

Studi komparasi pengaruh penggunaan variasi konsentrasi *inhibitor amine oxide* terhadap laju korosi pipa baja API 5L grade B di lingkungan fluida *drain line*

Dian Ahmad Sudali¹, Priyo Tri Iswanto²

¹Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

²Staf Pengajar, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
Email korespondensi: priyotri@ugm.ac.id

Abstrak

Pipa Baja API 5L Grade B adalah salah satu yang paling banyak digunakan dalam sistem perpipaan untuk industri minyak dan gas karena memiliki kekuatan dan karakteristik yang sesuai. Namun demikian, Pipa Baja API 5L Grade B berpotensi mengalami korosi karena bekerja di lingkungan yang korosif. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi pada sistem perpipaan ini adalah penggunaan inhibitor. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mempelajari pengaruh penggunaan variasi konsentrasi inhibitor amine oxide terhadap laju korosi pipa baja API 5L Grade B di lingkungan fluida saluran pembuangan. Inhibitor yang digunakan dalam kajian ini adalah inhibitor organik yaitu amine oxide dengan variasi konsentrasi 0,5% dan 0,9%. Pengukuran korosi menggunakan metode Potentiodynamic Polarization. Pengujian komposisi, struktur mikro, kekerasan Vickers, dan uji tarik dilakukan untuk mendukung data pengujian. Hasil kajian menunjukkan bahwa laju korosi pipa baja API 5L Grade di lingkungan fluida saluran pembuangan tanpa inhibitor adalah 68,94 mpy. Penambahan inhibitor amina oksida efektif dalam menurunkan laju korosi dan konsentrasi optimum diperoleh pada konsentrasi 0,9% dengan laju korosi 8,16 mpy.

Kata kunci: amine oxide, API 5L grade B, cairan saluran pembuangan, inhibitor, korosi.

Abstract

API 5L Grade B Steel Pipes is one of the most used in pipeline system for oil and gas industry because it has the appropriate strength and characteristics. Nevertheless, API 5L Grade B Steel Pipes potential for corrosion due to working in a corrosive environment. One of the efforts that can be done to prevent corrosion in this piping system is the use of inhibitors. The purpose of this study was to study the effect of using variations in the concentration of amine oxide inhibitors on the corrosion rate of API 5L Grade B steel pipe in the drain line fluid environment. The inhibitors used in this study were organic inhibitors, namely amine oxide with a concentration variation of 0.5% and 0.9%. Corrosion measurement using Potentiodynamic Polarization method. Tests for composition, microstructure, Vickers hardness, and tensile tests were carried out to support the test data. The results showed that the corrosion rate of API 5L Grade steel pipe in a drain line fluid environment without inhibitors was 68.94 mpy. The addition of amine oxide inhibitor was effective in reducing the corrosion rate and the optimum concentration was obtained at a concentration of 0.9% with a corrosion rate of 8.16 mpy.

Keywords: amine oxide, API 5L grade B, drain line fluid, inhibitor, corrosion.

1. Pendahuluan

Pipa Baja API 5L Grade B banyak dimanfaatkan untuk sistem perpipaan pada industri minyak dan gas bumi [1, 2]. Produk utama dari industri ini adalah minyak mentah (*crude oil*) dan gas alam. Selain produk utama tersebut, ada berbagai material yang ikut terangkat. Material tersebut antara lain adalah air, pasir, lumpur, gas CO₂, gas H₂S, dan lainnya [3]. Pipa Baja API 5L Grade B yang termasuk ke dalam pipa baja karbon dipilih karena dinilai lebih ekonomis dan sifat mekanisnya yang dapat memenuhi kriteria fisik dari kondisi operasi yang ada. Meski demikian, pipa yang terbuat dari baja karbon berpotensi terserang korosi dan menyebabkan kebocoran [4, 5].

Jenis korosi yang terjadi dibedakan menjadi korosi internal dan korosi eksternal. Korosi internal biasanya disebabkan oleh air, karbon dioksida (CO₂), dan

hidrogen sulfida (H₂S). Salah satu korosi internal yang terjadi adalah pada pipa *drain line* yang mana di dalam pipa tersebut selalu dipenuhi kondensat yang bersifat korosif. Kondisi ini menyebabkan terjadinya korosi internal yang kemudian mengarah kepada kebocoran pipa [6].

Korosi dapat dicegah dengan penggunaan inhibitor untuk menghadirkan lapisan yang dapat menghambat reaksi antara fluida dengan permukaan bagian dalam pipa. Inhibitor dapat tersusun dari senyawa organik maupun anorganik [7, 8]. Pada kajian ini digunakan inhibitor organik dengan tujuan untuk dapat memberikan keuntungan dari segi penurunan risiko kegagalan pipa akibat korosi, dan penggunaan bahan yang lebih ramah lingkungan [9]. Inhibitor yang digunakan adalah senyawa *amine oxide* yang merupakan senyawa organik dan memberikan

perlindungan pada daerah anodik. Yasmine et al. (2020) telah melakukan investigasi mengenai penggunaan senyawa turunan amina yang disintetis untuk digunakan sebagai inhibitor pada korosi terhadap baja dalam medium HC [10, 11]. Investigasi ini memberikan hasil bahwa penggunaan senyawa turunan amina tersebut berhasil menghambat laju korosi yang terjadi pada baja tersebut. Kajian yang dilakukan oleh Raihan et al. (2013) mengenai penggunaan inhibitor berbasis *amine oxide* pada korosi yang terjadi pada baja dalam medium air laut juga memberikan hasil bahwa inhibitor tersebut efektif untuk mengurangi laju korosi yang terjadi [12].

2. Metode Kajian

Karakterisasi Material

Material yang digunakan pada kajian ini adalah potongan Pipa Baja API 5L Grade B. Dilakukan uji komposisi dengan *spectrometer* untuk konfirmasi jenis dan spesifikasi material.

Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan Struktur Mikro dilakukan pada penampang melintang pipa, dengan terlebih dahulu memoles permukaan yang akan diamati, kemudian dietsa menggunakan *Keller's reagent* dengan komposisi 5 ml HNO₃, 2 ml HF, 3 ml HCl, dan 190 ml H₂O selama 10-30 detik. Setelah itu permukaan diamati menggunakan mikroskop optik [13, 14].

Pengujian Kekerasan

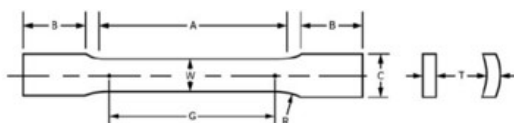
Dilakukan pengujian kekerasan untuk mengetahui tingkat kekerasan material menggunakan metode kekerasan Vickers dengan beban 30 kg. Perhitungan kekerasan Vickers menggunakan Persamaan 1 [15].

$$VHN = \frac{1,854 P}{d^2} \quad (1)$$

dengan VHN = angka kekerasan Vickers (kg/mm²), P = beban (kg), dan d = diagonal injakan rata-rata (mm).

Pengujian Tarik

Dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui sifat mekanis material tersebut, antara lain batas elastis, kekuatan luluh, dan kekuatan tarik. Spesimen yang digunakan dibuat berdasarkan ASTM E8M (Gambar 1). Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin Shimadzu Servopulser [16]. Spesimen uji tarik bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen uji tarik (ASTM E8M).

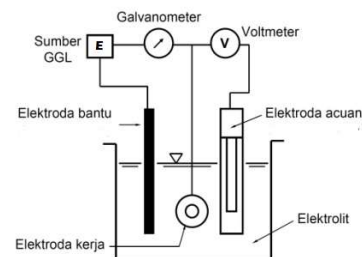
dengan G = Gauge Length (50 mm), W : Width (12,5 mm), T = Thickness (6,3 mm), R = Radius of fillet (12,5 mm), A = Length of reduced parallel section (60 mm), B = Length of grip section (75 mm), C = Width of grip section (20 mm).

Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan dengan metode polarisasi potensiodinamik. Metode ini menggunakan sel tiga elektroda dengan *saturated calomel electrode* (SCE) sebagai elektroda acuan, spesimen baja sebagai elektroda kerja, dan elektroda bantu seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Media korosif yang digunakan dalam pengujian ini adalah kondensat dari fluida *drain line*, dan kondensat yang ditambahkan inhibitor *amine oxide* dengan variasi konsentrasi 0,5% dan 0,9%. Penghitungan laju korosi dilakukan dengan Persamaan 2 [3].

$$CR = 0,129 \times \frac{a \cdot icorr}{n \cdot \rho} \quad (2)$$

dengan CR = Corrosion Rate, a = nomor massa atom, icorr = rapat arus korosi (μA/cm²), n = elektron valensi, ρ = berat jenis sampel (gr/cm³) [17].



Gambar 2. Skema pengujian korosi sel 3 elektroda.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Material

Uji komposisi material yang telah dilakukan memberikan hasil bahwa spesimen yang digunakan untuk kajian ini masih di dalam batasan standar komposisi material untuk pipa baja API 5L Grade B (API Specification 5L). Perbandingan komposisi material dapat dilihat pada Tabel 1.

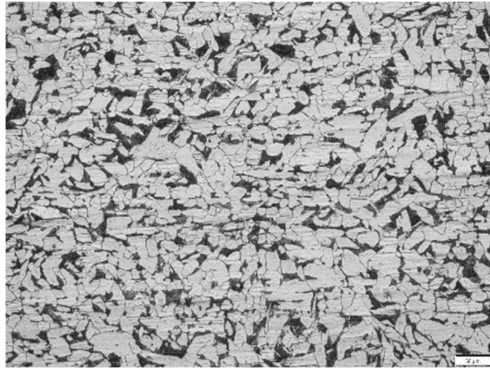
Tabel 1. Tabel perbandingan komposisi material yang digunakan dengan standar API.

Material	Spesimen	Standar	
Komposisi Kimia (wt%)	C	0,2559	Maks. 0,28
	Mn	0,5755	Maks. 1,20
	P	0,0105	Maks. 0,30
	S	-	Maks. 0,30
	V	0,072	
	Nb	0,0025	V +Nb+ Ti ≤ 0,15
Ti	0,0032		

Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro pada spesimen yang digunakan pada kajian ini dilakukan pada permukaan potongan melintang pipa (tegak lurus dengan arah

panjang pipa) menggunakan mikroskop optik ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Citra struktur mikro.

Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa struktur mikro dari spesimen terdiri dari fasa ferit (ditunjukkan dengan warna putih) dan fasa perlit (ditunjukkan dengan warna hitam) dengan batas butir yang terlihat jelas. Hal ini membuktikan bahwa spesimen yang digunakan merupakan material baja karbon rendah.

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dengan metode kekerasan *Vickers* pada spesimen yang digunakan pada kajian ini dilakukan pada 4 (empat) titik dan memberikan hasil yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Tabel hasil pengujian kekerasan.

No	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	d (mm)	VHN
1	0,642	0,59	0,616	146,5782594
2	0,65	0,604	0,627	141,4802775
3	0,65	0,612	0,631	139,6922351
4	0,648	0,602	0,625	142,3872
Rata-rata				142,534493

Pengujian kekerasan yang dilakukan pada 4 (empat) titik memeberikan hasil kekerasan rata-rata sebesar 142,534493 VHN.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan membuat spesimen uji tarik sesuai ASTM E8M pada arah membujur/searah panjang pipa. Hasil dari pengujian tarik ditunjukkan oleh Tabel 3.

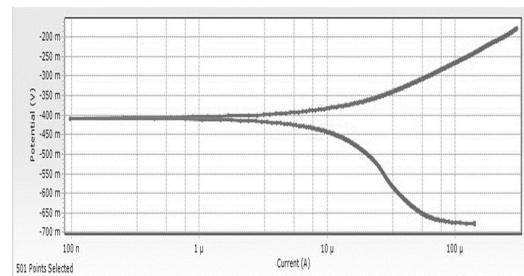
Tabel 3. Tabel hasil pengujian tarik.

Spesimen	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	Elong. (%)	Ratio (σ_y/σ_u)
1	304,89	477,61	26,04	0,64
Standar (API)	245 (min)	415 (min)	19,01 (min)	0,93 (maks)

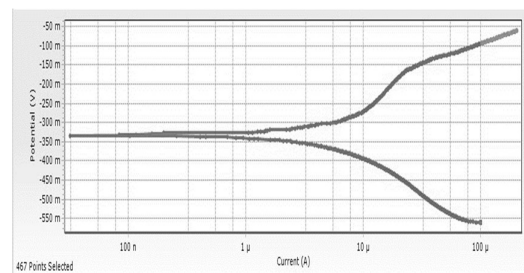
Hasil dari pengujian tarik menunjukkan bahwa baik dari tegangan luluh, tegangan maksimum, persentase regangan dan perbandingan antara tegangan luluh dan tegangan maksimum memenuhi standar yang ditetapkan oleh API untuk Pipa Baja API 5L Grade B.

Pengujian Korosi

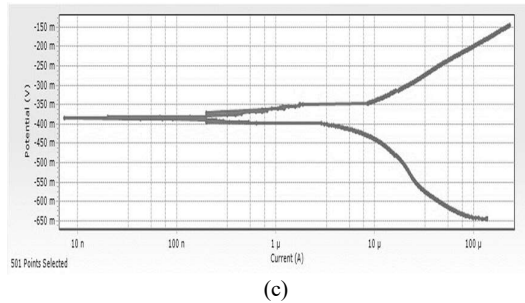
Pengujian korosi yang dilakukan menggunakan metode polarisasi potensiodinamik dengan sel potensial tiga elektroda memberikan hasil bahwa penambahan inhibitor *amine oxide* berhasil menggeser nilai potensial korosi ke arah positif dengan nilai E_{corr} 407 mV untuk fluida *drain line* tanpa inhibitor, dan nilai E_{corr} rata-rata untuk penambahan inhibitor sebesar 356 mV. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penekanan proses oksidasi sehingga transfer elektron dari anoda ke katoda berkurang. Grafik perbandingan nilai potensial korosi dan arus korosi dari masing-masing percobaan ditunjukkan pada Gambar 4.



(a)



(b)



Gambar 4. Grafik pengujian (a) tanpa inhibitor, (b) dengan inhibitor amine oxide 0,5%, (c) dengan inhibitor amine oxide 0,9%.

Hasil perhitungan laju korosi menggunakan nilai arus korosi (I_{corr}) dari masing-masing pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel hasil laju korosi.

Media	I_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	E_{corr} (mV)	Laju Korosi (mpy)
Fluida Drain Line	19,83	407	68,94
Fluida Drain Line + 0.5% Amine Oxide	7,00	333	24,34
Fluida Drain Line + 0.9% Amine Oxide	2,35	381	8,16

Dari hasil perhitungan laju korosi tersebut didapatkan bahwa penambahan inhibitor *amine oxide* cenderung menurunkan laju korosi dalam lingkungan fluida *drain line*. Laju korosi tanpa inhibitor menunjukkan nilai 68,94 mpy dan didapatkan nilai laju korosi yang paling rendah dengan penambahan inhibitor dengan konsentrasi 0.9% dengan nilai laju korosi sebesar 8,16 mpy.

4. Kesimpulan

Dari data hasil kajian dan pembahasan yang didapatkan, dapat diambil kesimpulan bahwa laju korosi baja API 5L Grade B dalam media fluida *drain line* sebesar 68,94 mpy. Penambahan inhibitor *amine oxide* pada media fluida *drain line* memiliki kecenderungan menurunkan laju korosi yang terjadi. Sedangkan penurunan laju korosi yang paling baik didapatkan pada penambahan inhibitor *amine oxide* pada konsentrasi 0,9% dengan nilai laju korosi sebesar 8,16 mpy.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Bapak Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D. atas bimbingannya. Keluarga yang telah memberikan dukungan dan doanya. Bapak Sriyanto

dan Bapak Anggit yang telah membantu dan membimbing dalam kajian. Bapak-bapak seangkatan yang selalu memberikan dukungan dan *sharing*-nya.

Daftar Pustaka

- [1] American Petroleum Institute. (2013). *Specification for Line Pipe : API Specification 5L*. Washington, DC: API Publishing Service
- [2] ASM. (1992). *Metal Handbook : Corrosion*. Ohio: ASM International
- [3] ASM. (2002). *Metallographer's Guide : Iron and Steels*. Ohio: ASM International
- [4] ASTM. (2003). *Metal Test Methods and Analytical Procedures*. Pennsylvania: ASTM International
- [5] ASTM. (2015). *Standard Practices for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurement tandard*. Pennsylvania: ASTM International
- [6] ASTM. (2014). *Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurement*. Pennsylvania: ASTM International
- [7] Azzam, M.A., Sukarti, S., Zaimi, M. (2020). Corrosion behavior of API-5L-X42 petroleum/natural gas pipeline steel in South China Sea and Strait of Melaka seawaters. *Engineering Failure Analysis*, 115, 1-8.
- [8] Boughoues, Y., Benamira, M., Messaadia, L., Bouider, N., Abdelaziz, S. (2020). Experimental and theoretical investigations of four amine derivatives as effective corrosion inhibitors for mild steel in HCl medium. *RSC Adv.*, 10, 24145-24158.
- [9] Dariva, C.G. & Galio, A.F. (2014). Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications. *Developments in Corrosion Protection*, 16, 365-379.
- [10] Farag, A.A. & El-Din, M.R.N. (2012). The Adsorption and Corrosion Inhibition of Some Nonionic Surfactants on API X65 Steel Surface in Hydrochloric Acid. *Corrosion Science*, 64, 174-183.
- [11] Hu, X. & Neville, A. (2009). CO₂ erosion–corrosion of pipeline steel (API X65) in oil and gas conditions—a systematic approach. *Wear (an International Journal on the Science and Technology of Friction Lubrication and Wear)*, 267, 2027-2032.
- [12] Javidi, M. & Abadeh, H.K. (2019). Assessment and influence of temperature, NaCl and H₂S on CO₂ corrosion behavior of different microstructures of API 5L X52 carbon steel in aqueous environments. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 67, 93-107.
- [13] Jones, D.A., (2014). *Principles and Prevention of Corrosion*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- [14] Lin, N., Xie, F., Zhong, T., Wu, X., Tian, W. (2010). Influence of adding various rare earths on microstructures and corrosion resistance of

- chromizing coatings prepared via pack cementation on P110 steel. *Journal of Rare Earths*, 28(2), 301-304.
- [15] Mansoori, H., Mirzaee, R., Esmailzadeh, F., Vojood, A., Downrani, A.S. (2017). Pitting corrosion failure analysis of a wet gas pipeline. *Engineering Failure Analysis*, 82, 16-25.
- [16] Rihan, R., Shawabkeh, R., Al-Bakr, N. (2009). The Effect of Two Amine-Based Corrosion Inhibitors in Improving the Corrosion Resistance of Carbon Steel in Sea Water. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 23(3), 693-699.
- [17] Roberge P. R. (2000). *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill