

## PENGARUH GAS TERLARUT DALAM AIR INJEKSI TERHADAP LAJU KOROSI PADA FASILITAS PERMUKAAN DI INDUSTRI PERMINYAKAN

### *(Influence of Dissolved Gas in Injection Water on Corrosion Rate at Surface Facility in Oil Industry)*

Dahrul Effendi<sup>1)</sup>, dan Adeguna Ridlo Pramurti<sup>2)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Tanri Abeng

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanri Abeng

Jl. Srengseng Sawah Raya No. 58, RT. 7/RW. 3 Ulujami, Kecamatan Pesanggrahan  
Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12250

E-mail: [dahrul.efendi@tau.ac.id](mailto:dahrul.efendi@tau.ac.id); [dahrul19effendi@gmail.com](mailto:dahrul19effendi@gmail.com); [adegunapramurti@tau.ac.id](mailto:adegunapramurti@tau.ac.id)

Teregistrasi I tanggal 28 Mei 2019; Diterima setelah perbaikan tanggal 5 Juni 2019;

Disetujui terbit tanggal: 30 Agustus 2019

#### ABSTRAK

Sebelum air injeksi digunakan untuk keperluan *water flooding*, terlebih dahulu diuji kualitasnya untuk mengetahui kandungan unsur lain di dalamnya. Faktor yang memegang peranan penting dalam penentuan kualitas air injeksi salah satunya adalah faktor laju korosi. Parameter yang mempengaruhi laju korosi antara lain pH dan kandungan gas terlarut (DO, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>) di dalam air injeksi. Hasil penelitian ini memperlihatkan ketiga percontonya air (air injeksi IW-1, IW-2, dan air formasi FW) mempunyai nilai pH > 7 dan bersifat basa. Penentuan nilai laju korosi berdasarkan metode elektrokimia menggunakan alat Potentiostat. Hasil analisis dari ketiga percontonya memperlihatkan air injeksi dan air formasi bersifat korosif.

**Kata Kunci:** gas terlarut, laju korosi, fasilitas permukaan

#### ABSTRACT

*Corrosion rate plays important role in determination of injection water quality and the content of other elements before implementation of water flooding in the oilfield. Based on the results of laboratory tests, injection water IW-1 and IW-2 and also formation water FW show that the pH values of three water samples are higher than pH 7 value and base properties condition. Parameter dissolved gas in water, such as dissolved oxygen (DO), sulfide acid (H<sub>2</sub>S) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) influence corrosion rate value. Based on the the results of corrosion rate determination on three water samples mentioned above with electrochemical method using Potentiostat equipment. The results of the analysis of the three samples show injection water and formation water were corrosive.*

**Keywords:** dissolved gas, corrosion rate and surface facility

#### I. PENDAHULUAN

*Water flooding* merupakan tahap kegiatan lanjut / sekunder (*secondary recovery*) untuk meningkatkan perolehan produksi minyak di dalam industri perminyakan. Metode ini digunakan apabila tekanan pada reservoir secara alami tidak mampu lagi mendorong minyak ke permukaan

sumur. Prinsip kerja dari *water flooding* adalah dengan menginjeksikan air melalui sumur injeksi sampai ke dalam zona produktif dan akan mendesak minyak ke arah sumur produksi, sehingga minyak dapat terdorong ke permukaan dan terproduksi. Besar atau kecilnya faktor perolehan minyak pada proses *waterflooding* sangat dipengaruhi oleh

beberapa faktor, antara lain kualitas air injeksi, fluida hidrokarbon, dan porositas batuan reservoir. Sebelum penerapan *water flooding* di lapangan, uji pendahuluan di laboratorium perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas air injeksi yang akan digunakan pada proses *water flooding* tersebut apakah memenuhi persyaratan sebagai fluida pendesak. Kualitas air injeksi sangat mempengaruhi proses keberhasilan peningkatan produksi minyak di lapangan produktif dalam kegiatan industri perminyakan.

Menurut Roberge P.R., air yang mengandung gas terlarut ( $O_2$ ,  $CO_2$ , dan  $H_2S$ ) dapat menimbulkan korosi pada fasilitas permukaan. Gas terlarut ini akan mempercepat terjadinya karat pada fasilitas produksi, seperti *casing*, *tubing* dan *pipeline*.

Masalah korosi termasuk salah satu masalah serius yang sering terjadi dalam industri perminyakan.

## II. BAHAN DAN METODE

Maksud dan tujuan penelitian adalah untuk mengetahui tingkat keasaman air injeksi. Di samping itu juga untuk mengetahui gas yang terlarut di dalam air, serta pengaruhnya terhadap laju korosi pada fasilitas permukaan di industri perminyakan. Hal ini memerlukan biaya yang cukup besar dan waktu untuk menanggulangnya yang lama. Oleh karena itu sebelum air injeksi digunakan sebagai fluida pendesak pada proses *water flooding*, terlebih dahulu perlu diketahui kualitas air injeksi termasuk laju korosi. Tinggi atau rendahnya laju korosi sangat erat dengan efek korosi yang ditimbulkan pada fasilitas permukaan.

### A. Bahan

Pada penelitian ini perconto yang digunakan adalah air injeksi (IW-1), air injeksi (IW-2), dan air formasi (FW) yang berasal dari lapangan minyak D.

### B. Metodologi

Penelitian ini mempunyai ruang lingkup dan metodologi penelitian yang mencakup:

#### 1. Pengukuran tingkat keasaman (pH)

Pengukuran tingkat keasaman menggunakan peralatan pH meter (*electrometric method*) dan pH indikator *universal*. Pengujian menggunakan pH indikator *universal* dilakukan dengan cara mencelupkan kertas pH ke dalam larutan perconto air selama beberapa detik. Pembacaan pH dapat dilakukan dengan membandingkan warna kertas pH dengan warna standar yang tertera. Pengujian pH dengan menggunakan pH meter (*electrometric*

*method*) dilakukan dengan diawali proses kalibrasi menggunakan larutan buffer asam dan basa dengan pH masing-masing sebesar 4,7 dan 14,0.

#### 2. Penentuan *Dissolved Oxygen* (DO)

Penentuan *dissolved oxygen* (DO) menggunakan DO meter (*electrometric method*) dengan cara mencelupkan elektroda ke dalam beker gelas yang berisi perconto air. Perconto air di ukur selama beberapa menit, hingga pembacaan data stabil yang dibandingkan dengan temperatur.

#### 3. Penentuan Kandungan *Hydrogen Sulfida* ( $H_2S$ )

Penentuan  $H_2S$  menggunakan prinsip Titrasi iodometri (*iodometric method*). larutan standar iodin 0,1 N dimasukkan dalam labu erlenmeyer. Ditambahkan 50 ml perconto ke dalam labu erlenmeyer dan ditambahkan dengan 25 ml HCl 0,1 N. Larutan ini ditambahkan dengan indikator pati. Kemudian larutan dititrasi dengan  $Na_2S_2O_3$  0,1 N. Ketika mendekati titik akhir titrasi, larutan ini ditambahkan dengan indikator pati sehingga terbentuk warna biru dan dititrasi kembali sampai larutan menjadi tidak berwarna. Konsentrasi  $H_2S$  ditentukan melalui persamaan:

$$[H_2S] = \frac{((ml \times N) I_2 - (ml \times N) Na_2S_2O_3) \times 17,00}{ml \text{ sampel}}$$

#### 4. Penentuan Kandungan *Carbon Dioxide* ( $CO_2$ )

Penentuan kandungan  $CO_2$  dalam perconto air menggunakan prinsip *acidimetric* yaitu perconto air ditambahkan dengan 0,2 mL indikator fenolftalein dan titrasi dengan NaOH di atas permukaan berwarna putih, sampai terjadi perubahan warna merah muda (*light pink*) (pada titik ekuivalen pH 8,3). Hasil penetapan kadar  $CO_2$  dengan persamaan berikut:

$$Ppm \ CO_2 = \frac{mL \ NaOH \times N \ NaOH \times 44}{mL \ sampel} \times 1000$$

#### 5. Penentuan *Corrosion Rate* (Laju Korosi)

Penentuan laju korosi menggunakan peralatan potensiostat seperti Gambar 1. Peralatan ini terdiri atas dua buah mesin yang memiliki prinsip kerja mengirimkan arus ke *working electrode* dan juga mengirimkan besar arus yang sama ke *reference electrode*. *Working electrode* merupakan

elektroda yang ditempelkan langsung ke percontong logam yang akan diuji laju korosinya, sedangkan *reference electrode* berisi dengan logam AgCl dan larutan KCl. Besarnya arus yang dialirkan mesin potensiostat ke *working electrode* dan *reference electrode*, selanjutnya arus akan ditangkap oleh *counter electrode* yang berisi logam platina. Hasil rekaman laju arus dan beda potensial terhadap pembentukan korosi akan diplot dalam bentuk grafik dan data pada *software* khusus. Data-data diolah menjadi perhitungan laju korosi dari sampel logam terhadap sample air maupun lingkungan yang berkontak langsung dengan logam yang diuji. Berikut persamaan yang digunakan untuk perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode elektrokimia.

$$CR \text{ (mpy)} = 0,13 I_{\text{corr}} EW/\rho$$

dengan:

CR(mpy)	=	Laju korosi (mils/year)
$I_{\text{corr}}$	=	Densitas arus korosi ( $\mu\text{A}/\text{Cm}^2$ )
EW	=	Berat ekuivalen Material
P	=	Densitas material ( $\text{gr}/\text{Cm}^3$ )

Uji gas terlarut (pH, DO,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$ ) menggunakan metode API RP 45 (*American*

*Petroleum Institute Recommended Practice 45 for Analysis of Oilfield Waters*) yang dapat dilakukan di laboratorium tetapi sebaiknya dilakukan *on site tests*. Sedangkan untuk uji laju korosi dapat dilakukan di laboratorium, Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian.

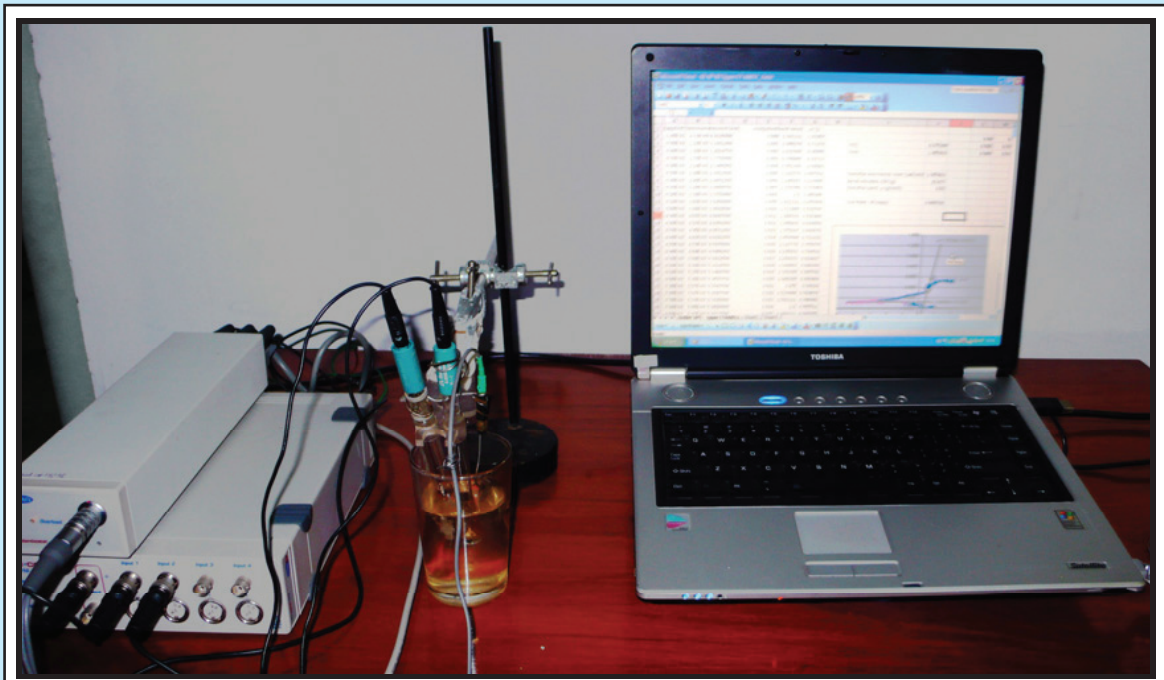
### III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil dan diskusi fokusterhadap hasil pengukuran pH dan pengaruh gas terlarut dalam air terhadap laju korosi.

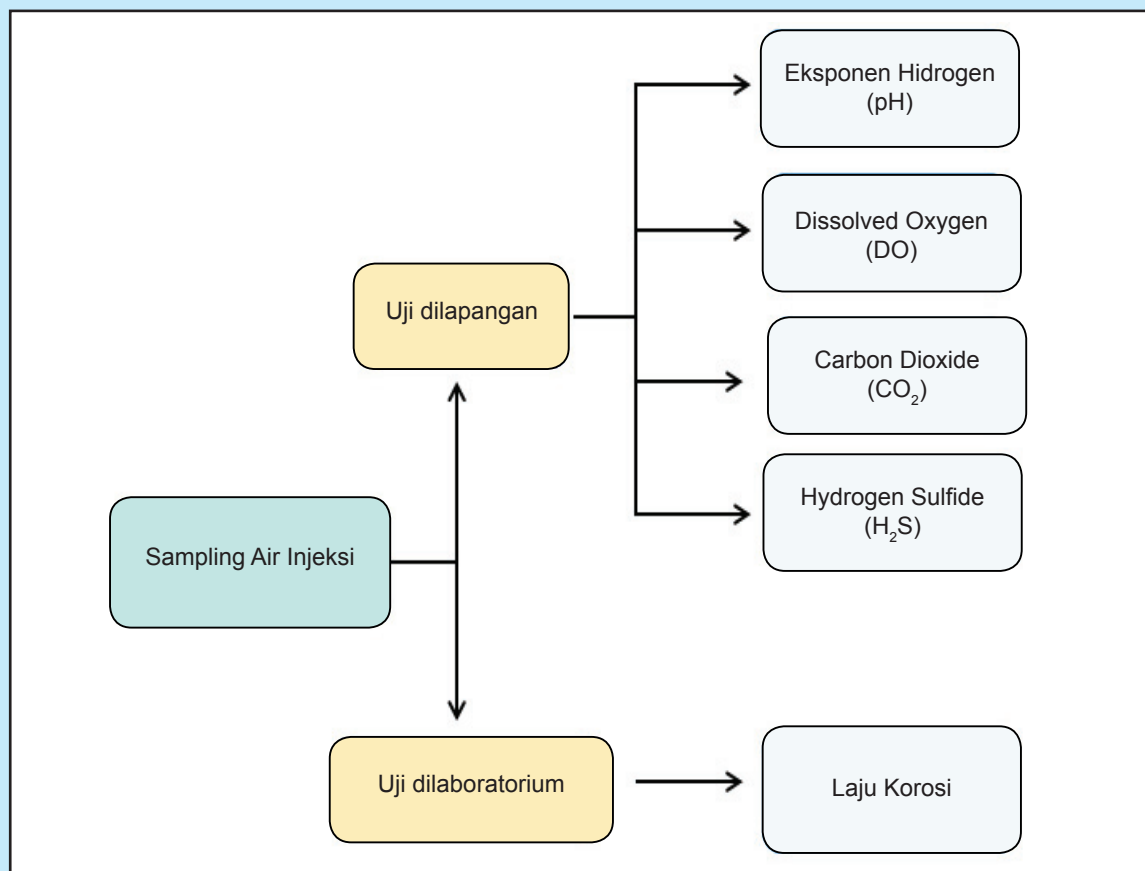
#### A. Hasil pengukuran pH pada Air Injeksi dan Air Formasi

Hasil pengukuran pH terhadapair injeksi IW-1, air injeksi IW-2, dan air formasi (FW) dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai pH di dalam air injeksi IW-1, air injeksi IW-2, dan air formasi (FW) masing-masing sebesar 7,90, 7,50, dan 8,40.

Air injeksi IW-1, air injeksi IW-2, dan air formasi (FW) menunjukkan sifat relatif basa, karena nilai pH besar dari 7,00 (netral). Menurut Bardal (2003), bahwa makin asam kondisi suatu lingkungan maka laju korosi makin tinggi, begitu juga sebaliknya makin basa kondisi suatu lingkungan maka laju korosi akan makin rendah. Diagram hubungan antara pH dengan laju korosi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1  
Peralatan potensiostat.



Gambar 2  
Diagram alir penelitian.

### B. Hasil analisa *Dissolved Oxygen (DO)* dengan temperatur pada Air Injeksi dan Air Formasi

Oksigen yang terlarut di dalam air injeksi dapat diukur dengan alat DO meter dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. Data hasil pengukuran kandungan DO di dalam air injeksi IW-1, air injeksi IW-2, dan air formasi (FW) masing-masing sebesar 1,02 ppm, 0,93 ppm, dan 2,40 ppm. Oksigen terlarut di dalam air akan memicu proses oksidasi pada logam fasilitas permukaan. Oksidasi dari logam ini merupakan proses korosi, sehingga logam pada fasilitas akan membentuk oksida logam yang dapat dilihat sebagai karat. Oleh karena itu, oksigen terlarut sangat mempengaruhi laju korosi. Kandungan oksigen terlarut yang tinggi akan meningkatkan laju korosi.

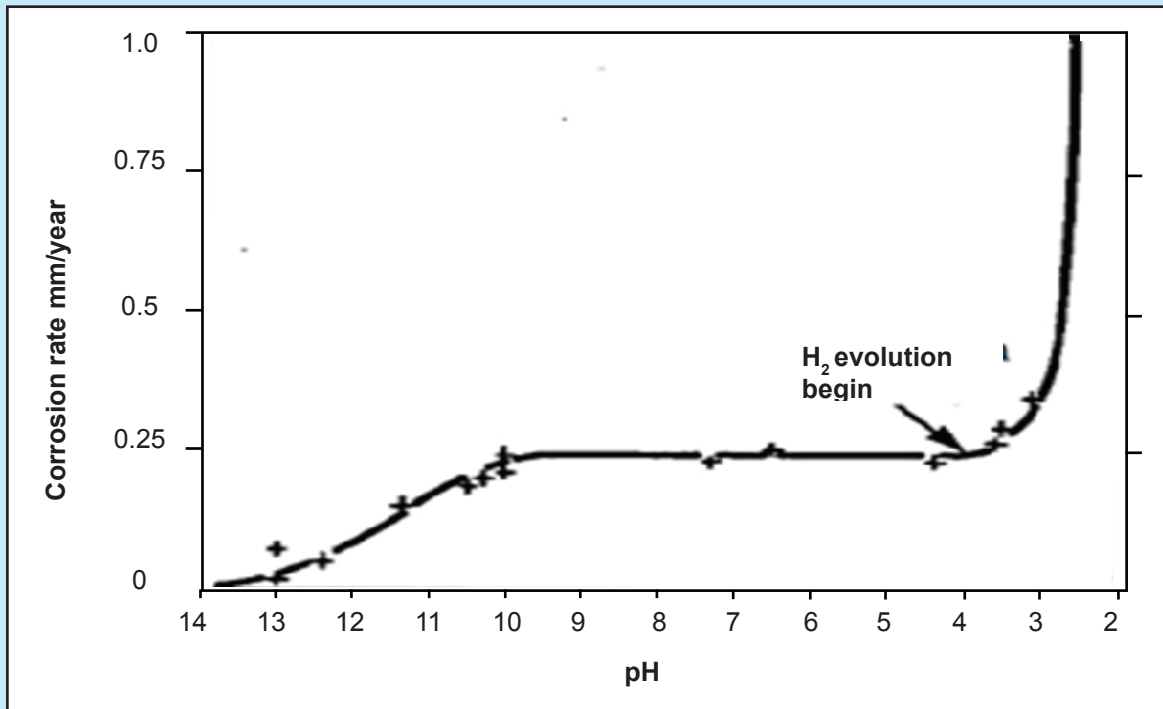
Berdasarkan hasil penelitian ini, kandungan oksigen terlarut atau dissolved oxygen (DO) di dalam

Table 1  
Hasil pengukuran pH pada air injeksi dan air formasi

No	Sample Air	pH
1	IW-1	7.90
2	IW-2	7.50
3	FW	8.40

air sangat dipengaruhi oleh temperatur. Makin tinggi temperatur, maka kandungan dissolved oxygen (DO) di dalam air makin rendah. Sebaliknya, makin rendah temperatur, maka kandungan dissolved oxygen (DO) makin tinggi.

Hal ini sesuai dengan teori dalam “*text book Corrosion and Water Technology For Petroleum Producers* (Jones, 1988) yang menjelaskan adanya pengaruh temperatur terhadap oksigen terlarut didalam air. Pengaruh temperature terhadap oksigen terlarut di dalam air ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3  
Kurva hubungan pH dengan laju korosi.

### C. Hasil penentuan konsentrasi *Carbon Dioxide* (CO<sub>2</sub>) pada Air Injeksi dan Air Formasi

Jika karbon dioksida dilarutkan dalam air, akan terbentuk asam karbonat (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas.

Berdasarkan hasil pengujian, kandungan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada air injeksi IW-1, air injeksi IW-2, dan air formasi (FW) adalah 0,00 ppm. Hal ini disebabkan oleh nilai pH dari ketiga percontonya relatif bersifat basa (pH > 7,00). Menurut Prasetyawan et al., (2017) makin tinggi pH suatu larutan atau air, maka kadar karbon dioksida yang terlarut di dalamnya akan makin rendah. Mackereth et al., (1989) mengungkapkan bahwa kondisi pH berkaitan erat dengan karbon dioksida. Karbon dioksida bebas dilepaskan selama proses respirasi akan bereaksi dengan air membentuk asam karbonat yang kemudian direduksi menjadi bikarbonat dan karbonat menyebabkan pH menjadi rendah.

Table 2  
Hasil penentuan konsentrasi *dissolved oxygen* (DO) pada air injeksi dan air formasi

No	Sample Air	Temperatur (°C)	Dissoved Oxygen (ppm)
1	IW-1	30,2	1.20
2	IW-2	31.5	0.93
3	FW	19.3	2.40

Table 3  
Hasil penentuan konsentrasi *carbon dioxide* (CO<sub>2</sub>) pada air injeksi dan air formasi

No	Sample Air	Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> ) (ppm)
1	IW-1	0.00
2	IW-2	0.00
3	FW	0.00

### D. Hasil penentuan konsentrasi *Hydrogen Sulfida* (H<sub>2</sub>S) pada Air Injeksi dan Air Formasi

Hasil penentuan *Hydrogen Sulfida* (H<sub>2</sub>S) di dalam air injeksi IW-1, air injeksi IW-2, dan air formasi



(FW) dapat dilihat pada Tabel 4. Kandungan ( $H_2S$ ) di dalam air injeksi IW-1 sebesar 0,004 ppm, IW-2 sebesar 0,003 ppm, dan di FW sebesar 0,004 ppm.

Menurut Jones LW (1988), apabila air mengandung  $O_2$ ,  $CO_2$  dan  $H_2S$  terlarut di dalam air injeksi, nilai laju korosi  $O_2$  lebih tinggi dari pada nilai laju korosi  $CO_2$  dan  $H_2S$ . Seperti yang terlihat pada Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara *dissolved gas* dengan laju korosi, bahwa nilai laju korosi  $O_2$  lebih tinggi dibandingkan nilai laju korosi  $CO_2$  dan nilai laju korosi  $H_2S$ .

**E. Hasil penentuan Laju Korosi pada Air Injeksi dan Air formasi**

Hasil penentuan laju korosi di dalam air injeksi IW-1 dan IW-2 dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa laju korosi di dalam air injeksi IW-1 adalah 0,9393 mpy, laju korosi IW-2 adalah 0,8890 mpy, dan FW adalah 0,9379 mpy.

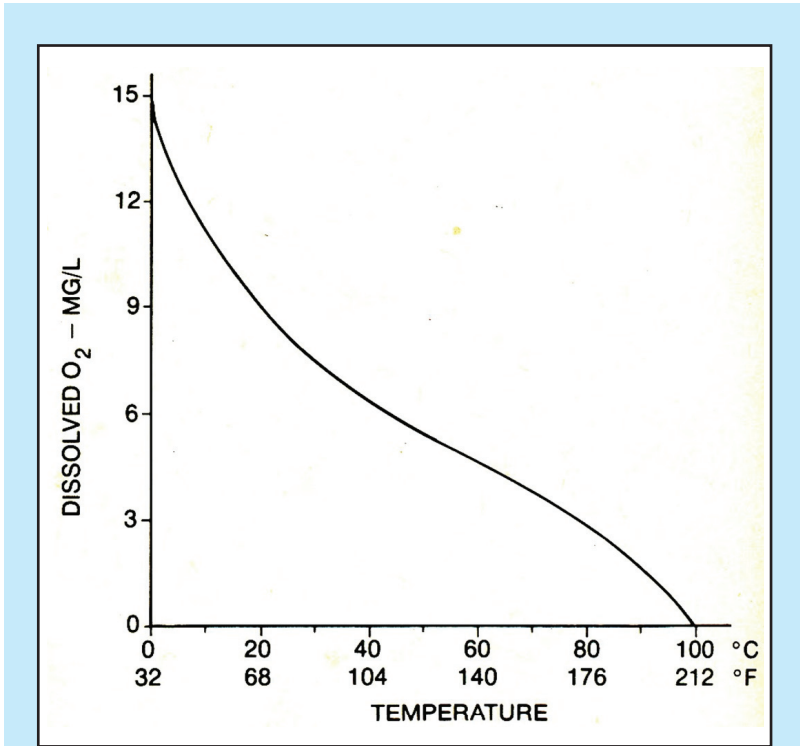
Hasil penentuan laju korosi untuk sampel IW-1 menghasilkan data  $Ln/j$  sebesar 0,8074,  $I_{corr}$  sebesar 2,2422, densitas arus korosi,  $I_{corr}$  ( $\rho A/cm^2$ ) dengan nilai 2,2422, berat ekuivalen,  $EW(g)$  sebesar 25,8770, densitas spesi,  $r$  ( $g/cm^3$ ) sebesar 8,03, dan corrosion rate, CR (mpy) sebesar 0,9393. Hasil kurvanya dapat dilihat pada Gambar 6.

Hasil penentuan laju korosi untuk sampel IW-2 menghasilkan data  $Ln/j$  sebesar 0,7525,  $I_{corr}$  sebesar 2,1222, densitas arus korosi,  $I_{corr}$  ( $\rho A/cm^2$ ) dengan nilai 2,1222, berat ekuivalen,  $EW(g)$  sebesar 25,8770, densitas spesi,  $r$  ( $g/cm^3$ ) sebesar 8,03, dan corrosion rate, CR (mpy) sebesar 0,8890. Hasil kurvanya dapat dilihat pada Gambar 7.

Hasil penentuan laju korosi untuk sampel FW menghasilkan data  $Ln/j$  sebesar 0,8059,  $I_{corr}$  sebesar 2,2388, densitas arus korosi,  $I_{corr}$  ( $\rho A/cm^2$ ) dengan nilai 2,2388, berat ekuivalen,  $EW(g)$  sebesar 25,8770,

densitas spesi,  $r$  ( $g/cm^3$ ) sebesar 8,03, dan corrosion rate, CR (mpy) sebesar 0,9379. Hasil kurvanya dapat dilihat pada Gambar 8.

Pada perhitungan laju korosi, menurut Yudha Kurniawan Afandi dkk (2015) bahwa nilai yang



**Gambar 4**  
Pengaruh *dissolved oxygen* terhadap temperatur.

**Table 4**  
Hasil analisa gas *hydrogen sulfida* ( $H_2S$ ) pada air injeksi dan air formasi

No	Sample Air	Hydrogen Sulfida ( $H_2S$ ) (ppm)
1	IW-1	0.004
2	IW-2	0.003
3	FW	0.004

**Table 5**  
Hasil penentuan laju korosi pada air injeksi dan air formasi

No.	Sample Air	Laju Korosi (mpy)
1	IW-1	0.9393
2	IW-2	0.8890
3	FW	0.9379

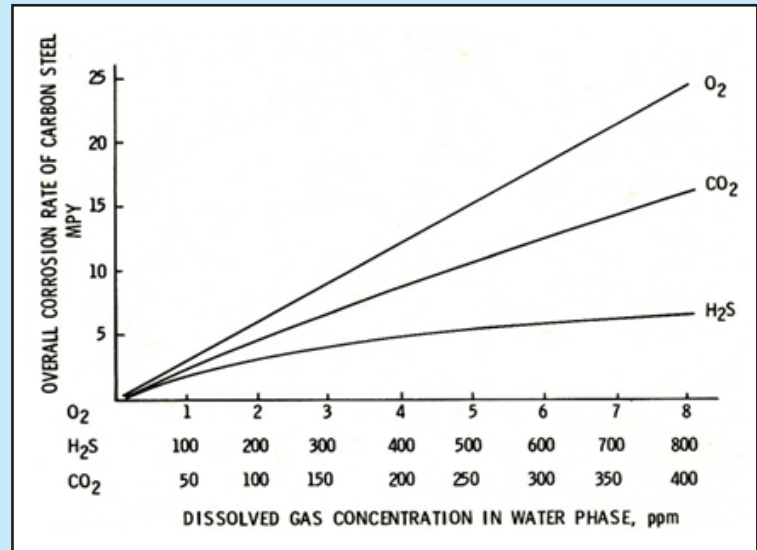
paling berpengaruh adalah nilai rapat arus (icorr). Dari nilai – nilai laju korosi yang didapatkan, terdapat hubungan bahwa makin besar nilai rapat arus (icorr), maka makin besar pula nilai laju korosinya. Begitu pula sebaliknya, makin kecil nilai rapat arus (icorr), maka makin kecil pula nilai laju korosi yang didapatkan.

Berdasarkan hasil uji korosi untuk sampel IW-1 = 0,9393 mpy, IW-2 = 0,8890 mpy, dan FW = 0,9379 mpy. Masing-masing perconto diatas juga terdapat kandungan oksigen terlarut (DO) 1,02 ppm (IW-1), 0,93 ppm (IW-2), dan 2,40 ppm (FW). Makin tinggi konsentrasi DO dalam air, maka makin tinggi laju korosinya. Hasil penelitian ini sesuai dengan penjelasan teori pada Gambar 5.

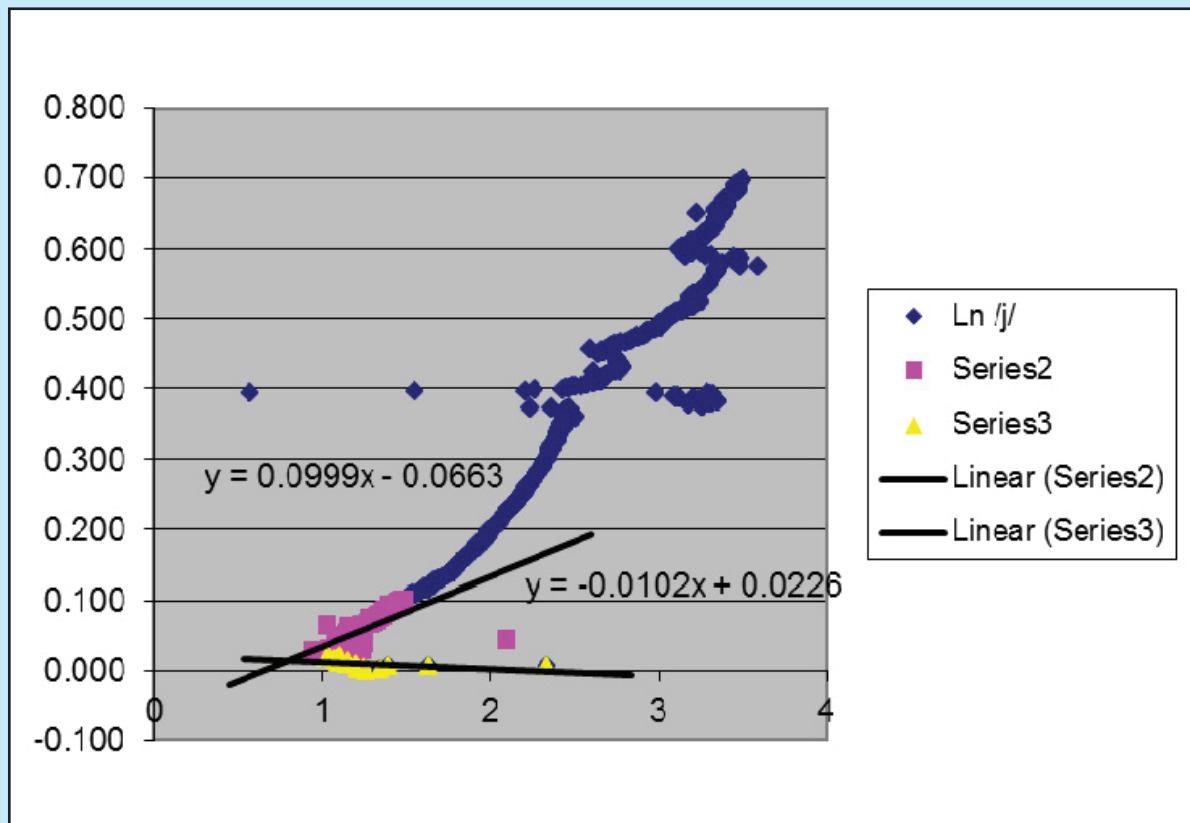
#### IV.KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil uji laboratorium, sesuai dengan standar operasional

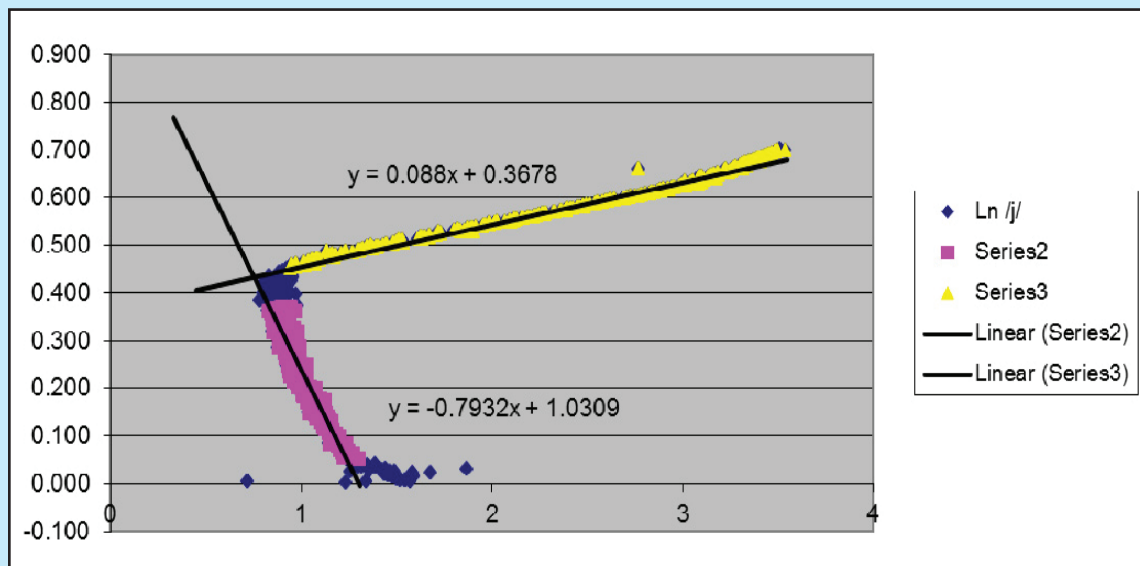
prosedur (SOP), dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran pH untuk air injeksi dan air formasi adalah bersifat basa (pH > 7,00). Air injeksi (IW-1, IW-2) dan air formasi (FW) mengandung gas terlarut.



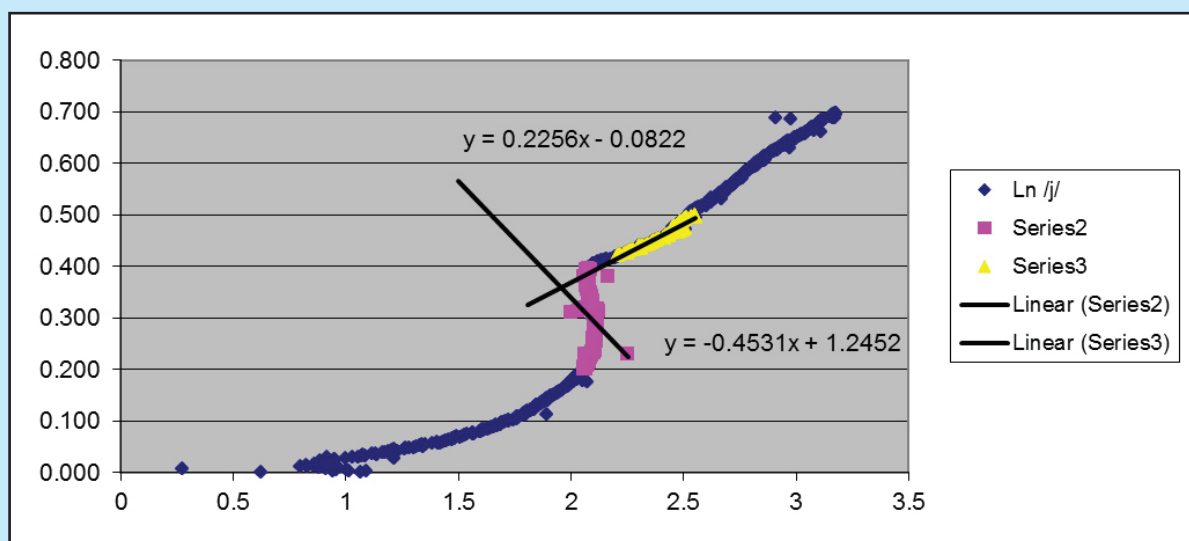
Gambar 5  
Pengaruh gas terlarut (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) dalam air terhadap laju korosi.



Gambar 6  
Kurva laju korosi air injeksi (IW-1).



Gambar 7  
Kurva laju korosi air injeksi (IW-2).



Gambar 8  
Kurva laju korosi air formasi (FW).

Kandungan gas oksigen terlarut (DO) pada air injeksi IW-1 sebesar 1,02 ppm, IW-2 sebesar 0,93 ppm, dan FW sebesar 2,40 ppm. Ketiga percontonya bersifat korosif. Kandungan H<sub>2</sub>S dalam air injeksi IW-1 sebesar 0,004 ppm, IW-2 sebesar 0,003 ppm, dan FW sebesar 0,004 ppm. Ketiga percontonya bersifat korosif. Kandungan CO<sub>2</sub> pada air injeksi IW-1 dan IW-2 yaitu 0,00 ppm. Bila dibandingkan tingkat korosi dari gas yang terlarut O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, dan CO<sub>2</sub> dalam air, bahwa air yang mengandung O<sub>2</sub> terlarut bersifat lebih korosif daripada air yang mengandung gas H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub>.

Ketiga percontonya, yaitu air injeksi IW-1, air injeksi IW-2, dan air formasi (FW) adalah bersifat korosif.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami tujukan kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (No: T/140/E3/RA.00/2019) Ristekdikti LLDIKTI Wilayah III Jakarta (No:33/AKM/MONOPNT/2019) yang telah mendanai penelitian ini, demikian juga ucapan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Widarsono, M.Sc, yang telah memberikan semangat kepada penulis juga kepada Goei dan tim.



#### KEPUSTAKAAN

- American Petroleum Institute** (API-RP-45), 2012 Recommended Practice for Analysis of Oilfield Waters, Recommended Practice-45 Third Edition,
- Bardal, Einar.** 2003. Corrosion and Protection. Trondheim: Norway
- C.D. His., J.E Trassner., H.E. Tucker.**, 1990 “Society of Petroleum Engineers, “Water flood Injection Water Quality and Remedial Treatment Study”, Prudhoe Bay Field, Alaska, SPE 20689.
- Jones, L.W.** : 1988 “ Corrosion and Water Technology For Petroleum Producers”, OGGI Publication,
- Mackereth, F.J.H., Heron, J. & Talling, J.F.**, 1989. Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists. Freshwater Biological Association, Scientific Publication, No. 36, Cumbria and Dorset, England, 120 pp
- Patton. Charles.C.**, 1986 “Applied Water Technology”, First Printing, June, , Oklahoma, USA,.
- Patton. Charles. C.**, 1977 “Oilfield Water System”, Norman, Oklahoma,.
- Prasetyawan, I. B., Maslukah, L.,& Rifai, Aziz.**, 2017 ‘Pengukuran Sistem Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai Data Dasar Pentuan Fluks Karbon Di perairan Jepara’, Buletin Oseanografi Marina Vol 6 No 1:9-16 ISSN:2089-3507
- Sutrisno, T. & Eni Suciastuti.**, 2006 Teknologi Penyediaan Air Bersih, PT Rineka Cipta, Jakarta,.
- Trendy Leo Pratam, Sulistijono & Tubagus Noor R.**, 2015, ‘Pengaruh Variasi Goresan Lapis Lindung dan variasi pH Tanah terhadap Arus proteksi Sistem Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) pada Pipa API 5L Grade B’, Jurnal Teknik ITS Vol 4 No 1 (205) ISSN 2337-3539 (2301-9271 print)
- Yudha Kurniawan Afandi, Irfan Syarif & Amiadji.**, 2015 ‘Analisa Laju Korosi pada pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating’ Jurnal Teknik ITS Vol 4 No 1 (2015) ISSN 2337-3539 (2301-9271 print)