

MODEL LAJU KOROSI BAJA KARBON ST-37 DALAM LINGKUNGAN HIDROGEN SULFIDA

Oleh :

Agus Solehudin ¹⁾ , Ratnaningsih E. Sardjono ²⁾,
Isdiriyani Nurdin ³⁾ dan Djoko H.Prajitno ⁴⁾


⁽¹⁾Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FPTK – UPI,

⁽²⁾Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA – UPI,

⁽³⁾Jurusan Teknik Kimia, FTI – ITB,

⁽⁴⁾PTNBR - BATAN

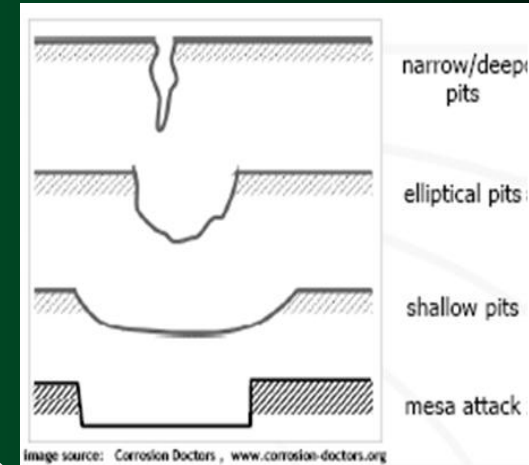
OUTLINE

- 
- A. Latar Belakang Masalah**
 - B. Rumusan Masalah**
 - C. Tujuan Penelitian**
 - D. Manfaat Penelitian**
 - E. Metode Penelitian**
 - F. Hasil Penelitian**
 - G. Analisis**
 - H. Kesimpulan dan Saran**

LATAR BELAKANG MASALAH



Pitting Corrosion



Lingkungan Fluida Minyak & Gas :

- ✔ Temperatur & Tekanan
- ✔ Ion agresif : Cl^-
- ✔ H_2O dan gas-gas : H_2S & CO_2
- ✔ Laju alir fluida
- ✔ pH



RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tsb, maka yang menjadi masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

- ✓ Bagaimana pengaruh konsentrasi hydrogen sulfida (atau pH), temperatur, dan waktu terhadap laju korosi?
- ✓ Bagaimana bentuk model laju korosi yang mampu memprediksi umur baja karbon dalam lingkungan hidrogen sulfida?

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan Umum :

Ditemukannya suatu model korosi baja karbon dalam larutan $\text{NaCl-H}_2\text{O/CH}_3\text{COOH/H}_2\text{S}$ untuk memprediksi umur pakai (*life time*) baja.

Tujuan Khusus :

1. Menganalisis pengaruh: pH, suhu, dan waktu terhadap perilaku korosi dalam larutan $\text{NaCl-H}_2\text{O/CH}_3\text{COOH/H}_2\text{S}$.
2. Menganalisis kondisi yang memungkinkan terjadinya korosi lokal.
3. Menganalisis kerusakan permukaan yang menyertai korosi lokal pada baja karbon dalam larutan $\text{NaCl-H}_2\text{O/CH}_3\text{COOH/H}_2\text{S}$.

MANFAAT PENELITIAN

Bagi pengembangan ilmu pengetahuan, diharapkan mampu menghasilkan kajian-kajian baru kinetika dan mekanisme korosi dalam lingkungan hidrogen sulfida.

Bagi Industri, diharapkan model laju ini dapat diaplikasikan untuk memperdiksi umur pakai baja.

KAJIAN LITERATUR

B.R.D. Gerus, 1974 menjelaskan bahwa mekanisme korosi sulfidisasi akibat gas H_2S dalam lingkungan NaCl atau netral adalah sebagai berikut:

Terjadi reaksi disosiasi gas H_2S dalam larutan :



Terjadi reaksi oksidasi besi pada anoda :



Ion HS^- dan S^{2-} yang dihasilkan dari persamaan reaksi di atas kemudian bereaksi dengan ion besi membentuk besi sulfida :



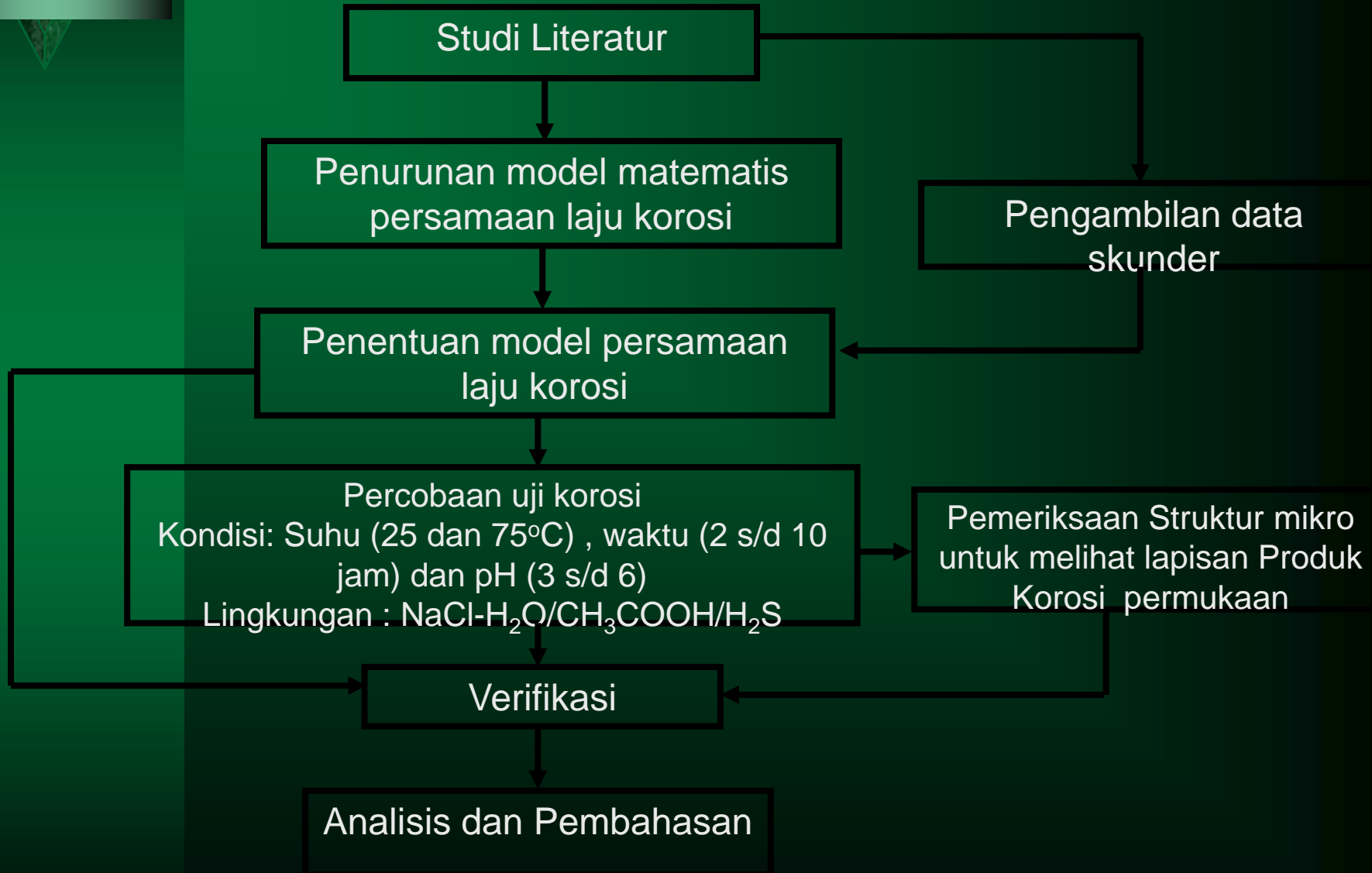
Sedangkan di katoda terjadi reaksi evolusi hidrogen :



Sehingga reaksi keseluruhan adalah :



METODE PENELITIAN





Prinsip Percobaan

Persamaan untuk menghitung laju korosi :

$$\text{Mils per year} = 534 W/DAT$$

Where W = weight loss, mg
 D = density of specimen, g/cm³
 A = area of specimen, sq.in
 T = exposure time, hr



HASIL PENELITIAN (1) : Hasil Spektrometri



Komposisi Kimia	Jenis Sampel	
	ST-37	API 5L-X65
C	0.09	0.09
Mn	0.46	1.6
P	0.004	0.015
S	0.04	0.005
Si	-	0.4
Nb	-	0.055
Ti	-	0.02
V	-	0.05
Ni	-	0.25
Cr	-	0,4
Fe	balance	balance
Sifat Mekanik		
YS (Mpa)	330	490
UTS (Mpa)	530	590
Kekerasan (HV)	170.5	-

DATA hasil percobaan

Tabel Hasil percobaan laju korosi ST-37 pada variasi temperatur

Kode	T (oC)	t (jam)	pH	Wo (gr)	Wt (gr)	A (mm ²)	CR (mpy)
A1	25	6	4.5	4.72	4.69	298.23	74.05
A2	35	6	4.5	4.11	4.08	273.96	80.61
A3	45	6	4.5	5.62	5.57	337.17	109.17
A4	55	6	4.5	4.30	4.25	282.88	130.12
A5	65	6	4.5	4.34	4.27	285.48	180.50

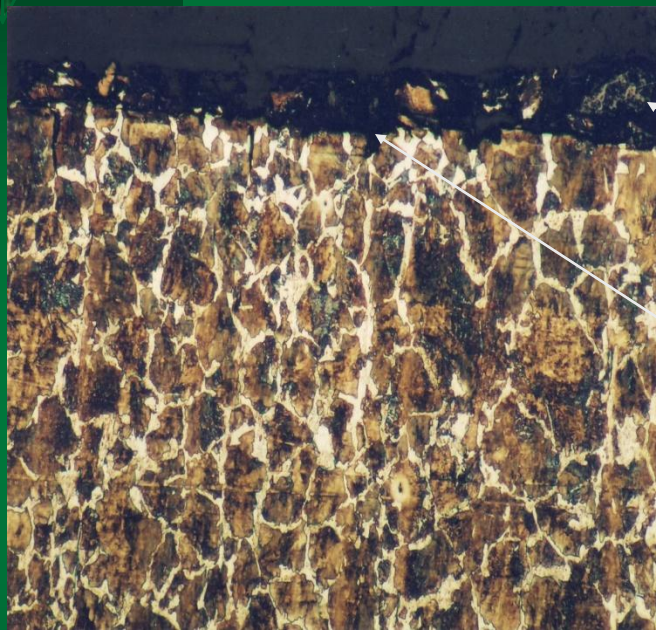
Tabel Hasil percobaan laju korosi ST-37 pada variasi waktu

Kode	T (oC)	t (jam)	pH	Wo (gr)	Wt (gr)	A (mm ²)	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 Hasil percobaan laju korosi ST-37 pada variasi pH

Kode	T (oC)	t (jam)	pH	Wo (gr)	Wt (gr)	A (mm ²)	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

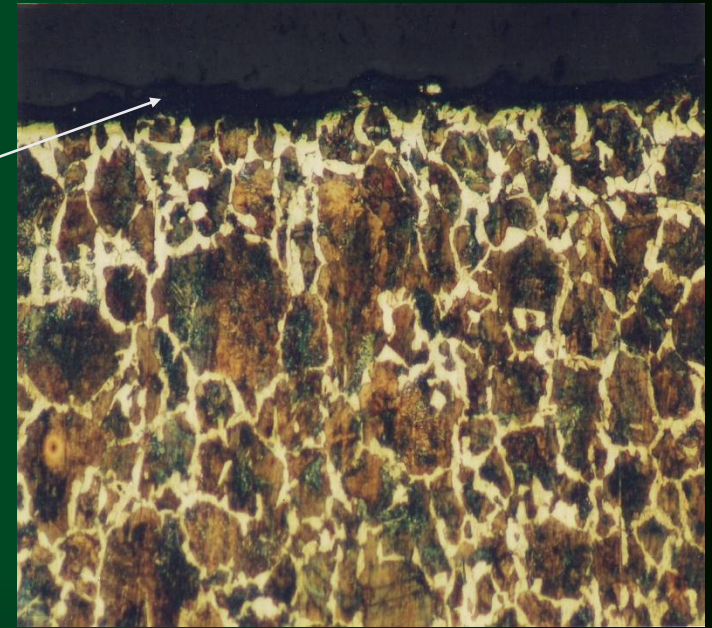
HASIL PENELITIAN (2) : Pemeriksaan mikrostruktur



(a)

Lapisan
produk
korosi

pitting

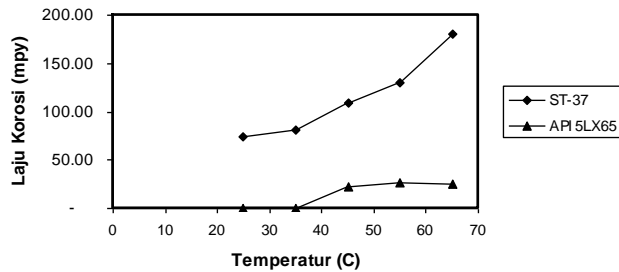


(b)

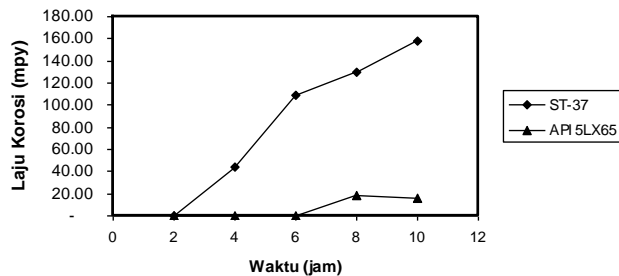
Foto Struktur mikro (Bagian Penampang) sampel ST-37 setelah proses korosi pada (a) $T = 75^{\circ}\text{C}$ dan (b) $T = 25^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 4,5$ selama 6 jam. (Etsa Nital 3%, pembesaran 200 X)

HASIL PENELITIAN (3) : Uji Korosi

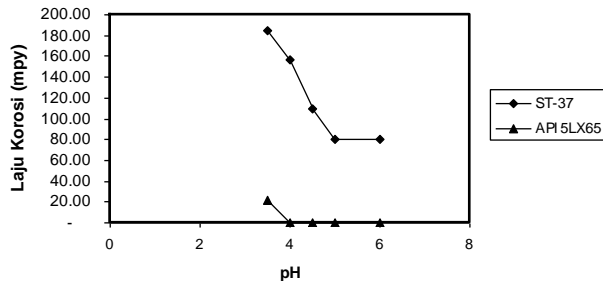
Grafik Laju Korosi vs Temperatur



Grafik Laju Korosi vs Waktu



Grafik Laju Korosi vs pH



Laju korosi meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur dan waktu pengkorosian

Laju korosi menurun seiring dengan meningkatnya pH

ANALISIS (1) : Mekanisme Laju Korosi

Baja karbon (Fe) yang dikorosikan pada lingkungan hidrogen sulfida (NaCl -H₂O/CH₃COOH/H₂S) akan terionisasi menjadi ion Fe²⁺ 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 :



ANALISIS (2) : Dasar persamaan matematis

Levenspiel Eq.

$$\text{Laju} = v = \frac{d\left[\frac{\Delta W}{A}\right]_{FeS}}{dt} = k [H^+]^n$$

$$\text{laju korosi} = v = \frac{d\left[\frac{\Delta W}{A}\right]_{FeS}}{dt} = k_o [H^+]^n \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

$$\log \frac{d\left[\frac{\Delta W}{A}\right]_{FeS}}{dt} = k_2 - n(pH) - \frac{Q}{2,3RT}$$

Van't Hoff Eq.

$$k = k_{eq} = \frac{k_1}{k_2} \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

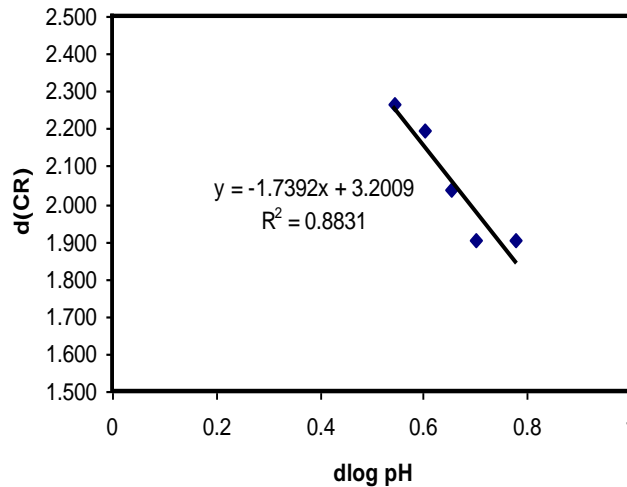
$$\frac{d(\ln k)}{dT} = \frac{Q}{RT^2}$$

$$n = - \left[\frac{d \log \frac{d\left[\frac{\Delta W}{A}\right]_{FeS}}{dt}}{d \log pH} \right]_T$$

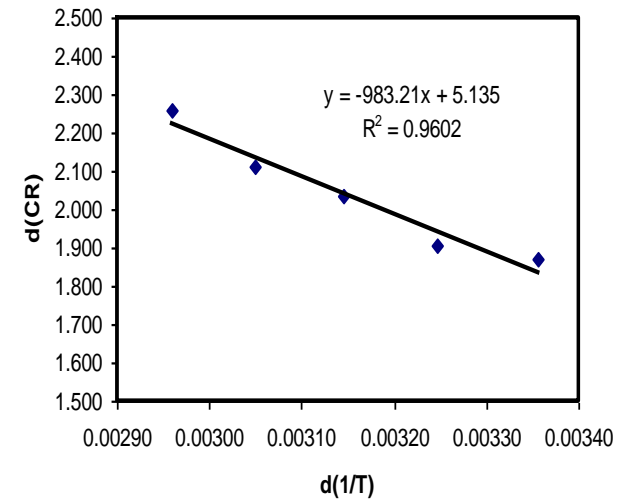
$$Q = -2,3R \left[\frac{d \log \frac{d\left[\frac{\Delta W}{A}\right]_{FeS}}{dt}}{d \frac{1}{T}} \right]_{pH}$$

ANALISIS (3) : Penentuan konstanta

Grafik penentuan harga n



Grafik penentuan harga Q



Berdasarkan hasil pengolahan data nilai konstanta $n = 1,7$ dan $Q = 4,493$ kkal/mol. Setelah mendapatkan harga n dan Q maka selanjutnya akan merumuskan model laju korosi

ANALISIS (4) : Model Laju Korosi

Asumsi : manipulasi matematis

$$\left[\exp\left(\frac{Q}{373R}\right) \cdot \exp\left(\frac{-Q}{373R}\right) = 1 \right]$$

$$\text{laju korosi} = v = \frac{d\left[\frac{\Delta W}{A}\right]_{FeS}}{dt} = k_o [H^+]^n \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) \left[\exp\left(\frac{Q}{373R}\right) \cdot \exp\left(\frac{-Q}{373R}\right) \right]$$

$$\text{laju korosi} = v = \frac{d\left[\frac{\Delta W}{A}\right]_{FeS}}{dt} = k [H^+]^n \exp C \left(\frac{T-373}{373}\right)$$

$$k = k_o \exp\left(-\frac{Q}{373R}\right)$$

$$C = \frac{Q}{373R}$$

ANALISIS (5) : Model Laju Korosi

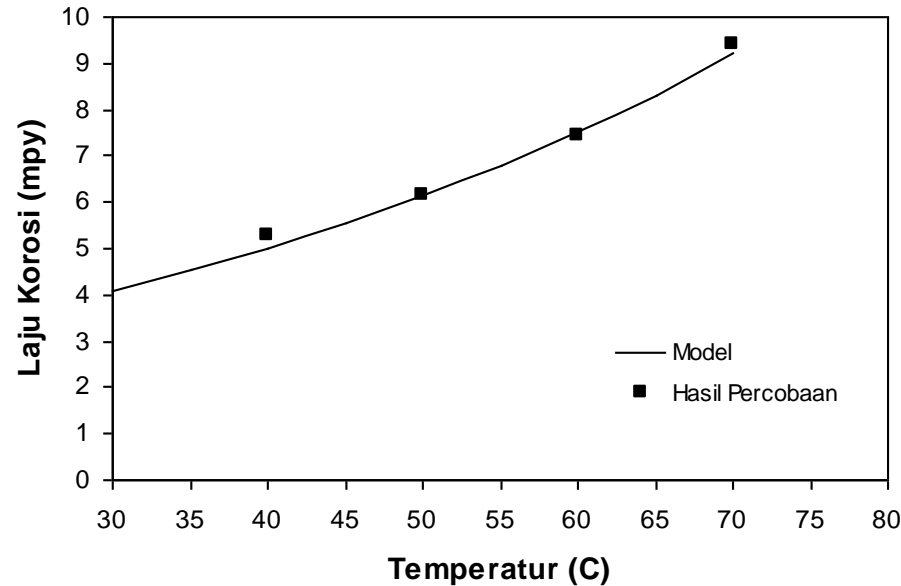
Dari hasil olah data Harga ko diperoleh sebesar 1584,89 kemudian disubstitusikan pada persamaan di atas pada kondisi $\text{pH} = 4$, $t = 6$ jam dan $T = 25^\circ\text{C}$.

Harga k didapat 3,69 dan C sebesar 6,06.

$$\text{Laju korosi (mpy)} = 3,69 [H^+]^{1,7} \exp\left(6,06\left(\frac{T - 373}{373}\right)\right)$$

Dimana $[H^+]$ dalam ppm dan T dalam kelvin

ANALISIS (5) : Verifikasi Model



Diperoleh perbedaan laju korosi antara laju korosi dari model dengan laju korosi hasil percobaan yang relatif kecil sekitar 1,5 %, hal ini menunjukkan bahwa laju korosi baja karbon dalam lingkungan hydrogen sulfida dipengaruhi oleh tempertur lingkungan.



1. Laju korosi baja karbon pada lingkungan hidrogen sulfida dipengaruhi oleh pH dan tempertur.
2. Model persamaan laju korosi baja karbon dalam lingkungan hidrogen sulfida pada tekanan 1 atm dan rentang tempertur 30 - 70 °C diperoleh :

$$\text{Laju korosi (mpy)} = 3,69 \left[H^+ \right]^{1,7} \exp \left(6,06 \left(\frac{T - 373}{373} \right) \right)$$

3. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa laju korosi dari model dengan hasil percobaan perbedaannya 1,5 %.
4. Laju korosi sampel baja ST-37 berada pada rentang 43,91 s/d 184,6 mpy, sedangkan laju korosi API LX65 berada dibawah 26 mpy.
5. Sampel baja ST-37 relatif kurang tahan korosi daibandingkan dengan API LX65 dalam lingkungan sulfat.



SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut pada tekanan dan temperatur yang relatif lebih tinggi agar mendekati kondisi lapangan yang sebenarnya.
2. Untuk menanggulangi korosi tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut kearah bagaimana cara penanggulangannya.

PUSTAKA

1. G.I. Ogundele dan W.E. White, 1986, Journal Corrosion NACE, Vol.42,
2. N.Sridhar, dkk, 2001. ,Corrosion Journal, Vol. 57, No3.
3. Perdomo, J.J., et al., 2002, Carbon Dioxide and Hydrogen Sulfide Corrosion on API 5L grad B and X52, Journal of Material Perpormance.
- 4.Russel D. Kane, 2001, Evaluation of geothermal production for sulfide stress cracking and stress corrosion cracking", CLI International, Inc. Texas, USA.
- 5.V.Van, T V Toai, dan V Son (2006), Jurnal Korosi dan Material, Vol. VI. No.4
6. Oil and Gas Industry, 2006, HCS Brief Oil Gas Final. doc, Advantica.Inc, USA



Terimakasih