

ANALISA PENGENDALIAN LAJU KOROSI PADA PIPA MINYAK BUMI LEPAS PANTAI

M. Fajar Sidiq

Akademi Perikanan Baruna Slawi

E-mail : mr_paimin@yahoo.com

Abstrak

Minyak bumi adalah suatu senyawa hidrokarbon dengan unsur utama karbon dan hidrogen, serta bahan ikutan lainnya seperti nitrogen, sulfur, dan oksigen. Minyak mentah (crude oil) hasil dari sumur tersebut mempunyai kandungan air yang sangat besar, dan juga komponen-komponen lain berupa pasir, garam-garam mineral, aspal, gas CO_2 dan H_2S , dapat menyebabkan korosi dan dapat menyebabkan terjadinya kebocoran pada pipa minyak bumi. Jenis pipa minyak bumi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah tipe ERW / API 5L X – 42. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh inhibitor korosi dan mencari konsentrasi inhibitor yang paling optimal dalam menurunkan laju korosi pada pipa minyak bumi pada variasi pengujian. Penambahan inhibitor korosi akan melindungi bagian dalam pipa minyak terhadap korosi yang disebabkan oleh fluida yang mengalir atau tersimpan didalam pipa. Inhibitor yang dipergunakan adalah Natrium Asetat (CH_3COONa), dan Natrium Nitrit ($NaNO_2$), dengan variasi konsentrasi masing-masing 0,05%, 0,1%, 0,15%, dan 0,3%. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa inhibitor Natrium Asetat dengan konsentrasi 0,3% menghasilkan laju korosi yang paling rendah. Hal ini membuktikan bahwa inhibitor korosi mampu memperlambat laju korosi yang terjadi pada material dengan salah satu caranya yaitu membuat pasif permukaan logam yang dapat dilihat dari hasil foto SEM dan EDX
Kata kunci : pipa minyak bumi ,korosi,inhibitor korosi

Abstract

Petroleum is a one of the hydrocarbon compounds with carbon and hydrogen as the principle elements, and other contaminant materials such as nitrogen, sulfur, and oxygen. Crude oil results from the wells has a very large water content, and also other components such as sand , mineral salts, asphalt, gas CO_2 and H_2S , can cause corrosion and leaks in oil pipelines. Types of oil pipelines that are used in this study is ERW / API 5L X – 42. The purpose of this study was to determine the effect of corrosion inhibitor and find the optimal concentration of inhibitors in lowering the rate of corrosion in oil pipelines on the variation of the test. Addition of corrosion inhibitor will protect the inside of oil pipelines against corrosion caused by fluid flow or stored inside the pipe. Inhibitors used is Sodium Acetate (CH_3COONa), and Sodium Nitrite ($NaNO_2$), with each variation of the concentration of 0.05%, 0.1%, 0.15%, and 0.3%. Results from this study showed that the inhibitor of sodium acetate with 0.3% concentration produced the lowest corrosion rate. This proves that the corrosion inhibitors can slow the rate of corrosion on the material with which one can make a passive metal surface that can be seen from SEM photographs and EDX.

Keywords: petroleum pipe, corrosion, corrosion inhibitor

1. Pendahuluan

Kebanyakan logam ada secara alami sebagai bijih-bijih yang stabil dari oksida-oksida, karbonat atau sulfida. Diperlukan energi untuk mengubah bijih logam menjadi sesuatu yang bermanfaat. Korosi hanyalah perjalanan sifat pembalikan satu proses yang tidak wajar kembali kepada suatu keadaan tenaga yang lebih rendah. Mencegah korosi adalah hal penting di dalam setiap proses produksi minyak dan gas. Korosi merupakan penurunan kualitas yang disebabkan oleh reaksi kimia bahan logam dengan unsur-unsur lain yang terdapat di alam (Jones, 1992). Dua jenis mekanisma utama dari korosi adalah berdasarkan reaksi kimia secara langsung, dan reaksi elektrokimia.

Korosi merupakan penurunan mutu suatu logam yang akan menyerang setiap komponen pada setiap langkah tahapan di dalam kehidupan dari tiap ladang minyak dan gas. Sebagai hasil dari pengeboran, maka akan dihasilkan minyak bumi yang didalamnya terkandung unsur utama karbon dan hidrogen, serta bahan ikutan lainnya seperti nitrogen, sulfur, dan oksigen. Minyak mentah (crude oil) hasil dari sumur tersebut mempunyai kandungan air yang sangat besar, dan juga komponen-komponen lain berupa pasir, garam-garam mineral, aspal, gas CO₂ dan H₂S, dapat menyebabkan korosi dan dapat menyebabkan terjadinya kebocoran pada pipa minyak bumi. Karena hampir mustahil untuk mencegah korosi, maka mengendalikan tingkat korosi bisa menjadi solusi paling hemat.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan penggunaan *inhibitor* korosi. Secara umum suatu *inhibitor* adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan *inhibitor* korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Mekanisma penghambatannya terkadang lebih dari satu jenis.

Sejumlah *inhibitor* menghambat korosi melalui cara adsorpsi untuk membentuk suatu lapisan tipis yang tidak nampak dengan ketebalan beberapa molekul saja, ada pula yang karena pengaruh lingkungan membentuk endapan yang nampak dan melindungi logam dari serangan yang mengkorosi logamnya dan menghasilkan produk yang membentuk lapisan pasif, dan ada pula yang menghilangkan konstituen yang agresif.

2. Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian Denis Brondeldkk (1994) menghasilkan kesimpulan bahwa industri perminyakan telah menghabiskan dana besar untuk menjinakan korosi dan mencegah logam kembali ke bentuk alaminya. Korosi akan menyebabkan kerusakan logam dan sifat-sifat mekanisnya yang akan menyerang setiap komponen pada setiap tahapan dalam ladang minyak dan gas. Dengan mengenali kapan dan bagaimana mekanisme korosi maka akan mengurangi kerugian akibat korosi dengan menghasilkan desain yang lebih tahan korosi.

Samuel (2007) meneliti tentang inhibitor korosi baja karbon sedang pada larutan 3,5M natrium klorida dan 0,3M natrium sulfida dengan menggunakan inhibitor kalium kromate dan natrium nitrit dengan berbagai variasi konsentrasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan cara metode pengukuran kehilangan berat.

Dari penelitian ini menghasilkan bahwa korosi pada baja karbon sedang pada larutan natrium klorida 3,5M lebih tinggi daripada natrium sulfida 0,3M. Hal ini dikarenakan ion klorida yang agresif. Kalium kromate menghasilkan kemampuan inhibisi yang lebih baik dalam kedua media jika dibandingkan dengan natrium nitrit, hal ini dikarenakan ion kromate menghasilkan inhibitor katodik dan anodik jika dibandingkan dengan ion nitrit yang hanya menghasilkan inhibitor anodik. Kenaikan konsentrasi inhibitor juga akan menaikkan efek inhibitor pada kedua media.

Penelitian yang dilakukan Pratikno (2006) menjelaskan tentang inhibitor korosi menyangkut sifat dari inhibitor. Penelitian ini menggunakan standar uji korosi internal yang berdasarkan standar ASTM G170-01a. Inhibitor yang divariasikan menggunakan inhibitor dengan NaNO_2 , formalin, CH_3COONa . Material yang digunakan adalah jenis *steel* ASTM A53, *steel* ASTM A106, dan *steel* ASTM A312. Larutan hidrokarbon yang digunakan sebagai fluida adalah kerosin mengikuti standar G170-01a.

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa natrium asetat dengan konsentrasi 0,3 M merupakan inhibitor yang paling baik dalam menghambat laju korosi internal diantara inhibitor natrium nitrit dan formalin. Hal ini dapat diketahui dari nilai laju korosi dan gambar struktur foto mikro pada setiap baja karbon yang telah diuji.

Kemampuan inhibitor natrium nitrit dalam air laut telah diuji oleh Oman Zuas (2003). Dalam penelitiannya, pengaruh dari konsentrasi inhibitor dan pH menjadi bagian utama dari penelitian ini. Konsentrasi inhibitor natrium nitrit yang digunakan adalah 0, 1000, 3000, 5000, dan 6000 ppm. Sedangkan pH yang digunakan 5, 6, 7, 8, dan pH 9, dimana untuk pengaturan pH dengan menambahkan larutan NaOH 1M atau HCl 1M hingga diperoleh pH yang diinginkan.

Hasil penelitian penentuan kemampuan inhibisi natrium nitrit terhadap laju korosi logam besi dalam media air laut menunjukkan bahwa natrium nitrit mampu menghambat laju korosi dengan kemampuan inhibisi tertinggi pada konsentrasi 6000 ppm yaitu sebesar 78,2 % dan laju korosi terkecil terjadi pada pH 9. Hasil analisis terhadap permukaan logam besi yang direndam dalam air laut menunjukkan terbentuknya lapisan film tipis yang berfungsi sebagai pelindung dari serangan korosi.

3. Metodologi

3.1 Material Penelitian

Material yang dipakai adalah baja pipa minyak bumi tipe ERW / API 5L X – 42 yang telah mengalami kebocoran dikarenakan terjadi korosi pada permukaan bagian dalam dari pipa tersebut dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel.1 komposisi kimia (wt%) (API, 2000)

Grade	C	Mn	P	S	Si	Al	Nb	V	Ni	Cr	Ti	Mo
API	0.26	1.3	0.03	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
5L X42	Max	Max	Max	Max								

Untuk memverifikasi material yang digunakan, maka akan dilakukan beberapa pengujian terhadap material tersebut.

- Uji komposisi

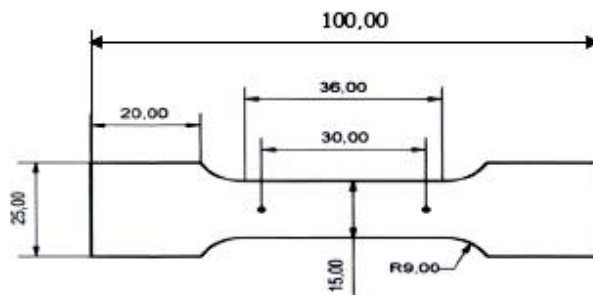
Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui komposisi dari material yang digunakan sehingga dapat kita ketahui karakteristik dari material tersebut

- Karakterisasi mikrostruktur

Karakterisasi mikrostruktur dari material akan dilihat dengan melakukan foto. Untuk mengetahui bentuk struktur mikro spesimen, yaitu dengan mengambil penampang permukaan spesimen untuk dipoles dan dietsa dengan cairan kimia (NO_3 dan etanol) selama 30 dtk. Pengamatan Struktur mikro adalah salah satu cara untuk mengetahui metalurgi permukaan substrat, sehingga dapat diketahui sifat mekanik dari material tersebut.

- Pengujian tarik

Uji tarik banyak dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan sebagai data utama bagi spesifikasi bahan.



Gambar. 1 Spesimen uji tarik

Untuk menghitung tegangan teknik (*engineering stress*) pada benda uji dapat diberikan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan σ = tegangan (kgf/mm²)
 F = beban (kgf)
 A₀ = luas penampang patah (mm²)

Sedangkan nilai regangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

dengan ε = regangan (%)
 ΔL = pertambahan panjang (mm)
 L₀ = panjang mula-mula (mm)

- Pengujian kekerasan

Kekerasan suatu bahan menyatakan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen apabila pada bahan tersebut bekerja gaya luar. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode pengujian kekerasan vickers (VHN



Gambar. 2 Metode pengujian kekerasan Vickers

Kekerasan Vickers dapat dinyatakan dengan rumus :

$$V_{HN} = \frac{2 \cdot P \cdot \sin(\theta/2)}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Dengan $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ sehingga :

$$VHN = \frac{2 \cdot P \cdot \sin(\theta/2)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots (4)$$

Dengan : VHN = Nilai kekerasan spesimen
 P = Beban terpasang (gram)
 d = diagonal bekas injakan penetrator (mm)

3.2 Analisa Laju Korosi

- **Elektrolit Korosi**

Elektrolit yang dipergunakan dalam pengujian ini adalah air yang bercampur dengan minyak mentah yang terbawa pada saat proses pengeboran. Salah satu faktor yang mempengaruhi laju korosi adalah pH dari air tersebut. Air tanah dengan pH kecil (bersifat sebagai asam) merupakan lingkungan yang korosif yang bisa menimbulkan korosi pada logam

- **Perhitungan Laju Korosi**

Kebanyakan logam ada secara alami sebagai bijih-bijih yang stabil dari oksida-oksida, karbonat atau sulfida. Diperlukan energi untuk mengubah bijih logam menjadi sesuatu yang bermanfaat. Korosi hanyalah perjalanan sifat pembalikan satu proses yang tidak wajar kembali kepada suatu keadaan tenaga yang lebih rendah. Mencegah korosi adalah hal penting di dalam setiap proses produksi minyak dan gas. Korosi yang terjadi pada bagian dalam pipa minyak bumi disebut korosi *internal*, yang biasanya disebabkan adanya fluida yang mengalir atau diam pada bagian dalam pipa. Fluida yang mengalir dalam pipa yaitu minyak mentah akan mengandung CO₂ dan, sehingga apabila terjadi kontak dengan air akan membentuk asam yang merupakan penyebab korosi.

Pengujian laju korosi dilakukan dengan tiga sel elektroda didasarkan pada metode esktrapolasi tafel. Sel tiga elektroda merupakan perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat-sifat korosi bahan. Pengujian laju korosi dilakukan dengan pengamatan intensitas arus korosi (*I_{kor}*) benda uji di dalam lingkungan air tanah. Ketepatan penentuan harga *I_{kor}* sangat penting karena *I_{kor}* berbanding langsung dengan besarnya laju korosi suatu logam di dalam lingkungannya

Penentuan harga rapat arus korosi secara tepat sangat diperlukan, karena rapat arus korosi sebanding dengan laju korosi suatu logam dalam lingkungannya. Hal ini sesuai dengan persamaan laju korosi (Jones, 1992) dalam mils (0,001 in) per *year* (mpy) seperti dibawah ini :

$$r = 0,129 \frac{ai}{nD} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan : r = laju korosi (mpy)

a = berat atom

n = valensi atom

i = rapat arus korosi (μA/cm²)

D = berat jenis sampel (gr/cm³)

Perhitungan laju korosi untuk paduan, terlebih dahulu dihitung berat equivalennya (equivalen weight= EW) dengan persamaan (Jones 1992):

$$EW = N_{EQ}^{-1} \dots\dots\dots (6)$$

$$N_{EQ} = \sum \left[\frac{\omega_i}{a_i/n_i} \right] = \sum \left[\frac{\omega_i \cdot n_i}{a_i} \right] \dots\dots\dots (7)$$

Dengan ; EW= berat equivalen

N_{EQ} = nilai equivalen total

ω_i = fraksi berat

a_i = nomor massa atom

n_i = elektron valensi

Maka persamaan (1) menjadi ;

$$r = 0,129 \frac{i_{kor} (EW)}{D} \dots\dots\dots (8)$$

Laju korosi dari rumus diatas didapat dalam satuan mils per year dapat diartikan sebagai mili per tahun yang berarti hilangnya berat sebagian spesimen karena pengaruh

korosi dalam satuan mili inci per tahun. Konversi mils per year ke satuan metrik dapat dilihat dari rumusan di bawah :

$$1 \text{ mpy} = 0,0254 \frac{\text{mm}}{\text{yr}} = \frac{25,4\mu\text{m}}{\text{yr}} = \frac{2,9\text{nm}}{\text{yr}} = \frac{0,805\mu\text{m}}{\text{yr}} \dots\dots\dots (9)$$

3.3 Inhibitor

Dengan dasar pengetahuan tentang elektrokimia proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi. Banyak cara sudah ditemukan untuk pencegahan terjadinya korosi diantaranya adalah dengan cara penggunaan *chemical inhibitor*. Secara umum inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat kimia, organik dan anorganik yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan yang korosif, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Keuntungan menggunakan inhibitor antara lain :

- Menaikan umur struktur atau bahan
- Mencegah berhentinya suatu proses produksi
- Mencegah kecelakaan akibat korosi
- Menghindari kontaminasi produk

Inhibitor korosi biasanya diukur melalui efisiensinya, yaitu dengan membandingkan laju korosi dari sistem yang ditinjau. Hal ini dirumuskan : (widharto, 2001)

$$E = \frac{K_0 - K_1}{K_0} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

Dimana : E = Efisiensi inhibitor
 K₀ = Laju korosi tanpa inhibitor
 K₁ = Laju korosi dengan *inhibitor*

Pada praktek penggunaan inhibitor, jumlah yang ditambahkan kedalam suatu sistem adalah sedikit, baik secara kontinyu maupun periodik menurut selang waktu tertentu. (Dalimunthe, 2004).

Adapun mekanisme kerjanya dapat dibedakan sebagai berikut :

- Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini sangat tipis tapi dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
- Dengan melalui pengaruh lingkungan (semisal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam dan melindunginya dari serangan korosi. Endapan yang terjadi cukup tebal sehingga dapat terlihat.
- Inhibitor terlebih dulu mengkorosi logamnya dan akan menghasilkan zat kimia yang akan teradsorpsi kedalam permukaan logam dan akan membentuk lapisan pasif pada permukaan logam.
- Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya.

3.4 Analisa Korosi

Analisis permukaan logam yang terkorosi dilakukan untuk melihat permukaan logam yang terkorosi dan permukaan logam yang ditutupi lapisan film tipis inhibitor

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Verifikasi Material

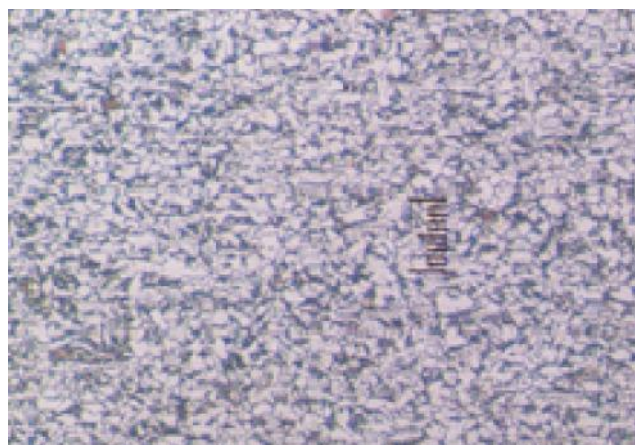
Setelah dilakukan beberapa pengujian terhadap material yang digunakan, maka didapatkan hasil yang dapat dibandingkan dengan karakteristik standar dari material tersebut.

- Hasil pengujian komposisi memperlihatkan bahwa pada material uji mempunyai komposisi yang masih dalam batasan komposisi material pipa API 5L X-42. Adanya penambahan Cr dan Cu pada paduan baja digunakan untuk meningkatkan ketahanannya terhadap korosi

Tabel. 2 Perbandingan komposisi material uji

material	Komposisi Kimia (wt%)												
	C	Mn	P	S	Si	Al	Nb	V	Ni	Cr	Ti	Mo	Cu
Material Uji	0.166	0.608	0.094	0.024	0.262	0.042	0.022	0.010	0.066	0.045	0.007	0.062	0.133
API 5L X42	0.26 Max	1.3 Max	0.03 Max	0.03 Max	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Foto mikro dari material yang digunakan dapat kita lihat pada gambar 3 dibawah ini. Dapat kita lihat bahwa struktur mikro dari material tersebut terdiri dari *ferrit* dan *perlit* yang secara umum dapat terlihat pada baja karbon rendah. Karakteristik mikrostruktur dari material tersebut merupakan butiran halus *ferrit* dan *perlit* yang arah orientasinya memanjang searah pengerolan



Gambar. 3 Foto mikro material

- Hasil dari pengujian komposisi, uji tarik dan uji kekerasan dapat kita lihat pada tabel dibawah ini:

Tabel. 3 Perbandingan properti mekanik

Material	Yield Stress (MPa)	Ultimate Stress (MPa)	% Elongation	Vickers Hardness Number (Kg/mm ²)
Material Uji	396.0	486.8	16.5	162.3
API 5L X42	290 min	414min	25 min.	

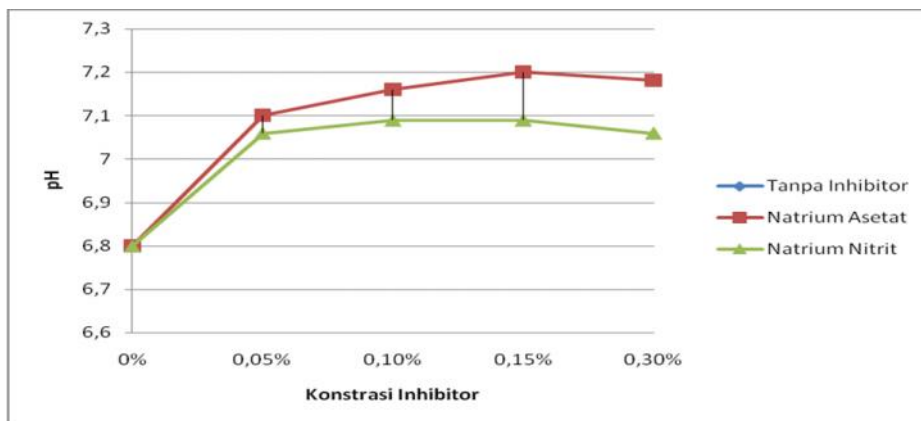
Dari dua tabel perbandingan diatas terlihat bahwa karakteristik material yang diuji sesuai dengan karakteristik dari material pipa API 5L X-42. Hal ini menegaskan bahwa material yang digunakan adalah benar pipa API 5L X- 42 sesuai dengan hasil pengujian yang telah dilakukan.

4.2 Analisa Korosi

• Elektrolit Korosi

Berdasarkan Grafik (1) dapat kita lihat bahwa pH dari elektrolit yang digunakan bersifat asam (pH 6,8), hal ini menunjukkan bahwa elektrolit yang digunakan dalam pengujian korosi ini bersifat korosif. Dengan penambahan inhibitor pada elektrolit yang digunakan terjadi kenaikan pH. Pada elektrolit Natrium Asetat dan Natrium Nitrit pH tertinggi

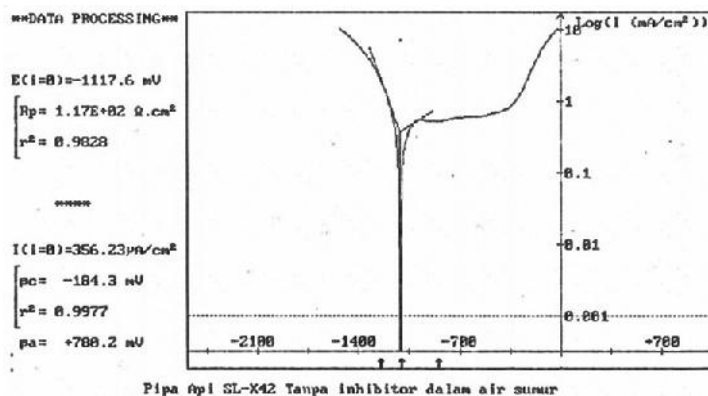
diperoleh pada konsentrasi 0,15%, sedangkan pada konsentrasi 0,3% terjadi penurunan sedikit terhadap pH.



Grafik.1 Grafik perubahan pH.

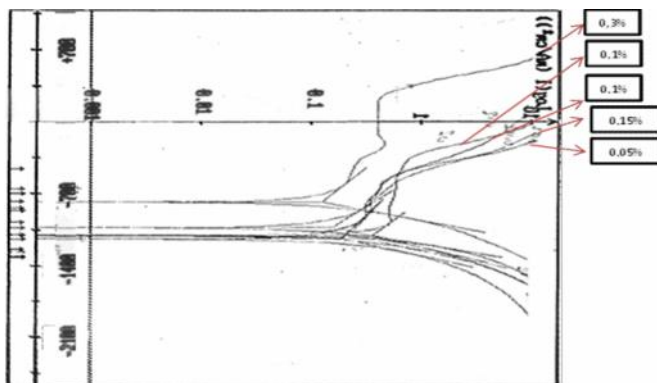
• **Perhitungan Laju Korosi**

Pengujian laju korosi dilakukan dengan tiga sel elektroda didasarkan pada metode esktrapolasi tafel. Sel tiga elektroda merupakan perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat-sifat korosi bahan.

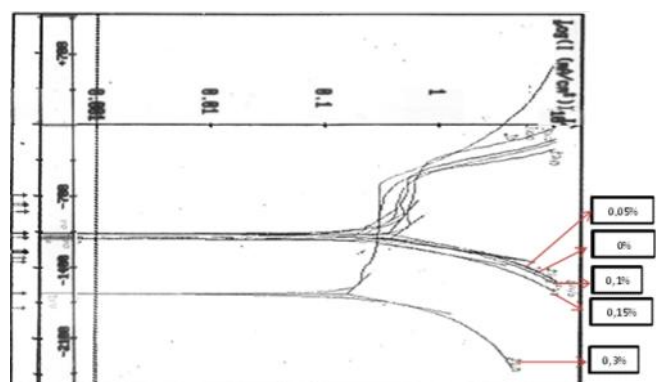


Pipa Api SL-X42 Tanpa inhibitor dalam air sumur

(a)



(b)



(c)

Grafik. 2 Hasil pengujian korosi

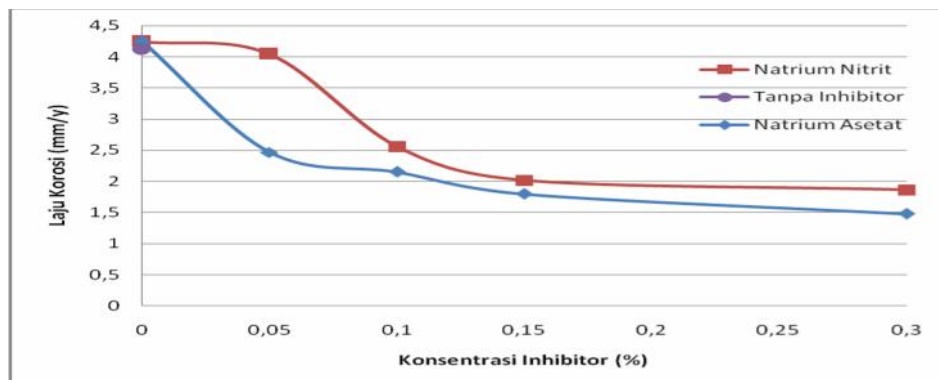
Dari grafik diatas pada pengujian tanpa inhibitor (grafik a) terlihat bahwa tidak terbentuk lapisan pasif, sehingga laju korosi menjadi lebih cepat, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan inhibitor (grafik b dan c) terlihat adanya pembentukan lapisan pasif pada permukaan dikarenakan adanya ion yang

mengoksidasi. Pada inhibitor natrium asetat (b) terlihat bahwa terjadi kenaikan nilai Ecorr yang selaras dengan penurunan Icorr yang terjadi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lapisan pasiv yang terbentuk pada inhibitor Natrium Asetat mempunyai ketebalan/ kekuatan yang stabil, sehingga mampu mengurangi laju korosi dengan optimal. Dari grafik (c) dapat dilihat bahwa Ecorr yang terjadi mengalami penurunan seiring dengan naiknya konsentrasi yang dibarengi dengan turunnya Icorr. Hal ini menandakan bahwa lapisan pasiv yang terbentuk pertambahan tebalnya sedikit sekali. Bahkan pada konsentrasi 0,3% efektifitas dari inhibitor sudah tidak mengalami kenaikan yang tinggi lagi, sehingga dimungkinkan bahwa inhibitor Natrium Nitrit dengan konsentrasi 0,3% telah mencapai harga maksimal dari kemampuan inhibitor Natrium Nitrit.

Berdasarkan hasil pengujian dari inhibitor korosi diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa inhibitor natrium asetat merupakan inhibitor yang paling efektif dalam menghambat laju korosi pada elektrolit air minyak bumi pada konsentrasi pengujian. Hal ini mungkin dikarenakan lapisan pasiv yang dibentuk oleh inhibitor natrium asetat mempunyai tebal yang mampu menghambat terjadinya korosi. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada tabel dibawah ini:

Tabel. 4 Perbandingan nilai laju korosi

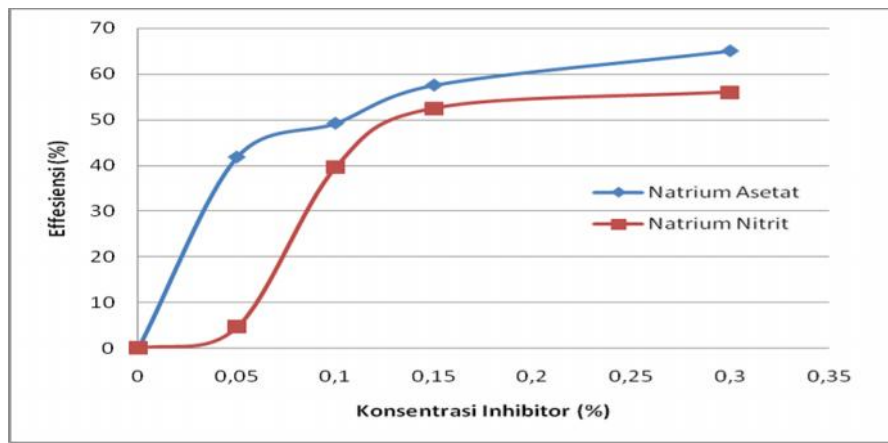
Inhibitor	Tanpa	Natrium Asetat				Natrium Nitrit			
	Inhibitor	0,05%	0,10%	0,15%	0,3%	0,05%	0,10%	0,15%	0,3%
Rapat Arus									
Korosi ($\mu A/cm^2$)	356,23	207,15	180,79	151,01	156,54	339,46	214,99	169,15	156,54
Laju Korosi									
(mm/yr)	4,242	2,466	2,152	1,798	1,480	4,042	2,560	2,014	1,864



Grafik. 2 Perbandingan Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Korosi Pada Pipa API 5L X-42

4.3 Efisiensi Inhibitor

Inhibitor korosi biasanya diukur melalui efisiensinya, yaitu dengan membandingkan laju korosi dari sistem yang ditinjau. Hasil pengujian laju korosi mengindikasikan adanya pengaruh inhibitor terhadap penurunan laju korosi.



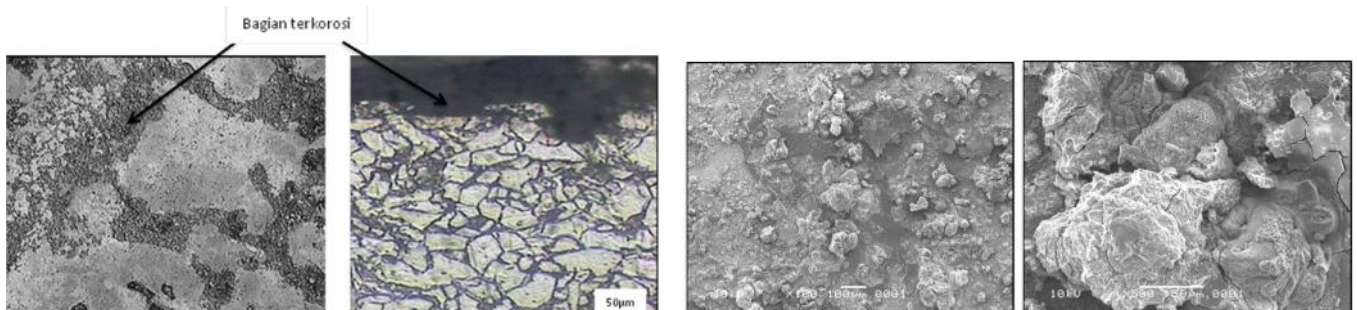
Grafik 3 Efisiensi Inhibitor

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa efisiensi dari kedua inhibitor akan semakin meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi *inhibitor*. Efisiensi tertinggi diperoleh oleh inhibitor natrium asetat dengan nilai 65,104%. Hal ini dikarenakan asetat sebagai anion mampu mengoksidasi permukaan logam dengan lebih baik pada konsentrasi pengujian dibandingkan dengan inhibitor natrium asetat

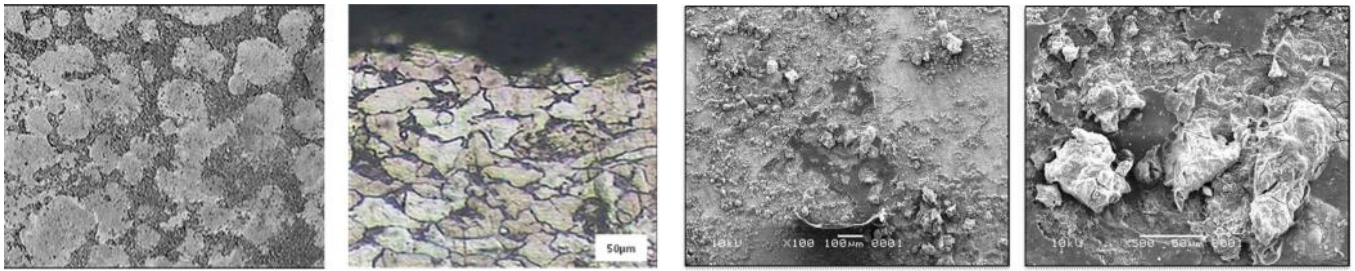
4.4 Analisa Korosi

Gambar (4.10) dibawah memperlihatkan struktur makro dan penampang mikro dari spesimen yang terkorosi. Pada Gambar (a). merupakan penampang korosi dari pengujian tanpa inhibitor, dimana terlihat bahwa korosi telah merusak sebagian besar permukaan logam, jika dilihat jenis korosi yang terjadi adalah korosi seragam dan pitting korosi. Pada spesimen ini tidak terlihat adanya bagian permukaan logam yang terlindungi oleh lapisan pelindung.

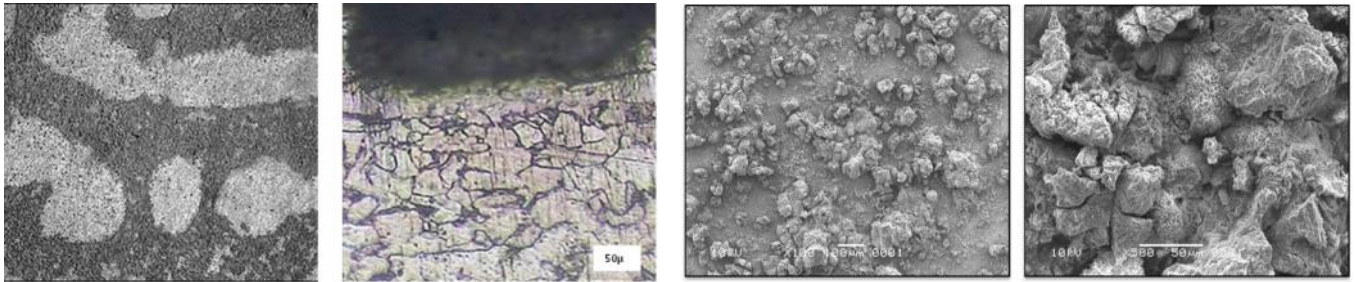
Dengan penggunaan inhibitor Natrium Asetat (Gambar b), terlihat bahwa luas permukaan logam yang terkorosi menjadi semakin kecil dibandingkan dengan inhibitor natrium Nitrit (Gambar c) hal ini sesuai dengan kemampuan inhibitor natrium asetat yang mempunyai kemampuan inhibisi yang lebih baik dibandingkan dengan natrium nitrit. Korosi yang terjadi mengindikasikan korosi seragam. Pada kedua inhibitor ini terlihat adanya bagian permukaan yang masih terlindungi yang mengindikasikan adanya lapisan pelindung yang bekerja dengan baik Adanya pengurangan permukaan yang terkorosi disebabkan oleh adanya lapisan pasif yang dibentuk oleh inhibitor yang dipergunakan yang mampu mengurangi laju korosi yang terjadi.



(a)



(b)



(c)

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh inhibitor korosi terhadap laju korosi pipa API 5L X – 42, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Korosi yang terjadi akibat adanya CO₂ dan H₂S pada minyak bumi, yang bila bereaksi dengan air akan membentuk asam. Hal ini terbukti dari uji pH elektrolit yang menunjukkan larutan bersifat asam. (pH 6,8)
2. Nilai laju korosi untuk material tanpa inhibitor adalah sebesar 4,242 mm/yr, sedangkan nilai laju korosi dengan penggunaan inhibitor Natrium Asetat dengan variasi konsentrasi masing-masing adalah: 2,466; 2,152; 1,798; 1,480 mm/yr. Nilai laju korosi dengan inhibitor Natrium Nitrit masing-masing adalah: 4,042; 2,560; 2,014; 1,864 mm/y. Dengan demikian Dalam variasi konsentrasi pengujian, inhibitor yang terbaik untuk digunakan dalam menghambat laju korosi adalah Natrium Asetat, karena mampu menurunkan laju korosi paling optimal, dengan nilai laju korosi 1,480 mm/yr dan mempunyai nilai efisiensi inhibitor mencapai 65,104%.
3. Inhibitor dapat menghambat laju korosi dikarenakan adanya anion yang mengoksidasi seperti asetat sehingga dapat menghasilkan permukaan pasif pada permukaan logam. Hal ini dapat dilihat dari hasil foto SEM dan EDX yang memperlihatkan adanya lapisan pelindung pada permukaan logam.

6. Daftar Pustaka

1. ASM Handbook, 1992, "CORROSION", *Metal Handbook*, vol. 13
2. Azvedo, C. R. F., Sinatora, A., 2003, "Failure Analisis of a Gas Pipeline", Sao Paulo, Brazil
3. Chang, J., McMannis, C., Sandall, B., Sharma, V., and Zver, J., 2001, "Metallurgical analysis of a corrosion failure", *Journal of Failure Analysis and Prevention*, Volume 1, Number 6, 20-21
4. Callister, W.D., 2007, "Material Science and Engineering an Introduction 7^{ed}", Wiley
5. Dalimunthe, I. S., 2004, "Kimia Dari Inhibitor Korosi", Universitas Sumatra Utara

6. Denis, B. M., Randy, E. C., Andrew, H. C., Donald, H. T., Shreekant, M., Tony, S., 1994, "Corrosion in The Oil Industry", *Oilfield Review*
7. Gordana, M. B., Vera, M. S. Z., Milos, B. D., Biljana, M. A., 2007, "Probability of Failure of Thermal Power Plant Boiler Tubing System Due to Corrosion", *FME Belgrade*, Vol.35, No.1.
8. Jones, D.A., 1991, "*Principle and Prevention of Corrosion*", Mc. Millan Publishing Company, New York
9. Majid, Z. A., Mohsin, R., Yaacob, Z., Hassan, Z., 2009, "Failure analysis of natural gas pipes", *Engineering Failure Analysis* Volume 17, Issue 4, Pages 818-837
10. Malik, A. U., Andjani, I., Mobin, M., Al-Muaili, F., Al-Hajri, M., 2005, "Corrosion Of Boiler Tubes Some Case Studies", *SWCC Acquired Experience Symposium*, pp. 739-763
11. Pratikno, H., 2006, "Pengaruh Inhibitor Terhadap Korosi Internal Pada Material Pipa Migas", *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 7 No. 1
12. Roberge, P. R., 1999, "*Handbook of Corrosion Engineering*", McGraw-Hill Companies, Inc., New York
13. Trethewey, K. R. & Chamberlain, J., 1991, "*Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
14. Uhlig, H.M., 2000, "*Uhlig's Corrosion Handbook, Second Edition*", John Wiley & Sons, Inc.
15. Widharto, S., 2001, "*Karat dan Pencegahannya*", P.T. Pradnya Paramita, Jakarta

Riwayat Hidup

M. Fajar Sidiq, S.T, adalah seorang pengajar Akademi Perikanan Baruna Slawi, Tegal. Lahir di Brebes pada tanggal 8 Agustus 1979 dan menyelesaikan pendidikan dasar di SDN III kaligangsa wetan Brebes, SMPN I Brebes, dan SMUN II Brebes. Setelah menyelesaikan pendidikan SMU kemudian tahun 1998 meneruskan pendidikannya pada Teknik Mesin Undip dan mengambil tugas akhir Pembuatan Serbuk Dengan Metode *Water Atomization*, selesai S1 tahun 2004. Pada tahun 2005 menjadi dosen PNS DPK pada Akademi Perikanan Baruna Slawi. Tahun 2010 menyelesaikan Thesis pada Pasca Sarjana Teknik Mesin UGM Analisa Korosi Dan Pengaruh *Inhibitor* Korosi.