

## ANALISIS KETAHANAN KOROSI PIPA A53 PADA LINGUNGAN OIL SLUDGE DENGAN METODE C-RING

Rony Agista Apriansyah<sup>1</sup>, Sumarji<sup>2</sup>, Gaguk Jatisukamto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: apriansyahrony@unej.ac.id

### ABSTRACT

*Corrosion is the degradation of the material surface due to reaction with the environment. Steel pipe is one of the materials vulnerable to corrosion because the piping system is always in contact with the outside environment. This research have a purpose to know influence of cold working about corrosion resistance pipe A53 on oil sludge salt water and oil sludge pond environment with c-ring method. Oil sludge is sediment of crude oil thats contain water, sediment, and oil thats can be processed again. The cold working process is carried out by providing bending loads of 114 kg, 140 kg, and 160 kg, and one material without bending. Process of corrosion testing uses weight loss method by weighing the material before it is corroded and after corrosion. Result of test showed that there was an increase of hardness on the material with bending load of 114 kg, 140 kg, and 160 kg respectively of 103.33 BHN, 134.00 BHN, and 187.66 BHN, while the material without bending had a hardness of 93.33 BHN. Corrosion rate on material without bending with oil sludge salt water is  $2,12 \times 10^{-2}$  mmpy while in oil sludge pond equal to  $1,67 \times 10^{-2}$  mmpy. Materials with bending loads of 114 kg, 140 kg, and 160 kg have a corrosion rate of  $2.35 \times 10^{-2}$  mmpy,  $2.88 \times 10^{-2}$  mmpy, and  $4.18 \times 10^{-2}$  mmpy on oil sludge salt water, and  $1.19 \times 10^{-2}$  mmpy,  $2.15 \times 10^{-2}$  mmpy, and  $3.09 \times 10^{-2}$  mmpy on oil sludge pond. Oil sludge of salt water is more reactive than oil sludge pond because it contains sea water composed of NaCl compounds which is a corrosive environment .The given bending load results in strain hardening followed by increased energy on the material so that the corrosion rate increases. Cold treatment provided resulted in cracks on the surface of the material so that the corrosion was localized to the crack and formed pitting.*

*Keywords : A53, Oil Sludge, Strain Hardening, Weight Loss*

### PENDAHULUAN

Baja banyak digunakan dalam berbagai bidang aplikasi teknik, seperti: instalasi tenaga nuklir, instalasi kimia, pengeboran, pemurnian minyak bumi, perpipaan, pertambangan, konstruksi, dan instalasi industri logam [1]. Baja memiliki keunggulan sifat mekanis diantaranya ulet, mampu bentuk, kekerasan baik, dan kekuatan yang tinggi. Baja banyak digunakan dalam berbagai industri, namun memiliki kelemahan rentan terserang korosi [2].

Pipa dikerjakan dengan proses pembentukan (forming). Proses pembentukan dibagi menjadi pengerjaan dingin dan pengerjaan panas. Proses pengerjaan dingin memerlukan energi yang lebih besar dibanding dengan pengerjaan panas, karena dalam pengerjaan dingin material dipaksa untuk dapat berubah bentuk dibawah temperatur rekristalisasi. Proses pengerjaan dingin akan mempengaruhi perubahan struktur material tersebut sehingga akan menimbulkan tegangan

internal, selain itu terjadi perubahan sifat dari material seperti: kekerasan, keuletan, dan ketahanan material terhadap korosi [3].

*Oil sludge* merupakan endapan minyak bumi yang mengandung unsur-unsur logam berat dan silikat [4]. *Oil sludge* dapat diproses kembali untuk diambil unsur minyak yang masih terdapat dalam endapan tersebut. Sistem perpipaan di industri migas akan rentan terserang korosi karena pipa akan berkontak langsung dengan produk eksplorasi berupa gas alam, minyak bumi, lumpur, dan air.

Tabel 1. Kandungan Oil sludge Pertamina [4]

No	Parameter	Kandungan (mg/ml)
1	Arsen (As)	0,18
2	Barium (Ba)	80,73
3	Boron (B)	448,64
4	Chromium (Cr)	34,69
5	Cadmium (Cd)	21,76
6	Timbal (Pb)	407,79
7	Zinkum (Zn)	142,97

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengerjaan dingin terhadap ketahanan korosi pipa A53 pada lingkungan *oil sludge* air asin dan *oil sludge pond*.

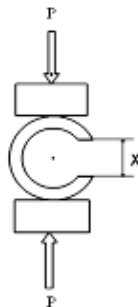
**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian pengaruh pengerjaan dingin terhadap ketahanan korosi pipa A53 pada lingkungan *oil sludge* air asin dan *oil sludge pond* adalah penelitian eksperimental. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan analisis pada pipa A53 yang diberi perlakuan dingin dengan variasi beban bending 0 kg, 114 kg, 140 kg, dan 160 kg, setelah itu material akan direndam kedalam *oil sludge* dalam kurun waktu 960 jam. Pengamatan dilakukan setiap 172 jam dan didapat data analisis berupa kondisi fisik material setelah direndam serta pengurangan massa yang terjadi pada material tersebut.

Komposisi kimia pipa A53 ialah C 0,19%, Si 0,18%, Mn 0,4%, P 0,016%, S 0,007%, Cr 0,020%. Pengujian kandungan *basic sediment and water (BS&W)* dilakukan menggunakan alat sentrifugal sesuai dengan Standart ASTM D96 (*Water and Sediment in Crude Oil by Centrifuge Method*) [5]. Pengujian sentrifugal dilakukan selama kurang lebih 15 menit dengan putaran mesin 5000 rpm. Hasil pengujian berupa endapan, air, dan minyak yang terpisah karena terdapat perbedaan massa jenis. Kandungan tersebut dikonversikan ke dalam prosentase sebagai berikut [5]:

$$\%Bs \text{ and } W = \frac{\text{volume } Bs \text{ and } W}{\text{volume oil sludge yang diuji}} \times 100\%$$

Proses bending dilakukan dengan UTM (*universal tensile machine*) dengan variasi beban bending 0 kg, 114 kg, 140 kg, dan 160 kg. Hasil proses bending diaplikasikan pada spesimen dengan cara memutar baut sehingga akan terjadi defleksi, setelah itu dilakukan pengukuran dimensi akhir pada spesimen dan disesuaikan dengan defleksi hasil proses bending. Proses bending ditampilkan pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Ilustrasi proses bending

Uji kekerasan dilakukan setelah proses bending. Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui pengaruh deformasi plastis terhadap nilai kekerasan pada spesimen. Uji kekerasan dilakukan disetiap variasi beban bending yang diberikan, yaitu pada 0 kg, 114 kg, 140 kg, 160 kg. Hasil pengamatan uji kekerasan akan dijadikan sebagai acuan pembahasan mengenai pengaruh deformasi terhadap peningkatan nilai kekerasan pada spesimen. Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan *hardness tester* tipe TH120.

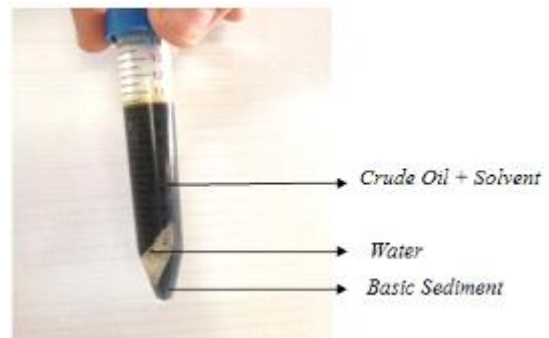
Perhitungan laju korosi menggunakan metode weight loss ASTM G1 (Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens) dengan mensubstitusikan data penniselitian kedalam rumus sebagai berikut [6]:

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \cdot W}{A \cdot T \cdot D}$$

Dimana :

- K = konstanta (mmpy  $8,76 \times 10^4$ )
- W = Kehilangan Berat (gr)
- D = Densitas ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- A = Luas Permukaan ( $\text{cm}^2$ )
- T = waktu (Jam)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Pengujian Basic Sediment and Water**



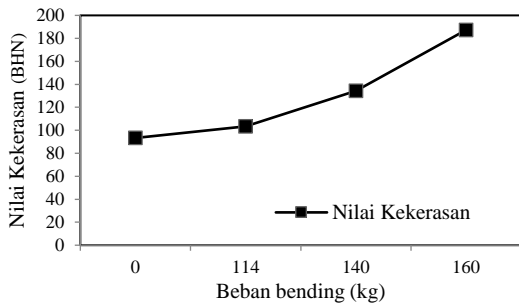
Gambar 2. Hasil pengujian sentrifugal

Gambar 2 merupakan hasil pengujian sentrifugal pada *oil sludge* dimana air, endapan pasir, dan minyak mentah dapat terpisah. Metode sentrifugal merupakan suatu metode pemisahan partikel berdasarkan berat partikel tersebut terhadap densitas layangnya. Spesimen uji terpisah menjadi 3 bagian seperti ditunjukkan pada Gambar 2, dimana minyak mentah berada di daerah paling atas karena mempunyai berat jenis lebih ringan dibandingkan air dan endapan pasir. Hasil pengujian sentrifugal disajikan dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Kandungan BS&W

Jenis <i>oil sludge</i>	Prosentase BS&W
Air asin	44%
Sludge pond	15%

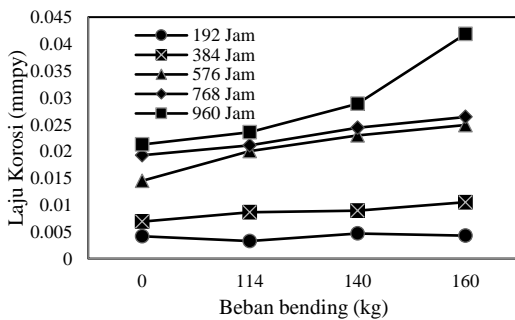
**Analisis Uji Kekerasan**



Gambar 3. Grafik hasil uji kekerasan

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kekerasan meningkat seiring dengan semakin besar beban bending yang diberikan pada material. Peningkatan kekerasan pada material dikarenakan terjadi pengerasan regang akibat deformasi. Beban tarik yang dikenakan pada bahan akan mengakibatkan reaksi berupa regangan, jika regangan masih dalam batas kemampuan bahan maka energi dari luar yang berupa beban tarik akan digunakan oleh bahan untuk mengalami peregangannya sehingga energi dalam bahan meningkat atau disebut *internal stress* [7].

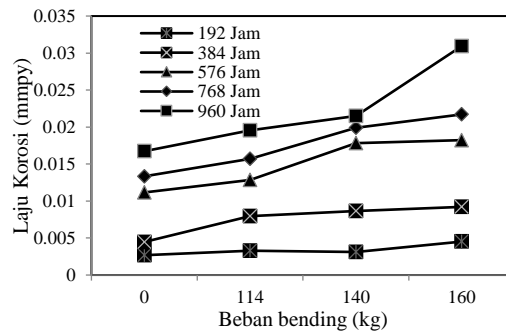
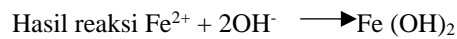
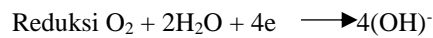
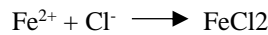
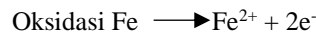
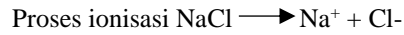
**Analisis Laju Korosi**



Gambar 4. Grafik pengaruh gaya bending terhadap korosi pada media *oil sludge* air asin 44% BS&W

Grafik pada Gambar 4 menunjukkan nilai laju korosi meningkat seiring dengan semakin besar beban bending yang diberikan. Nilai laju korosi paling besar ialah  $41,84 \times 10^{-2}$  dengan beban bending 160 kg. Pengerjaan dingin pada suatu material akan mengakibatkan deformasi yang mana akan menimbulkan *stress cell*. *Stress cell*

terjadi karena ada bagian yang mengalami tegangan berbeda dengan bagian yang lain. Bagian yang mengalami tegangan yang lebih besar akan bersifat lebih anodik sehingga akan terkorosi lebih cepat [8]. *Oil sludge* air asin merupakan endapan minyak mentah yang dieksplorasi dikawasan pantai. *Oil sludge* air asin mengandung air laut yang tersusun oleh senyawa NaCl. NaCl merupakan lingkungan yang sangat korosif karena atom  $Cl^-$  akan berikatan dengan atom  $Fe^+$ . Reaksi kimia dituliskan sebagai berikut:

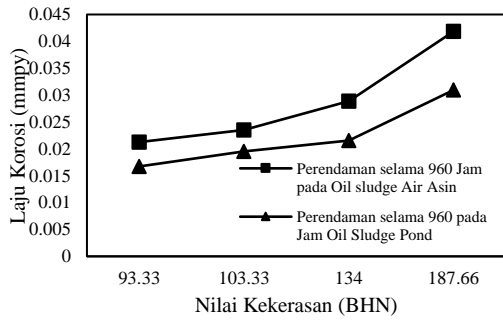


Gambar 5. Grafik pengaruh gaya bending terhadap korosi pada media *oil sludge pond* 15% BS&W

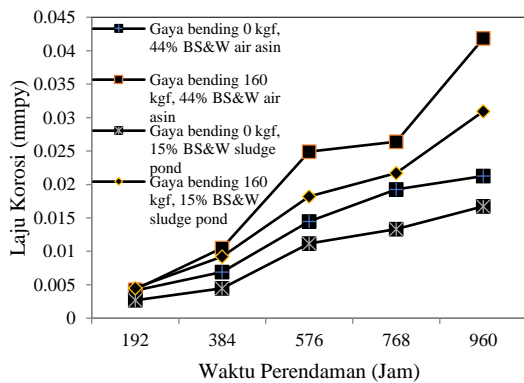
Grafik pada Gambar 5 memperlihatkan laju korosi pada perendaman *oil sludge pond*. Grafik pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa semakin besar beban bending yang diterima bahan maka nilai laju korosi akan meningkat. Besar deformasi yang terjadi pada bahan dapat mengakibatkan peningkatan energi dalam bahan sehingga energi aktivasi akan meningkat. Bagian yang mengalami tekukan akan terkorosi lebih cepat karena pada bagian tersebut bersifat lebih anodik.

Hasil analisis pada grafik Gambar 4 dan 5 menunjukkan bahwa perubahan kekerasan akibat perlakuan dingin pada material berpengaruh terhadap laju korosi. Pengerasan regang yang terjadi menimbulkan *stress cell* pada material sehingga bagian tersebut menjadi lebih anodik.

Hubungan antara perubahan kekerasan akibat perlakuan dingin terhadap laju korosi ditampilkan dalam grafik pada Gambar 6 sebagai berikut:



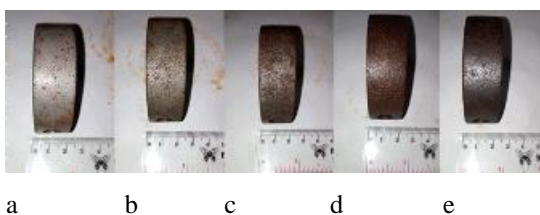
Gambar 6. Hubungan peningkatan kekerasan dengan laju korosi



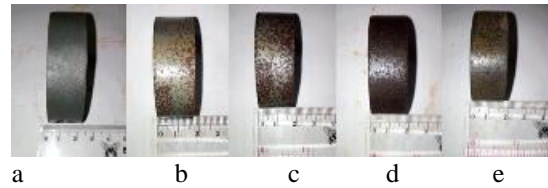
Gambar 7 Grafik perbandingan laju korosi *oil sludge* air asin dan *oil sludge pond* pada gaya bending 0 kg dan 160 kg

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan perbandingan laju korosi antara media *oil sludge* air asin dan *oil sludge pond*. Spesimen dengan beban bending 0 kg media *oil sludge* air asin 44% BS&W mempunyai laju korosi lebih besar dibandingkan spesimen beban bending 0 kgf media *oil sludge pond* 15% BS&W, perbandingan laju korosi yaitu  $20,58 \times 10^{-2} : 16,21 \times 10^{-2}$  mmpy. Spesimen dengan gaya bending 160 kg media *oil sludge* air asin 44% BS&W mempunyai laju korosi lebih besar dibandingkan spesimen dengan beban bending 160 kg media *oil sludge pond* 15% BS&W, perbandingan laju korosi yaitu  $41,84 \times 10^{-2} : 30,93 \times 10^{-2}$  mmpy. Proses eksplorasi *oil sludge* air asin dilakukan di daerah kawasan pantai sehingga terdapat kandungan air laut yang tersusun oleh senyawa NaCl sehingga jika dibandingkan dengan *oil sludge pond* media *oil sludge* air asin akan lebih reaktif terhadap material.

### Pengamatan Makro dan Mikro



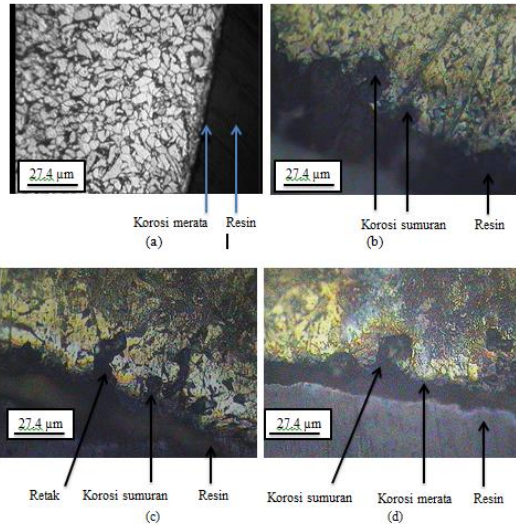
Gambar 8. Perendaman pada media *oil sludge* air asin 44% BS&W (a) 192 jam, (b) 384 jam, (c) 576 jam, (d) 768 jam, (e) 960 jam, dengan beban bending 160 kg



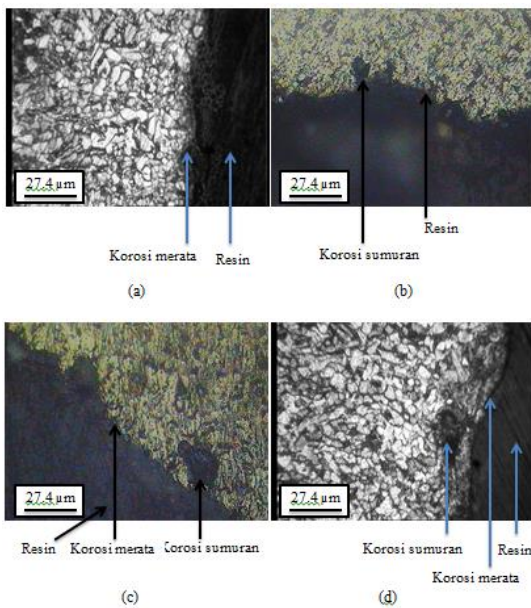
Gambar 9. Perendaman media *oil sludge pond* 15% BS&W (a) 192 jam, (b) 384 jam, (c) 576 jam, (d) 768 jam, (e) 960 jam, dengan beban bending 160 kg

Gambar 8 dan 9 memperlihatkan kondisi fisik spesimen setelah direndam kedalam media *oil sludge*. Semakin lama waktu perendaman yang diberikan maka semakin banyak produk korosi pada permukaan spesimen. Perbandingan antara perendaman 192 jam dan 960 jam terlihat jelas bahwa pada perendaman 960 jam produk korosi terlihat menyelimuti seluruh permukaan spesimen. Warna pada permukaan spesimen yang semula berwarna keabu-abuan menjadi hitam merah kecoklatan, dalam kurun waktu yang lama permukaan material akan semakin menipis akibat degradasi dari reaksi korosi yang berlangsung. Logam yang mengalami korosi akan terjadi pengurangan dimensi relatif besar persatuan waktu. Permukaan logam akan terkikis dan menjadi lebih tipis secara merata selama proses korosi berlangsung pada material tersebut [9].

Hasil foto mikro pada Gambar 10 (c) menunjukkan adanya retak pada permukaan spesimen akibat perlakuan dingin. Bagian permukaan material bersifat lebih katodik karena mendapat suplai oksigen lebih banyak sehingga bagian dalam cerukan akan bersifat anodik. Bagian yang bersifat anodik akan terkorosi lebih cepat dan membentuk sumur semakin dalam selama reaksi korosi berlangsung seperti ditunjukkan pada Gambar 10 (c), jenis korosi tersebut ialah korosi sumuran. Waktu perendaman yang diberikan pada material akan mempengaruhi kedalaman sumur, semakin lama waktu perendaman yang diberikan maka sumur yang terbentuk akan semakin dalam. Gambar 10 menunjukkan korosi merata (*uniform corrosion*) menyerang permukaan material, dengan berjalannya waktu permukaan material akan terkikis akibat reaksi korosi yang berlangsung.



Gambar 10. Foto mikro 200x perbesaran spesimen pada media *oil sludge pond* 15% BS&W, (a) 0 kg, (b) 114 kg, (c) 140 kg, (d) 160 kg.



Gambar 11. Foto mikro 200x perbesaran spesimen pada media *oil sludge* air asin 44% BS&W, (a) 0 kg, (b) 114 kg, (c) 140 kg, (d) 160 kg.

Analisis pada Gambar 11 korosi sumuran ditemukan pada material dengan beban bending 114 kg, 140 kg, dan 160 kg. Salah satu faktor yang dapat memicu munculnya korosi sumuran ialah adanya deformasi plastis yang terjadi pada bahan sehingga dapat mengakibatkan cacat fisik seperti retak pada permukaan material maupun cacat struktur. Deformasi plastis dapat meningkatkan energi dalam pada material karena dislokasi semakin rapat sehingga laju korosi akan meningkat. Merapatnya dislokasi pada material dapat diketahui dengan menganalisis perubahan kekerasan material tersebut. Hasil

pengujian kekerasan menunjukkan bahwa kekerasan meningkat secara berurutan seiring dengan semakin besar beban yang diberikan yaitu 93,33 BHN, 103,33 BHN, 134 BHN, dan 187,66 BHN.

## KESIMPULAN

1. Kekerasan pada spesimen meningkat seiring dengan semakin besar gaya bending yang diberikan karena terjadi pengerasan regang pada spesimen. Spesimen tanpa bending mempunyai kekerasan sebesar 93,33 BHN, spesimen dengan bending 114 kg mempunyai kekerasan sebesar 103,33 BHN, 140 kg mempunyai kekerasan sebesar 134 BHN, dan 160 kg mempunyai kekerasan sebesar 187,66 BHN.
2. Jenis *Oil sludge* sangat berpengaruh terhadap peningkatan laju korosi pada material. *Oil sludge* air asin dengan 44% BS&W mempunyai laju korosi sebesar  $21,25 \times 10^{-2}$  mmpy pada spesimen dengan beban bending 0 kg sedangkan *oil sludge pond* mempunyai laju korosi sebesar  $16,73 \times 10^{-2}$  mmpy pada spesimen dengan beban bending 0 kg. Hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa *oil sludge* air asin lebih korosif dibandingkan *oil sludge pond*.
3. Deformasi plastis yang terjadi pada material sangat mempengaruhi laju korosi. Peningkatan laju korosi untuk beban bending 0 kg, 114 kg, 140 kg, dan 160 kg masing-masing adalah  $21,25 \times 10^{-2}$  mmpy,  $23,52 \times 10^{-2}$  mmpy,  $28,85 \times 10^{-2}$  mmpy,  $41,84 \times 10^{-2}$  mmpy pada perendaman *oil sludge* air asin selama 960 jam dan  $16,73 \times 10^{-2}$  mmpy,  $19,54 \times 10^{-2}$  mmpy,  $21,52 \times 10^{-2}$  mmpy,  $30,93 \times 10^{-2}$  mmpy pada perendaman *oil sludge pond* selama 960 jam.

## SARAN

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memberikan variabel-variabel berdasarkan kondisi nyata di industri seperti laju aliran, tekanan pada pipa, maupun temperatur yang terjadi. Sehingga didapat hasil yang lebih akurat dan dapat diimplementasikan pada industri migas.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan melakukan pengujian karakteristik kandungan unsur kimia pada *oil sludge* sehingga dapat diketahui variabel yang mempengaruhi laju korosi sehingga didapat hasil yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Sultani, K. F. & Abdulsada, S. A. 2013. *Improvement Corrosion Resistance of Low Carbon Steel by Using Natural Corrosion Inhibitor. International Journal of Advance*



- Research*. ISSN 2320-5407. Vol. 1 (4): 239-243;
- [2] Trethewey, K.R. & J. Chamberlain. 1991. *Korosi untuk mahasiswa dan rekayasawan*. Jakarta : Gramedia;
- [3] Sofyan., B., T. 2011. *Pengantar Material Teknik*. Jakarta: Salemba Teknik;
- [4] Ilcham, Adi., Retno, Dyah Tri., Syahputra, Alan., Aprianto, M Novie. 2013. *Pengaruh Oil Sludge Pertamina Surabaya Terhadap Kuat Tekan Keramik Tradisional*. Yogyakarta : Program Studi Teknik Kimia FTI UPN Veteran Yogyakarta;
- [5] ASTM D96-88. 1998. *Standard Test Method for Water and Sediment in Crude Oil by the Centrifuge Method (Field Procedure)*. Internasional, Annual Book of ASTM Standart. USA;
- [6] ASTM G1-90. 1999. *Standart Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosin Test Specimens*. ASTM Internasional, Annual Book of ASTM Standart. USA;
- [7] Rusianto, T. 2009. *Perubahan Laju Korosi Akibat Tegangan Dalam Dengan Metode C-Ring*. JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA. ISSN 1979-8415. Vol. 2. No. 1 Agustus 2009;
- [8] Suriadi., I., K., dan Suarsana., I., K. 2007. *Prediksi Laju Korosi Dengan Perubahan Besar Derajat Deformasi Plastis dan Media Pengkorosi pada Material Baja Karbon*. Jurnal Ilmia Teknik Mesin CAKRAM. Vol. 01: 01;
- [9] Gunaatmaja, A. 2011. *Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi pada Baja Karbon Rendah dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu sebagai Inhibitor Organik di Lingkungan NaCl 3.5%*. Depok: FT UI;