

PENGARUH *INHIBITOR* KOROSI TERHADAP LAJU KOROSI INTERNAL PIPA

M. Fajar Sidiq¹⁾, Soebyakto²⁾, M. Agus Shidiq³⁾

^{1) 2) 3)} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal

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 CO₂ dan H₂S, 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. Untuk menghambat dan mengurangi laju korosi maka dipergunakan inhibitor korosi. Inhibitor yang dipergunakan adalah Natrium Asetat dengan tiga variasi konsentrasi yang berbeda. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa inhibitor Natrium Asetat dengan konsentrasi 0,15% 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.

Kata kunci : *pipa minyak bumi, korosi, inhibitor korosi*

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 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.

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.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai analisa kegagalan pipa gas telah dilakukan oleh Azevedo dan Sinatora (2003). Dari penelitian ini dihasilkan bahwa penyebab terjadinya kavitas adalah aksi dari mekanisme erosi selama proses *sandblasting*, dimana menyebabkan terjadinya pengecilan ketebalan dari pipa dan menyebabkan kegagalan lokal dari pipa karena *ductile mechanism* selama pengujian hidrostatic.

Penelitian mengenai korosi pada pipa telah dilakukan oleh Arzola dan Genesca(2004). Penelitian ini menghasilkan data pengujian elektrokimia mengenai korosi yang dialami oleh pipa API 5L X-47

yang dicelupkan dalam lingkungan cair yang berisi H₂S. Elektrolit yang digunakan adalah larutan NaCl dengan 3% berat yang masing-masing berisi 100, 650, dan 2550 ppm H₂S. Korosi dari baja digambarkan sebagai rata-rata dari impedansi spektroskopi elektrokimia.

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 NaNO₂, formalin, CH₃COONa. 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.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan melakukan beberapa pengujian terhadap material yang diteliti.

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%)

Grade	C	Mn	S	P	S	Al	Nb	V	Ni	Cr	Ti	Mo
API 5L X42	0.29	1.25	0.35	0.04	0.05	0.04	0.05	0.07	-	-	-	-
	Max	Max	Max	Max	Max							

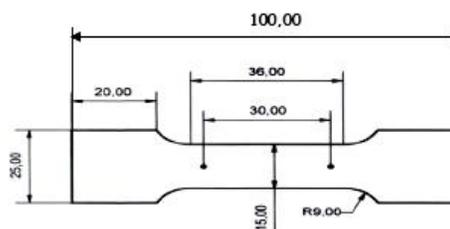
Untuk memverifikasi material yang digunakan, maka akan dilakukan beberapa pengujian terhadap material tersebut.

- 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 (NO₃ 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.



Gb. 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:

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

dengan ε = regangan (%)
 ΔL = pertambahan panjang (mm)
 L_0 = 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)



Gb. 2 Metode pengujian kekerasan Vickers

Kekerasan Vickers dapat dinyatakan dengan rumus :

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

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

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

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

Analisa Korosi

Untuk mengetahui jenis korosi yang terjadi perlu dilakukan beberapa analisa terhadap material yang terkorosi, korosi yang terjadi, dan kecepatan aliran, sehingga bisa ditentukan penyebab dan jenis korosi yang terjadi.

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 ($\mu A/cm^2$)
 D = berat jenis sampel (gr/cm^3)

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 (7) 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

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

Inhibitor

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.

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

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

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 periodic menurut selang waktu tertentu. (Dalimunthe, 2004). Jenis *inhibitor* yang dipelajari adalah *Natrium Asetat*

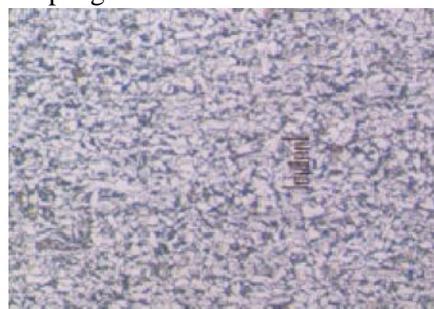
pengaruh korosi dalam satuan mili inci per tahun. Konversi mils per year ke satuan metrik dapat dilihat dari rumusan di bawah ;

(CH₃COONa) dengan konsentrasi 0,05 %, 0,1 % dan 0,15 %.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Verifikasi Material

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



Gb. 3 Foto Mikro Material

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

Tabel. 2 Perbandingan Komposisi Material Uji

materia I	Komposisi Kimia (wt%)												
	C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	V	Ni	Cr	Ti	Mo	Cu
Material	0.16	0.60	0.26	0.09	0.02	0.04	0.02	0.01	0.06	0.04	0.00	0.06	0.13
	6	8	2	4	4	2	2	0	6	5	7	2	3
API	0.29	1.25	0.35	0.04	0.05	0.04	0.05	0.07	-	-	-	-	-
5L X42	Max	Max	Max	Max	Max								

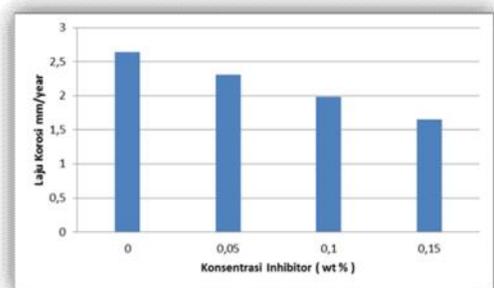
Tabel. 3 Perbandingan Properti Mekanik

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	289 min	413 min	25 min.	230 max

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.

Analisa Laju Korosi

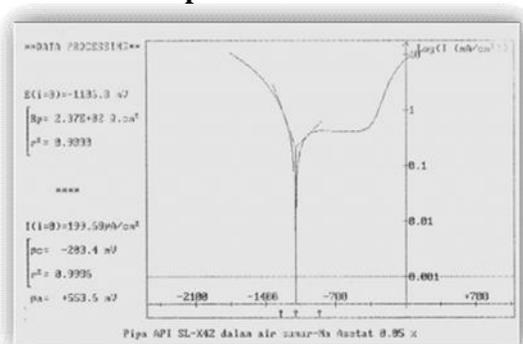
Pengujian laju korosi dilakukan dengan tiga sel elektroda didasarkan pada metode esktrapolasi tafel. Sel tiga elektroda merupakan perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat-sifat korosi bahan.



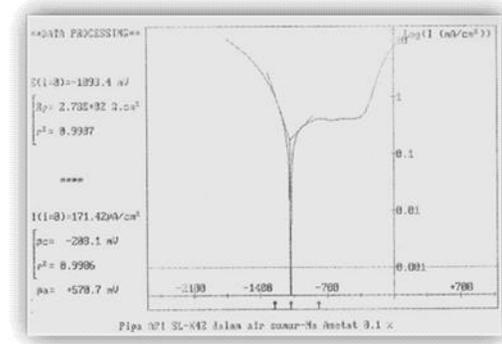
Grafik. 1 Perbandingan Pengaruh Konsentrasi *Inhibitor Natrium Asetat* Terhadap Laju Korosi *Internal* Pada Pipa API 5L X-42

Grafik diatas memperlihatkan bahwa penggunaan *inhibitor* korosi dapat menurunkan laju korosi *internal* pada material pipa minyak. Laju korosi tanpa *inhibitor* pada material pipa menunjukkan nilai 2,64 mmpy, sedangkan dengan adanya penambahan *inhibitor Natrium Asetat* nilai laju korosi mengalami penurunan seiring dengan penambahan konsentrasi *inhibitor*. Penurunan laju korosi mencapai nilai kisaran 0,25 mmpy dengan naiknya 0,005% konsentrasi *inhibitor*, dengan nilai terendah laju korosi didapatkan 1,65 mmpy pada konsentrasi 0,15% *inhibitor Natrium Asetat*. Penurunan laju korosi ini disebabkan karena adanya asetat sebagai anion yang mengoksidasi sehingga dapat membuat pasif permukaan baja, seperti terlihat pada grafik hasil pengujian korosi dibawah.

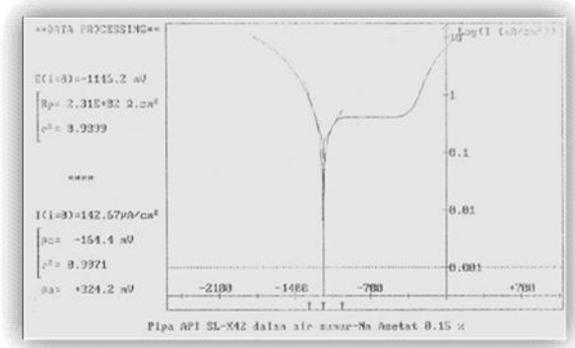
Dari grafik diatas terlihat bahwa pada pengujian dengan menggunakan inhibitor (grafik a,b,dan c) terlihat adanya pembentukan lapisan pasif pada permukaan dikarenakan adanya asetat yang mengoksidasi. Sedangkan pada pengujian tanpa inhibitor (grafik d) terlihat bahwa tidak terbentuk lapisan pasif, sehingga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



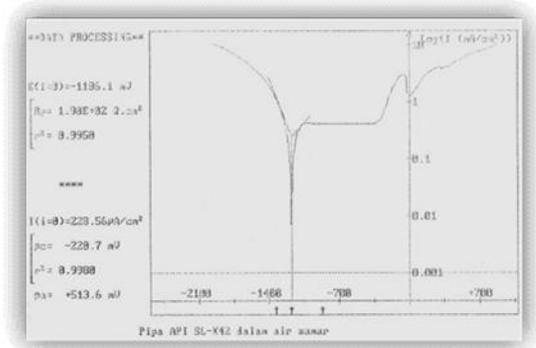
(a)



(b)



(c)

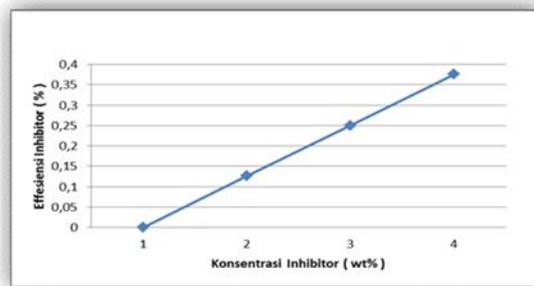


(d)

Grafik. 2 hasil Pengujian Korosi

Effisiensi *Inhibitor*

Inhibitor korosi biasanya diukur melalui efesiensinya, 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 kita lihat bahwa effisiensi *inhibitor Natrium Asetat* semakin meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi *inhibitor*. Hal ini dikarenakan asetat sebagai anion akan mengoksidasi permukaan logam sehingga dapat membuat pasif permukaan baja. Untuk meningkatkan effisiensi dari *inhibitor Natrium Asetat* kita dapat menaikkan konsentrasi *inhibitor* sesuai dengan trend grafik yang ada.

KESIMPULAN

1. Analisa terhadap material yang digunakan menunjukkan bahwa material

yang digunakan adalah benar pipa API 5L X-42.

2. Pengujian *Inhibitor* terhadap laju korosi *internal* pada material pipa minyak API 5L X-42 dengan *inhibitor Natrium Asetat* memperlihatkan bahwa trend perlindungan terhadap korosi dan effisiensi *inhibitor* akan naik seiring dengan naiknya konsentrasi *Natrium Asetat*, dimana pada konsentrasi tertinggi pada pengujian 0,15% *Natrium Asetat* merupakan *inhibitor* yang paling baik dalam menghambat laju korosi *internal*.
4. *Inhibitor natrium asetat* dapat menghambat laju korosi dengan cara mengoksidasi sehingga menghasilkan permukaan pasif pada permukaan logam.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook, 1992, "CORROSION", Metal Handbook, vol. 13
- API Specification 5L, 1995, "Specification for Line Pipe", AMERICAN PETROLIUM INSTITUT
- Azvedo, C. R. F., Sinatora, A., 2003, "Failure Analisis of a Gas Pipeline", Sao Paulo, Brazil
- Callister, W.D., 2007, "Material Science and Engineering an Introduction 7ed", Wiley

- Dalimunthe, I. S., 2004, "Kimia Dari Inhibitor Korosi", Universitas Sumatra Utara
- Denis, B. M., Randy, E. C., Andrew, H. C., Donald, H. T., Shreekant, Tony, S., 1994, "Corrosion in The Oil Industry", Oilfield Review
- M., Fajar Sidiq, M., 2013, "Analisa Korosi Dan Pengendaliannya", jurnal foundry, vol.3 no.1
- 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.
- John S. Smart, Thomas, P., 2004, "Internal Corrosion Measurement Enhances Pipeline Integrity", Pipeline and Gas Journal
- Jones, D.A., 1991, "Principle and Prevention of Corrosion", Mc. Millan Publishing Company, New York
- Ozman Zuas, 2003, "Inhibisi Korosi Besi Dengan Inhibitor Natrium Nitrit Dalam Air Laut : Pengaruh Konsentrasi dan pH", Widyariset, Vol.4
- Pratikno, H., 2006, "Pengaruh Inhibitor Terhadap Korosi Internal Pada Material Pipa Migas", Jurnal Teknik Mesin Vol. 7 No. 1
- Roberge, P. R., 1999, "Handbook of Corrosion Engineering", McGraw-Hill Companies, Inc., New York
- Trethewey, K. R. & Chamberlain, J., 1991, "Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Uhlig. H.M., 2000, "Uhlig's Corrosion Handbook, Second Edition", John Wiley & Sons, Inc.
- Widharto, S., 2001, "Karat dan Pencegahannya", P.T. Pradnya Paramita Jakarta