ANALISIS PENGARUH WAKTU INJEKSI GAS CO₂ TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON API 5L GRADE B DALAM LARUTAN NaCl 3,5% DAN H₂S

SRI SURYANINGSIH[‡], WAHYU ALAMSYAH, OTONG NURHILAL, DELI ARDIYATI PERMANA

Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21 Jatinangor 45363, 0227796014, Sumedang, Jawa Barat

Abstrak. Gas alam merupakan salah satu sumber energi alternatif pengganti sumber energi fosil. Terdapat banyak masalah dalam pengolahan gas alam adalah terjadinya korosi. Korosi CO₂ (karbondioksida) merupakan masalah yang banyak dijumpai pada industri pengolahan gas alam terutama pada proses eksplorasi dan penyaluran gas alam. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi baja karbon terhadap variasi waktu injeksi gas CO₂. Lingkungan korosif yang digunakan adalah larutan NaCl yang mengandung gas H₂S. Metode uji yang digunakan adalah metode polarisasi dengan ekstrapolasi tafel. Hasil pengujian variasi waktu injeksi gas CO₂ dalam larutan NaCl maupun larutan NaCl yang ditambah gas H₂S menunjukkan bahwa meningkatnya waktu injeksi gas CO₂ dari 0 sampai dengan 60 menit meningkatkan laju korosi baja karbon tipe API 5L Grade B sebesar 5,48 sampai dengan 15,70 mpy. Hal ini sesuai dengan nilai pH yang bersifat asam dan nilai konduktivitas larutan NaCl dan gas H₂S, dimana waktu injeksi gas CO₂ dari 0 sampai dengan 60 menit meningkatkan nilai konduktivitas sebesar 47,60 sampai dengan 50,73 μS/cm dan mempengaruhi kecepatan transfer elektrik dalam elektolit sehingga kinetika proses korosi material akan berlangsung dengan cepat.

Kata kunci: baja karbon, laju korosi, polarisasi, karbondioksida

Abstract. Natural gas is one of the alternative energy sources of fossil energy sources. One of the problems in the processing of natural gas is the corrosion. Corrosion of CO_2 (carbon dioxide) is a problem that is common in the natural gas processing industry, especially in the exploration and distribution of natural gas. This study was conducted to determine the corrosion rate of carbon steel against CO_2 gas injection time variations. Corrosive environments used are a NaCl solution containing H_2S . The test method used is the method of polarization with Tafel extrapolation. Results of testing the time variation of injection of CO_2 in saline or saline plus H2S gas shows that increasing CO_2 gas injection time from 0 to 60 minutes to increase the corrosion rate of carbon steel type API 5L Grade B at 5.48 to 15.70 mpy. This is consistent with an acidic pH value and a conductivity value NaCl and H_2S gas, where CO_2 gas injection time from 0 to 60 minutes to increase the conductivity value of 47.60 to 50.73 μ S/cm and affect the speed of the electric transfer electrolytes so that the kinetics of the process of corrosion of the material will take place quickly.

Keywords: carbon steel, the corrosion rate, polarization, carbon dioxide

1. Pendahuluan

Gas alam digunakan sebagai sumber pembangkit tenaga listrik. Terdapat banyak masalah dalam pengolahan gas alam, diantaranya dari segi peralatan dan perawatan dari peralatan tersebut. Masalah yang sering timbul dalam pengolahan gas alam adalah terjadinya korosi. Umumnya proses korosi tidak dapat dihentikan sama sekali karena merupakan suatu proses alami yang akan terjadi saat suatu logam kontak dengan lingkungannya. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya nilai material secara teknis, penurunan kualitas material dan akan berkurangnya umur pakai (*lifetime*) dari material tersebut. Salah satu contohnya adalah pada material baja karbon yang banyak digunakan pada industri minyak dan gas alam, yaitu sebagai pipa penyalur proses eksplorasi dan produksi.

-

[‡] email : sri_56@ymail.com

Dalam industri pengolahan gas alam, gas CO₂ merupakan gas yang paling banyak terkandung di dalamnya, baik yang berasal dari sumur produksi maupun dari hasil pengolahan. Pada dasarnya kandungan gas CO₂ dalam gas alam tidak terlalu berbahaya terhadap material penyalur. Namun, adanya interaksi antara gas CO₂ dengan fasa liquid akan menyebabkan terjadinya korosi internal pada material yang dikenal sebagai korosi CO₂ [1]. Tingginya kandungan CO₂ dalam gas alam dapat memicu kegagalan material akibat korosi CO₂ pada sistem pipa distribusi dari sumur gas alam ke pembangkit

Korosi CO₂ merupakan masalah yang banyak dijumpai pada industri pengolahan gas alam terutama pada proses eksplorasi dan penyaluran gas alam yang menggunakan pipa baja karbon pada lingkungan gas alam yaitu terjadinya kebocoran akibat pengaruh adanya gas CO₂ yang terlarut dalam media air dan bersifat korosif. Perlu diketahui besaran laju korosi material baja karbon akibat pengaruh gas CO₂ terlarut dengan mengetahui hubungan waktu injeksi CO₂ terhadap laju korosi baja di lingkungan korosif NaCl yang mengandung gas H₂S.

Korosi adalah penurunan atau degradasi mutu pada material dengan lingkungan yang bersifat kimia, fisika, dan biologis. Pada umumnya, korosi terjadi pada bahan logam yang rentan terhadap lingkungan dalam bentuk karat karena mudah mengalami oksidasi. Pada sumur produksi di industri migas, saluran pipa buangan, maupun hasil pengolahan biasanya mengandung gas H₂S dan CO₂, proses yang terjadi pada saluran migas mengeluarkan gas-gas tersebut dengan jumlah relatif besar yang dapat menimbulkan korosi dan berperan sebagai faktor korosi internal.

Gas CO₂ yang terlarut dalam media air maupun larutan akan membentuk suatu lingkungan korosif. Karakteristik dari lingkungan ini adalah memiliki sifat asam sehingga membuat laju korosi dari suatu material akan semakin cepat. Pada kasus di lapangan, korosi CO₂ sangat banyak ditemukan pada industri pengolahan gas alam, karena pada umumnya gas alam memiliki kandungan CO₂ yang tinggi. Dari sudut pandang ekonomi, kerusakan pada industri minyak dan gas yang disebabkan oleh korosi CO₂ umumnya terjadi pada material baja karbon rendah dan paduan rendah [2].

Gas CO₂ yang terlarut dalam air akan terhidrasi dan membentuk senyawa asam karbonat. Asam karbonat merupakan asam lemah, jadi dapat dikatakan bahwa korosi CO₂ merupakan korosi akibat asam lemah. Reaksi korosi yang terjadi akan menghasilkan FeCO₃ sebagai produk korosi. Produk ini akan mengendap pada permukaan material sehingga akan mencegah terjadinya korosi lanjutan karena material akan dihalangi oleh lapisan tersebut untuk kontak dengan lingkungan [3].

$$CO_{2(g)} \rightarrow CO_{2(aq)}$$
 (1)

$$CO_{2 (aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2CO_{3 (aq)}$$
 (2)

$$H_2CO_{3 (aq)} + Fe_{(s)} \rightarrow H_{2 (g)} + FeCO_{3 (s)}$$
 (3)

Korosi suatu logam dalam larutan dengan pelarut air adalah proses elektrokimia, karenanya tekhnik pengukuran elektrokimia dapat digunakan untuk mengikuti proses korosi. Salah satu tekhnik untuk menentukan perilaku korosi logam, dapat menggunakan metode polarisasi potensiodinamik berdasarkan hubungan potensial dan arus anodik atau katodik. Alat yang digunakan adalah potensiostat. Potensiostat akan memberikan potensial atau tegangan listrik yang telah ditentukan terlebih dahulu kepada benda uji sehingga pengukuran arus selama proses korosi dapat dilakukan. Peralatan potensiostat dilengkapi dengan tiga jenis elektroda, yaitu; elektroda kerja, elektroda bantu dan elektroda acuan [4].

2. Eksperimen

Sampel uji yang digunakan adalah baja karbon yang telah dipotong dengan ukuran masing-masing sampel 15x15x10 mm, dan dibentuk menjadi silinder dengan diameter 12 mm dan tebal 5 mm menggunakan mesin CNC. Kemudian ditambahkan elektroda dan dibungkus dengan mantel yang terbuat dari epoksi resin dan hardener sehingga hanya salah satu permukaan yang melakukan kontak dengan larutan uji. Setelah dibersihkan menggunakan amplas grade 400-1200 sambil dialiri akuades, selanjutnya permukaan baja karbon dibersihkan dengan aseton lalu dikeringkan dan disimpan dalam desikator, baja karbon siap digunakan sebagai elektroda kerja pada pengujian laju korosi.

Pengujian laju korosi baja karbon dilakukan dalam sel elektrokimia berisi larutan uji NaCl 3,5% dengan gas asam sulfida (H₂S) yang di bubbling gas CO₂ dengan tekanan gas CO₂ yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,1 Bar. Variasi waktu injeksi gas CO₂ selama 0, 20, 40, dan 60 menit, selanjutnya dapat dilakukan pengukuran laju korosi baja karbon. Pengukuran ini menggunakan sel tiga elektroda, diantaranya elektroda kerja yaitu baja karbon, elektroda bantu yaitu platina, dan elektroda acuan yaitu kalomel jenuh. Ketiga elektroda tersebut serta termometer direndam di dalam larutan uji dengan jarak antara elektroda kerja dan elektroda bantu sekitar 1 cm dan elektroda pembanding berada di antara permukaan elektroda kerja dan elektroda bantu. Setelah itu, ketiga elektroda dihubungkan dengan potensiostat tipe voltalab PGZ 310. Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode polarisasi potensiodinamik, selanjutnya dengan bantuan Software Gamry 6.03. dimana kecepatan membaca titik satu ke yang lainnya (scan rate) diatur sebesar 1 mV/detik terhadap potensial korosi (Eoc). Standard electrode yang digunakan adalah AgCl dan Counter Electrode yang digunakan adalah platina. Semua informasi yang diperlukan dimasukkan pada set up program sehingga diperoleh kurva polarisasi. Daerah potensial korosi baja karbon tercapai apabila antar-muka baja karbon dan larutan mencapai keadaan mantap yang ditunjukkan oleh nilai Open Circuit Potential (OCP). Ekstrapolasi kurva dengan metode tafel diperlukan untuk menentukan besaran-besaran listrik yang terkait dengan proses korosi baja karbon, yaitu potensial korosi (Ecorr), tahanan polarisasi (Rp), kemiringan Tafel anodik (βa) dan Tafel katodik (βc), rapat arus korosi (Icorr) yang diperoleh melalui persamaan berikut [5].

$$I_{corr} = \frac{\beta_a \beta_c}{2,303(\beta_a + \beta_c)R_p} \frac{1}{R_p} = \frac{B}{R_p}$$
 (4)

dengan B merupakan tetapan Stern-Geary. Laju korosi (r) dapat digunakan menggunakan satuan mm per tahun dengan menggunakan massa ekivalen logam Ae, densitas ρ, sehingga [6]:

$$r = 3.27 \times 10^{-3} \frac{I_{corr} \times A_e}{\rho}$$
 (5)

Selain dengan analisis menggunakan software, laju korosi juga dihitung secara manual dengan menggunakan persamaan,

$$mpy = \frac{0,129.Icorr.E}{D} \tag{6}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Baja karbon sebagai sampel uji dipotong dengan ukuran masing-masing sampel 15x15x10 mm, dibentuk menjadi silinder dengan diameter 12 mm dan tebal 5 mm. Kemudian ditambahkan elektroda dan dibungkus dengan mantel dari epoksi resin dan hardener sehingga hanya satu permukaan yang kontak dengan larutan uji. Sampel uji diamplas dengan grade 400-1200 sambil dialiri akuades, selanjutnya permukaan baja karbon dibersihkan dengan aseton lalu dikeringkan dan disimpan dalam desikator, baja karbon siap digunakan sebagai elektroda kerja pada pengujian laju korosi.

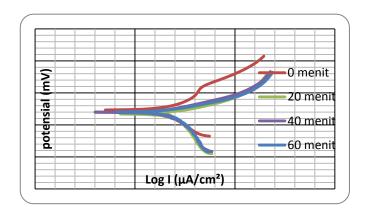
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan waktu injeksi gas CO₂ pada larutan NaCl 3,5% yang sudah ditambahkan gas H₂S. Lingkungan ini adalah simulasi dari lingkungan penyalur gas alam pada pipa yang terdiri dari media air, gas H₂S dan gas CO₂. Dari hasil pengujian yang didapat akan diketahui kisaran laju korosi baja karbon pada lingkungan tersebut. Untuk dapat melihat pengaruh penambahan waktu injeksi gas CO₂ pada larutan NaCl 3,5% yang sudah ditambah H₂S, waktu injeksi gas CO₂ adalah selama 0, 20, 40, dan 60 menit. Hasil dari pengujian polarisasi baja karbon pada lingkungan NaCl 3,5% yang ditambah dengan gas H₂S serta variasi waktu injeksi gas CO₂ dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu injeksi gas CO₂ maka semakin tinggi nilai laju korosinya.

 E_{corr} I_{corr} Laju Korosi Waktu Injeksi gas CO2 (menit) No. (mV) $(\mu A/cm^2)$ (mpy) 0 -507,0 24,49 9,90 1 2 -531,0 35,96 14,54 20 3 40 -521,0 36,77 14,87 60 -520,0 46,55 18,82 4

 $\begin{tabular}{ll} \textbf{Tabel 1.} Hasil analisis korosi baja karbon dalam larutan NaCl 3,5\% ditambah gas H_2S dengan variasi waktu injeksi gas CO_2 \\ \end{tabular}$

Pada Gambar 1 terlihat bahwa dengan penambahan waktu injeksi gas CO₂ akan menggeser kurva menjadi lebih ke kanan. Rapat arus (i) yang dihasilkan semakin ke kanan artinya rapat arusnya semakin besar sehingga laju korosi pada lingkungan ini akan meningkat. Selain itu, penambahan waktu injeksi CO₂ meningkatkan nilai konduktifitas larutan. Semakin besar nilai konduktifitasnya maka akan semakin besar pula arus antara anoda dan katoda, sehingga laju korosinya pun akan semakin besar. Begitu pula pada larutan NaCl yang telah diinjeksi gas H₂S, penginjeksian gas CO₂ akan menurunkan pH larutan. Hal ini sesuai dengan mekanisme korosi CO₂, dimana interaksi antara CO₂ dan fasa aqueos akan merubah lingkungan menjadi bersifat asam (sweet environtment). Hal ini terjadi karena, semakin lama waktu injeksinya maka akan semakin banyak CO₂ yang terlarut dalam larutan tersebut sehingga membuat larutan tersebut akan semakin asam.

Ketahanan korosi baja karbon dalam lingkungan yang mengandung CO_2 tidak begitu baik dengan laju korosi yang tinggi, bahwa nilai laju korosi yang diperoleh dari hasil pengujian dikategorikan memiliki ketahanan korosi yang sedang sesuai katagori ASTM (20-50).



Gambar 1. Grafik polarisasi baja karbon dalam larutan NaCl 3,5 % yang ditambah dengan gas H_2S dan diinjeksi gas CO_2 selama 0-60 menit.

 $\textbf{Tabel 2.} \ \ \text{Hasil analisis konduktifitas, pH, dan korosi baja karbon dengan variasi waktu injeksi gas CO_2$

No	Waktu Injeksi CO ₂ (menit)	Larutan $NaCl_{(l)} + H_2S_{(g)}$		
		Konduktifitas (μS/cm)	pН	Laju Korosi (mm/th)
1	0	47,60	6,43	9,90
2	20	50,17	3,35	14,54
3	40	50,50	3,34	14,87
4	60	50,73	3,33	18,82

4. Kesimpulan

Peningkatan waktu injeksi CO₂ dalam larutan NaCl 3,5% yang telah ditambah dengan gas H₂S memperbesar nilai konduktifitas larutan, sehingga daya hantar listrik pada larutan tersebut akan semakin besar. Nilai pH larutan semakin kecil atau lingkungan akan semakin asam, dan laju korosi semakin besar. Laju korosi baja karbon dalam lingkungan CO₂ berkisar antara 9,90-18,82 mpy.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Energi Terbarukan dan Sistem Departemen Fisika FMIPA UNPAD dan Laboratorium Korosi Jurusan Kimia FMIPA ITB yang telah memberikan fasilitas pada peneliti.

Daftar Pustaka

- 1. M. B. kermani, J. C. Gonzales, G. L. Turconi, T. Perez, dan C. Morales, *Material Optimisation in Hydrocarbon Production*, Corrosion paper 2005 No. 05111, NACE International, 2005.
- 2. Nazari, M., Honarvar, Allahkaram dan S.R., ermani, M.B. *The effect of temperature and PH on the characteristics of corrosion product in CO*₂ *Corrosion of grade X70 steel.*
- 3. Dugstad A. 1992. The importance of FeCO₃ supersaturation on the CO₂ corrosion of carbon steels. Corrosion/92, Paper no. 14, NACE, Houston, Texas.
- 4. Anggono, J dan Tjitro, S. 1999. Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Alumunium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut. Fakultas Tekhnik. Universitas Kristen Petra. Surabaya.