

ANALISIS KEGAGALAN PIPA AISI 316L PADA LINGKUNGAN LEPAS PANTAI

Dewi Idamayanti¹, Beny Bandanadjaja², Mochamad Achyarsyah³

^{1,2,3}Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
 Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135
 Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649
 Email: idamayanti79@gmail.com

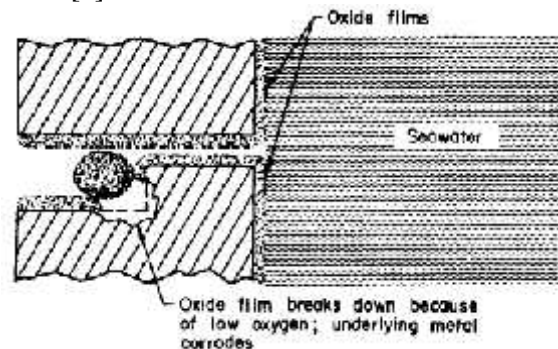
Abstrak

Pipa AISI 316L mengalami kegagalan dalam penggunaannya di lingkungan lepas pantai. Pipa AISI 316L ini merupakan bagian unit instalasi pengeboran minyak yang digunakan untuk menyalurkan fluida inhibitor korosi. Kegagalan yang dialami pipa AISI 316L ini adalah kebocoran fluida ditunjukkan dengan adanya lubang-lubang kecil yang dikelilingi produk karat dan posisi kebocoran menghadap ke arah bawah. Penelitian dilakukan untuk mengobservasi penyebab kegagalan tersebut dengan melakukan uji spektroskopi dan XRD, metalografi, kekerasan, dan kekuatan tarik. Hasil pengujian menunjukkan material pipa sesuai dengan spesifikasi AISI 316L dan kebocoran pipa disebabkan oleh korosi sumuran. Menurut pengamatan makroskopik, korosi diduga terjadi akibat percikan air laut yang diinisiasi oleh klorida menghasilkan korosi sumuran berawal dari arah luar ke bagian dalam pipa. Penyebab korosi sumuran oleh air laut diperkuat dengan uji XRD yang menunjukkan produk korosi mengandung NaCl, Fe₂O₃ dan Fe₃O₄.

1. Pendahuluan

Pada industri pengeboran minyak lepas pantai, *piping system* memegang peranan penting dalam mengalirkan gas, minyak maupun fluida inhibitor korosi. Dalam aplikasinya di lapangan, beberapa faktor yang dapat mempengaruhi umur teknis pipa yaitu jenis material pipa, penyambungan pipa, proteksi korosi dan perawatan pipa serta lingkungan kerja disekitar pipa seperti suhu, tekanan, oksigen, kandungan klor, *biofouling*, dll. Pipa AISI 316L umumnya dipilih dan digunakan dalam lingkungan lepas pantai (zona atmosferik) karena ketahanan materialnya terhadap korosi sumuran dan korosi celah [2]. Kebanyakan konstruksi logam dan paduannya mengalami serangan korosi dengan kecepatan korosi yang berbeda tergantung pada zona/jenis lingkungan laut seperti zona atmosferik, *splash zone*, *tidal*, laut dangkal, laut dalam atau lumpur laut [1]. Material stainless steel seperti AISI 316L mampu mengendalikan korosi dengan menghasilkan lapisan pasif kromium oksida. Namun demikian, lapisan pasif ini dapat rusak dalam lingkungan air laut seperti terjadinya korosi sumuran maupun korosi celah (Gambar 1) yang menyebabkan terjadinya kegagalan. Salah satu inspeksi pada pipa AISI 316L di lepas pantai laut utara, pipa AISI 316L cenderung mengalami korosi celah 90% dan

korosi sumuran 10%. Sebaliknya pada suhu kerja yang lebih tinggi, korosi sumuran cenderung lebih dominan terjadi pada pipa AISI 316L [2]



Gambar 1. Korosi celah pada stainless steel dalam lingkungan laut [1].

Kegagalan pipa AISI 316L pun terjadi pada salah satu unit instalasi pengeboran minyak lepas pantai di Indonesia, unit yang menyalurkan fluida inhibitor korosi. Jenis kegagalan yang teridentifikasi adalah kebocoran berupa lubang-lubang kecil disekitar pipa bagian bawah yang terpapar lingkungan laut zona atmosferik.

Kebocoran pipa ini diobservasi agar diketahui penyebab kegagalan pipa AISI 316L yang direkomendasikan sebagai material baja tahan karat dalam lingkungan lepas pantai.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Pengamatan instalasi pipa yang terpasang pada lingkungan lepas pantai.
Tahap ini untuk mengetahui paparan lingkungan laut terhadap material pipa AISI 316L. Selanjutnya menyesuaikan posisi kebocoran seperti yang terlihat pada Gambar 3 dengan kondisi lingkungan. Kondisi pipa yang teramati mengalami kegagalan adalah pipa yang terpapar pada kondisi atmosfer (berada di atas *splash zone*)
- b. Pengambilan sample pipa AISI 316L yang mengalami kebocoran.
Sample AISI 316L seperti yang terlihat pada Gambar 3 diidentifikasi dengan alat spektrometer emisi untuk mengetahui komposisi kimia, pengujian metalografi untuk mengetahui struktur mikro menggunakan mikroskop optik, pengujian mekanik berupa uji tarik dan uji keras microvickers beban 500g, pengujian XRD untuk mengetahui komposisi deposit dan produk korosi disekitar lokasi cacat.
- c. Identifikasi fluida dalam pipa AISI 316/316L.
Identifikasi fluida dilakukan untuk mengetahui tingkat korosivitas fluida. Fluida yang mengalir pada pipa AISI 316L tersebut adalah inhibitor korosi.



Gambar 2. Sample pipa AISI 316/316L



Gambar 3. Lokasi/posisi kebocoran

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Material pada Sample Pipa AISI 316L

Pengujian material sample bertujuan untuk memastikan apakah material pipa yang digunakan sudah sesuai dengan material standar AISI 316 L. Berdasarkan hasil pengujian metalografi, struktur mikro material pipa seperti yang terlihat pada **Error! Reference source not found.** adalah 100% austenit.

Material standar AISI 316L merupakan stainless steel dengan struktur mikro full austenite.



Gambar 4. Struktur mikro sample pipa, 100% fasa austenit

Komposisi kimia material pipa diuji dengan spektrometer emisi menunjukkan bahwa material pipa memiliki kesesuaian spesifikasi dengan komposisi kimia AISI 316 L seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia sample pipa AISI 316L dibandingkan dengan standar

Unsur	% sample	Standar AISI 316/316L
C	0.021	Max 0.03
Si	0.376	Max 1.00
Mn	1.910	Max 2.00
P	0.042	Max 0.045
S	0.012	Max 0.030
Cr	16.549	16.00-18.00
Mo	2.191	2.00-3.00
Ni	10.987	10.00-14.00
Fe	balanced	balanced

Pengujian mekanik yang telah dilakukan meliputi uji kekerasan dan uji tarik.

Pengujian kekerasan menggunakan microvickers dengan beban 500 gram dan pengujian kekerasan dilakukan pada arah *cross section* dan posisi tengah dari ketebalan pipa. Indentasi dilakukan pada area jauh dari kerusakan

Hasil pengujian keras menunjukkan material pipa memiliki kekerasan 155 HV setara dengan 152 HB. Nilai kekerasan pipa sedikit di atas standar AISI 316L yaitu 140 HB

Tabel 2. Kekerasan sample pipa AISI 316L

No.	Result (HV)
I	148
II	154
III	154
IV	164
V	154
Rata-rata	155

Dari hasil pengujian tarik menunjukkan material pipa mempunyai kekuatan tarik dan elongation yang memenuhi spesifikasi AISI 316L. Namun kekuatan luluh sedikit di bawah spesifikasi.

Tabel 3. Pengujian tarik sample pipa AISI 316L

Keterangan	Sample	Standar AISI 316/316L
Tensile Strength (MPa)	594	550 min.
Yield Strength 0.2% Proof (MPa)	179	200 min.
Elongation (% in 50 mm)	51.8	45 min.

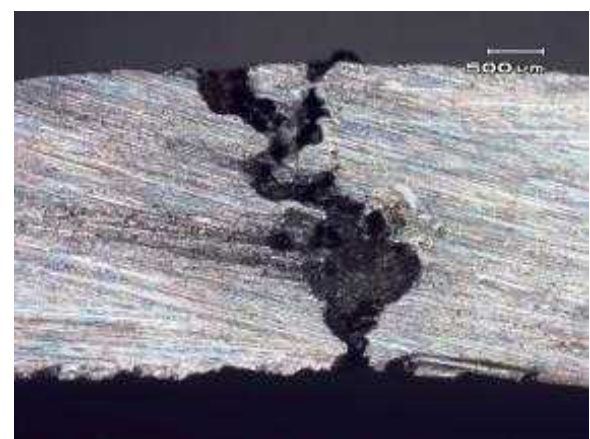
Secara keseluruhan, dapat dipastikan bahwa material pipa memenuhi spesifikasi standar material AISI 316L.

3.2 Pengamatan Permukaan

Gambar 5 menunjukkan pola kerusakan permukaan pipa. Secara makroskopis, tampak lubang-lubang kecil yang tersebar mempunyai ukuran yang bervariasi.



Gambar 5. Permukaan pipa AISI 316L yang mengalami kebocoran

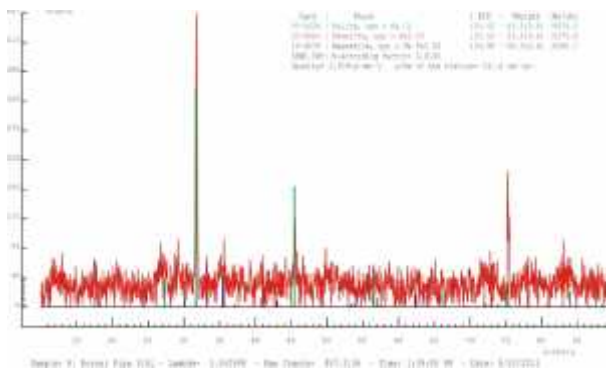


Gambar 6. Pengamatan pola lubang (kebocoran) pada arah *cross section*.

Jika diamati pada area permukaan, degradasi material tampak tidak menembus ketebalan pipa, maka untuk memastikan pola degradasinya dilakukan pemotongan arah melintang (*cross section*) seperti yang terlihat pada Gambar 6. Mengamati pola degradasinya, kebocoran diinisiasi oleh korosi sumuran yang berasal dari arah permukaan pipa menuju bagian dalam pipa menghasilkan korosi sumuran yang lebih besar. Menurut Geary, E.A. [5], kinerja pipa AISI

316L sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Batas suhu operasi material AISI 316L pada kondisi tidak diinsulasi dan tidak dicat (*coating*) dalam lingkungan laut adalah 30°C. Korosi sumuran dapat dipengaruhi oleh meningkatnya suhu atmosferik sekitar laut.

Penyebab lainnya adalah kondisi lingkungan laut pada zona atmosferik cenderung terkena percikan/kabut air laut yang mengandung ion klorida dan kelembaban yang tinggi. Kondisi ini dapat merusak lapisan pasif oksida kromium dan cenderung menyebabkan korosi sumuran dan korosi celah [2]. Adanya ion klorida dibuktikan dengan hasil pengujian XRD seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian XRD deposit sekitar korosi sumuran

Hasil pengujian XRD menunjukkan deposit mengandung 66.9% Halite (NaCl), 24.8% Hematite (Fe_2O_3), 8,3% Magnetite (Fe_3O_4). Tingginya kadar NaCl sebagai sumber ion klorida berasal dari percikan/kabut air laut yang menempel pada pipa dan menjadi deposit, menginisiasi korosi sumuran pada permukaan pipa sehingga menghasilkan produk korosi Fe_2O_3 dan FeO.

4. Kesimpulan

Material pipa memenuhi spesifikasi AISI 316L. Kegagalan pipa AISI 316L dalam lingkungan lepas pantai pada zona atmosferik disebabkan oleh korosi sumuran pada permukaan pipa yang merambat ke bagian dalam pipa. Korosi sumuran tersebut diinisiasi oleh ion klorida dari air laut.

Referensi/Daftar Pustaka

1. Schumacher, M., "Seawater Corrosion Handbook", (1979), Noyes Publications

2. Wika, S. F., "Pitting and Crevice Corrosion of Stainless Steel under Offshore Conditions", (2012), Master thesis, Norwegian University of Science and Technology, Norwegian
3. Yuan Ma, F., Corrosive Effects of Chlorides on Metals, (2012), *Pitting Corrosion*. Diakses tanggal 2 Januari 2016, dari <http://www.intechopen.com/books/pitting-corrosion/corrosive-effects-of-chlorides-on-metals>
4. Albrimi, Y. A., et al., Electrochemical Behaviour of AISI 316 Austenitic stainless Steel in Acidic Media Containing Chloride Ions., *Int. J. Electrochem. Sci.*, 6 (2011) 4614 – 4627.
5. Geary, E.A., A review of performance limits of stainless steels for the offshore industry, (2011), Health & Safety Laboratory