi, dan CR = Corrosion Rate (laju korosi).

Berdasarkan data hasil percobaan dapat dilihat bahwa rata-rata laju korosi ST-37 cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya waktu, dan rata-rata laju korosi cenderung menurun seiring dengan meningkatnya pH.

#### Hasil Pemeriksaan Mikroskop Optik



Gambar 1. Foto Struktur mikro (Bagian Penampang) sampel ST-37 setelah proses korosi pada T = 25°C, pH = 4,5 selama 6 jam. (Etsa Nital 3%, pembesaran 200 X).

Pada gambar 1 terlihat terdapat lapisan produk korosi yang menempel pada permukaan sampel.

## PENGARUH pH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON ST-37 LINGKUNGAN HIDROGEN SULFAT (Syafaruddin Siregar, Uum Sumirat, Agus Solehudin,)

### Mekanisme laju korosi

Baja karbon (Fe) yang dikorosikan pada lingkungan hidrogen sulfida (NaCl - H<sub>2</sub>O/CH<sub>3</sub>COOH/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) akan terionisasi menjadi ion Fe<sup>2+</sup> dan melepaskan elektron pada daerah anodik dan evolusi gas hidrogen pada daerah katodik. Mekanisme reaksi yang terjadi seperti di bawah ini.

Pada ruah larutan :



Pada daerah yang bersifat anodik :



Pada daerah yang bersifat katodik :

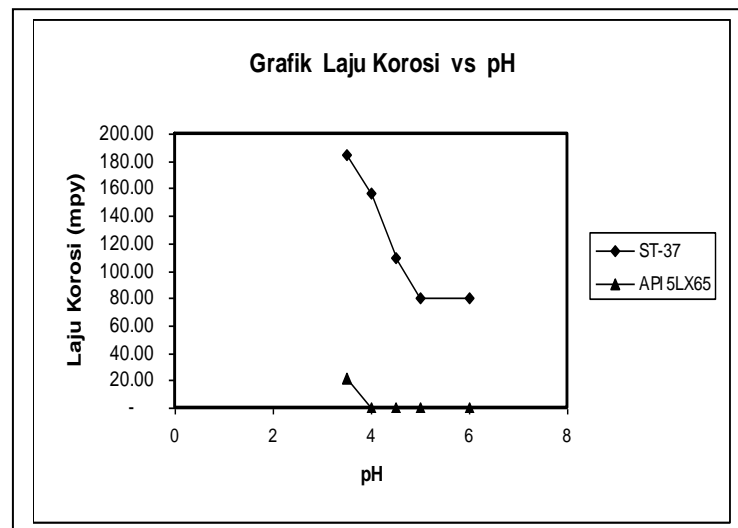


Jadi reaksi keseluruhan adalah :



Berdasarkan hasil percobaan dan didukung oleh para peneliti sebelumnya dapat disimpulkan bahwa mekanisme korosi dalam lingkungan hidrogen sulfat dimulai dari reaksi disosiasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menjadi ion H<sup>+</sup> dan ion sulfat. Hal ini dapat dilihat dari data percobaan dimana pH meningkat dengan berkurangnya konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang terlarut. Rentang pH yang diperoleh dengan variasi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah 3,5 s/d 6. Harga pH menurun selama percobaan dimana pH awal larutan adalah 6,9.

Berdasarkan data hasil percobaan besar laju korosi sampel baja ST-37 berada pada rentang 43,91 s/d 184,6 mpy. Menurut Fontana (1986) menyatakan bahwa standar pembandingan ketahanan laju krosi (dalam mpy) adalah ketahan korosi untuk baja dari bahan dasar besi – nikel dikatakan baik apabila laju korosinya berada pada rentang 1 – 20 mpy, sedangkan ketahanan korosi dikatakan buruk apabila laju korosinya berada pada rentang lebih dari 50 mpy. Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sampel baja ST-37 relatif kurang tahan terhadap serangan korosi dalam lingkungan sulfat.



Gambar 2. Pengaruh pH terhadap laju korosi

## **PENGARUH pH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON ST-37 LINGKUNGAN HIDROGEN SULFAT (Syafaruddin Siregar, Uum Sumirat, Agus Solehudin,)**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil percobaan dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju korosi baja karbon pada lingkungan hidrogen sulfat dipengaruhi oleh pH.
2. Laju korosi sampel baja ST-37 berada pada rentang 43,91 s/d 184,6 mpy.

### **Ucapan Terimakasih**

Ucapan tarima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian Universitas Indonesia Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan UPI, Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FPTK UPI, Lab. Korosi JPTM FPTK UPI dan semua pihak yang telah membantu pada penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- B.R.D. Gerus, 1974, Detection and Mitigation of weight loss corrosion in Sour gas gathering system, Shell Canada Ltd.
- Basuki, E.A., dan Martojo, W., 2004, Ketahanan pipeline terhadap sulfide hydrogen ( $H_2S$ ), Proceeding of Indonesian Pipeline Technology 2004, ITB.
- Denny A. Jones, 1992, Principles and Prevention of Corrosion, Macmillan Publishing Company, USA.
- G.Sorell dan B. Hoyt, 1956, Collection and Correlation of high temperature hydrogen sulfide corrosion data, NACE Technical Committee Report, Publication 56-7, New York, USA, : p.215t.
- G.I. Ogundele dan W.E. White, 1986, Some Observation on The Corrosion of Carbon steel in Sour gas environment : Effect of  $H_2S$  and  $H_2S/CO_2/CH_4/C_3H_8$  mixtures, Journal Corrosion NACE, Vol.42, No.7.
- Mars. G. Fontana, 1986, Corrosion Engineering, Mc Graw Hill, NewYork.
- N.Sridhar, dkk, 2001. Effect of water and gas compositions on the internal corrosion of gas pipelines modeling and experiment studies", Corrosion Journal, Vol. 57, No3.
- Perdomo, J.J., et al., 2002, Carbon Dioxide and Hydrogen Sulfide Corrosion on API 5L grad B and X52, Journal of Material Perpormance.
- Russel D. Kane, 2001, Evaluation of geothermal production for sulfide stress cracking and stress corrosion cracking", CLI International, Inc. Texas, USA.
- ....., Oil and Gas Industry, 2006, HCS Brief Oil Gas Final. doc, Advantica.Inc, USA