

## **ANALISIS KERUSAKAN PIPA GAS AKIBAT KOROSI DENGAN MENGGUNAKAN UJI KOMPOSISI KIMIA**

**Yan Kurniawan**

Politeknik Sukabumi

Email: Kurniawanyan13@yahoo.com

### **Abstrak**

*Proteksi katodik digunakan untuk melindungi struktur logam yang tertanam di dalam elektrolit yang konduktif seperti tanah dari serangan korosi dengan cara membanjiri struktur yang dilindungi dengan elektro sehingga struktur logam menjadi lebih bersifat katodik. Kondisi tanah yang bersifat korosif akan menentukan pemberian proteksi pada struktur agar tetap dapat berfungsi dengan baik hingga waktu yang ditentukan, permasalahannya adalah berupa arus dan tegangan serta jumlah anoda yang dibutuhkan agar struktur yang ditanam dalam tanah tersebut terproteksi hingga umur desain yang telah direncanakan. Dalam pengujian uji tarik dan pengujian komposisi kimia menunjukkan material API 5L Grade B dapat dinyatakan layak secara konstruksi sebagai pipa material kondesat. Sementara dari hasil uji metalografi dan SEM Edax dan laju korosi sistem proteksi katodik layak secara desain untuk dipasang pada jalur pipa kondesat dengan material API 5L Grade B dan secara umum, jalur pipa kondesat dengan material API 5L Grade B yang dipasangi sistem proteksi katodik dapat dinyatakan layak secara operasional.*

**Kata Kunci :** *proteksi katodik sacrificial anode, material Api 5L Grade B*

### **Pendahuluan**

Salah satu contoh kasus polusi yang hingga saat ini belum menemukan titik temu adalah meledaknya kilang minyak Montara yang mengakibatkan pencemaran laut dan mengakibatkan 13.000 petani rumput laut mengalami kerugian. Kejadian tersebut terjadi pada 9 tahun yang lalu, tepatnya di tanggal 29 Agustus 2009 hingga 3 November 2009. Polusi laut akibat tumpahan minyak tersebut terjadi akibat kilang minyak yang berada di laut Australia meledak dan menimbulkan kebocoran pipa. Kebocoran tersebut terjadi tidak hanya satu atau dua hari, melainkan 75 hari. Akibat lamanya proses penanganan minyak yang menyembur ke permukaan kemudian tumpah dan mengotori lautan sekitar. Jika dikalkulasi luas pencemaran laut akibat kondisi tembus hingga angka 90.000 m<sup>2</sup>. Dengan luas pencemaran tersebut polutan minyak yang dihasilkan

dari kondisi ini telah masuk ke wilayah ZEE Indonesia dan merusak ekosistem sekitar (Ritci, 2017).

Pada saat ini sektor minyak dan Gas (MIGAS) masih menjadi andalan sebagai penghasil devisa negara yang perlu ditingkatkan kontribusinya guna menjadi penunjang perekonomian nasional yang sedang mengalami krisis berkepanjangan. Eksplorasi dan produksi MIGAS selalu dihadapkan dengan tingginya anggaran biaya pengadaan peralatan penunjang keselamatan yang berkualitas baik. Sistem pemipaan menjadi salah satu alat penunjang yang dapat diandalkan untuk distribusi minyak dan gas. Bagaimanapun keandalan peralatan penunjang sistem pemipaan dapat mengurangi kehilangan produksi bila terjadi kerusakan peralatan tersebut.

Pada perusahaan produksi dan eksplorasi MIGAS, kebocoran yang sering terjadi pada instalasi pipa dilapangan produksi (*area plant*) umumnya terjadi pada pipa-pipa yang mengalami degradasi (kemunduran) bahan sebagai akibat pengaruh lingkungan operasinya, seperti korosi dan erosi dan lain-lain. Selain diakibatkan oleh pengaruh cacat material seperti laminasi, goresan-goresan akibat dari fabrikasi dan lain-lain. Kerusakan ini terkadang terjadi pada saat jauh di bawah umur teknis yang direncanakan sehingga menimbulkan kerugian, baik berupa tingginya biaya perusahaan maupun keterlambatan waktu penyerahan hasil produksinya (Demoz, A. Papavinasam, S., Omotoso., Michelian, K., and Revie, 2009).

Salah satu usaha untuk menanggulangi kerugian dan menghindari kejadian yang serupa adalah dengan melakukan penelitian terhadap jenis dan faktor penyebab terjadinya kerusakan dan melakukan penilaian serta perhitungan secara kuantitatif terhadap peluang terjadinya kegagalan. Hal ini berguna untuk menentukan sisa umur pakai sistem pemipaan tersebut. Sisa umur pakai itu distimulasikan terhadap tingkatan resiko yang outputnya berupa penyusunan perencanaan pemeriksaan dan pembuatan strategi pemeliharaan secara terpadu.

### **Metodelogi Penelitian**

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui batas-batas kekuatan, yaitu kekuatan tarik maksimum, kekuatan luluh maksimum, dan elongasi sampel uji. Dalam hal ini pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers dengan beban 5 kg. Pengukuran

kekerasan diperoleh dengan cara menekan indentor yang terbuat dari intan berbentuk pyramid dengan sudut puncak antara dua bidang yang berhadapan sebesar  $136^{\circ}$ .

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui secara semi kuantitatif komposisi kimia pada bagian tertentu pada material atau bahan. Hasil pengujian komposisi kimia bahan pipa API 5L digunakan untuk mengidentifikasi secara semi kuantitatif kategori atau *grade* dari pipa sampel uji API 5L. Tingkat *grade* pipa API 5L kemudian dijadikan patokan apakah spesifikasi pipa yang diuji sesuai dengan kebutuhan disain konstruksi pipa kondensat (5L, 2010).

**Tabel 1**  
**Standar uji elektrokimia berdasarkan pengujian yang mengikuti ASTM G97**

Item Test	Open	Closed	Consumtion Rate (lb/A-Yr)	Actual Capacity (A.hr/lbs)	Current Efficiency (%)
	Circuit Potential (V vs Cu/CuSO <sub>4</sub> )	Circuit Potential (V vs Cu/CuSO <sub>4</sub> )			
Garde A	1.50 – 1.55	1.45 – 1.50	16.02	2645	50 min.
Garde B	1.45 – 1.50	1.45 – 1.50	16.08	2645	50 min.
Garde C	1.58 – 1.62	1.48 – 1.58	17.53	2423	50 min.

**Tabel 2**  
**Komposisi kimia anoda Magnesiums berdasarkan standar ASTM B 843, Alloy AZ63**

Element	Content (%)		
	Grade A	Grade B	Grade C
Al	5.3 – 6.7	5.3 – 6.7	5.3 – 6.7
Zn	2.5 – 3.5	2.5 – 3.5	2.5 – 3.5
Mn	0.15 – 0.7	0.15 – 0.7	0.15 – 0.7
Si	0.10 max.	0.30 max.	0.30 max.
Cu	0.02 max.	0.05 max.	0.10 max.
Ni	0.002 max.	0.003 max.	0.003 max.
Fe	0.003 max.	0.003 max.	0.003 max.
Other Impurities	0.30 max.	0.30 max.	0.30 max.
Mg	Remainder	Remainder	Remainder

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Hasil Uji komposisi Kimia Pipa Gas

Penelitian tentang analisis kelayakan operasional jalur pipa kondensat material API 5L Grade B terhadap desain sistem proteksi katodik merupakan sebuah studi kasus untuk menganalisis apakah sebuah proyek pemasangan sistem proteksi katodik yang diinstalasi pada sebuah jalur pipa kondensat dan telah dilakukan pengujian bersama (komisioning) sudah dapat dinyatakan layak secara operasional untuk diterapkan pada area tersebut. Selain itu penelitian ini juga ingin mencoba menganalisis apakah material API 5L Grade B dapat dan layak digunakan sebagai material pipa distribusi kondensat. Proyek yang digunakan untuk studi kasus ini sebelumnya sudah mendapatkan izin dari pimpinan proyek yang bersangkutan.

Pengujian dan analisis secara struktural dititikberatkan pada pipa distribusi yang digunakan yaitu material pipa yang cocok digunakan untuk sebagai jalur pipa kondensat, dimensi pipa yang digunakan sebagai jalur pipa kondensat, serta analisis berdasarkan hasil pengujian laboratorium untuk mengetahui apakah pipa API 5L Grade B dapat digunakan sebagai material jalur pipa kondensat atau tidak berdasarkan kesesuaiannya dengan dimensi yang diperlukan. Pengujian laboratorium untuk analisis material pipa APL 5L Grade B berupa uji mekanik dan komposisi kimia. Hasil pengujian secara struktural digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk analisis material pipa APL 5L Grade B terhadap hasil desain yaitu kesesuaian ukuran dan dimensi nominal dari pipa kondensat yang digunakan.

Pengujian dan analisis secara metalurgi yang diperlukan berupa pengujian dan analisis metalografi serta pengujian dan analisis laju korosi pada material pipa. Hasil-hasil dari pengujian dan analisis secara metalurgi digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengambilan keputusan apakah pemasangan sistem proteksi katodik pada jalur pipa kondensat tersebut sudah layak secara desain untuk diterapkan atau sistem proteksi katodik tersebut tidak perlu diinstalasi pada area tersebut.

Analisis kelayakan secara operasional dilakukan pada system proteksi katodik yang telah dipasang. Analisis dilakukan dengan memverifikasi disain system proteksi katodik berdasarkan kalkulasi ulang desain system proteksi katodik

berdasarkan kebutuhan arus proteksi, bobot anoda, serta berdasarkan verifikasi ulang distribusi anoda berdasarkan data potential logger; verifikasi sisa umur pakai system proteksi katodik; dan verifikasi hasil pengujian laboratorium pada anoda magnesium. Analisis kelayakan secara operasional digunakan untuk bahan pengambilan keputusan apakah system proteksi katodik yang dipasang pada jalur pipa kondensat dengan material pipa API 5L Grade B sudah dapat dikatakan layak secara operasional. Analisis kelayakan secara operasional dilakukan bila hasil pengujian dan analisis metalografi menyatakan system proteksi katodik dinyatakan layak untuk diinstalasi, namun bila hasil pengujian dan analisis metalografi menyatakan system proteksi katodik tidak perlu diinstalasi pada jalur pipa kondensat diarea produksi gas tersebut maka analisis kelayakan secara operasional tidak perlu dilakukan.

Hasil uji komposisi kimia juga digunakan untuk menentukan grade dari pipa API 5L yang diuji. Dari hasil pengujian komposisi kimia tersebut yang kemudian dibandingkan dengan standar API 5L Grade B dalam hal komposisi maksimum unsur karbon (C), belerang (S), fosfor (P), dan mangan (Mn) menunjukkan bahwa material yang digunakan sebagai sampel uji masuk kategori API 5L Grade B. Hasil ini cukup untuk menguatkan hasil pengujian tarik (mekanik) sebelumnya yang juga menunjukkan material sampel uji menunjukkan kecenderungan jenis API 5L Grade B.

Hasil pengujian tarik digunakan untuk menganalisis apakah material pipa API 5L yang diuji dapat digunakan sebagai pipa kondensat atau tidak.

**Tabel 3 Hasil uji tarik untuk sampel API 5L utuh (tidak terkorosi)**

Set Parameters			Test Parameters					
<i>Gauge Length</i> (mm)	<i>Initial Width</i> (mm)	<i>Initial Thickness</i> (mm)	<i>Final Gauge Length</i> (mm)	<i>Break Width</i> (mm)	<i>Break Thickness</i> (mm)	<i>Max Load</i> (N)	<i>Tensile Strength</i> (N/mm <sup>2</sup> )	<i>Elongation</i> %
62	18,98	3.76	71,36	9.40	3.00	37.9	371	32.0
62	19,02	3.71	70.56	9.25	3.10	38.3	376	30.0
62	19,01	3.70	70.34	9.10	3.15	38.4	377	32.0
<i>Higher Tensile Strength</i>							374	31.3

Hasil pengujian komposisi kimia yang dilakukan pada sampel pipa dengan menggunakan spektrometer analiser dengan standar uji ASTM A 751. Adapun hasilnya pada tabel di bawah ini (ASTM, 2010):

**Tabel 4 Hasil Uji komposisi kimia pipa gas**

No	Unsur	Komposisi Kimia		
		Hasil pemeriksaan		Standar API 5L Grade B
		Pipa galvanis	Pipa cat	
% berat				
1	Fe	Pengimbang (sisa)	Pengimbang (sisa)	
2	C	0,065	0,041	0.28 max.
3	Si	0.002	0.018	
4	S	0.010	0.009	0.030 max.
5	P	0.009	0.030	0.030 max.
6	Mn	0.275	0.164	1.2 max.
7	Ni	0.002	0.065	
8	Cr	0.008	0.163	
9	Mo	0.002	0.013	
10	V	0.002	0.002	
11	Cu	0.003	0.214	
12	W	0.002	0.003	
13	Ti	0.002	0.002	
14	Al	0.025	0.012	
15	Nb	0.002	0.002	
16	Co	0.002	0.002	

## 2. Analisis Komposisi kimia untuk Lapisan Kerak

Analisis komposisi kimia pada deposit atau scale yang melekat pada dinding dalam pipa di ambil di 3 lokasi yang berbeda dengan menggunakan Quantitative Analysis SEM EDAX dan hasilnya sebagai berikut

**Tabel 5 Hasil uji Komposisi Kimia Lapisan Kerak Pipa**

Unsur (% massa)	Sampel 1 (% massa)	Sampel 2 (% massa)	Sampel 3 (% massa)
C	26.23	14.28	16.81
O	32.23	30.37	41.28
Mg	1.67	0.45	2.02
Al	1.486	0.91	1.21
Si	1.739	0.65	2.32
S	2.52	1.49	1.21

Berdasarkan kalkulasi hasil perhitungan desain menunjukkan nilai *tensile strength* maksimum yang dapat dibebankan pada pipa untuk distribusi kondensat adalah 71.03 N/mm<sup>2</sup>. Sementara itu pipa API 5L memiliki spesifikasi *tensile strength* minimum yang dapat dibebankan adalah 331 N/mm<sup>2</sup>. Nilai *tensile strength* minimum 331 adalah untuk pipa kategori API 5L Grade A. Sementara itu untuk

pipa API 5L dengan spesifikasi *grade* diatas API 5L Grade A memiliki nilai *tensile strength* minimum diatas  $331 \text{ N/mm}^2$ . Hal ini menunjukkan bahwa semua pipa dengan spesifikasi API 5L dapat digunakan sebagai pipa kondensat yang diinstalasi dibawah tanah pada area produksi gas tersebut. Dengan penjabaran tersebut tentunya secara konstruksi pipa API 5L Grade B berarti juga dapat digunakan sebagai material pipa kondensat yang mendistribusikan kondensat gas karena nilai *tensile strength* minimum yang dimilikinya berada diatas pipa API 5L Grade A.

Penjabaran diatas menunjukkan bahwa berdasarkan kalkulasi disain dan dibandingkan dengan standar API 5L Grade B, pipa API 5L Grade B layak digunakan sebagai pipa distribusi kondensat pada area produksi gas tersebut. Namun, untuk lebih meyakinkan secara konstruksi tentunya pembuktian dengan kalkulasi disain saja tidak cukup, maka untuk itu diperlukan pula pengujian laboratorium dalam hal uji mekanik dan komposisi kimia. Hasil pengujian mekanik berupa uji tarik pengujian komposisi kimia menunjukkan pipa yang diuji merupakan jenis API 5L Grade B. Berdasarkan hasil uji tarik tersebut pula lah dapat disimak bahwa *tensile strength* material API 5L Grade B berada diatas kisaran  $71.03 \text{ N/mm}^2$  yang tepatnya  $374 \text{ N/mm}^2$  untuk sampel yang tidak terkorosi dan  $387 \text{ N/mm}^2$  untuk sampel yang terkorosi. Hal ini menunjukkan secara uji mekanik berupa uji tarik, material API 5L Grade B cukup untuk menahan *tensile strength* yang diizinkan untuk pipa distribusi kondensat yaitu  $71.03 \text{ N/mm}^2$ . Sehingga ini menunjukkan pipa API 5L Grade B mampu menahan korosi internal akibat laju fluida kondensat yang memiliki tekanan operasional maksimum sebesar 1450 psig. Laju fluida kondensat tentunya memiliki kecepatan tertentu dalam pendistribusiannya. Kecepatan fluida yang sangat tinggi dapat menyebabkan erosi atau kavitasi-korosi. Selain itu aliran kondensat dengan kecepatan tertentu juga dapat menimbulkan turbulensi pada titik-titik tertentu. Adanya peningkatan aliran turbulen pada laju distribusi kondensat dapat menimbulkan *pitting corrosion*. Oleh sebab itu pemilihan pipa API 5L Grade B yang menunjukkan mampu menahan tekanan kondensat maksimum yang tegak lurus arah aliran fluida kondensat dengan nilai sebesar 1450 psig yang merupakan tekanan operasional tertinggi gas alam yang didistribusikan pada pipa, sehingga tentunya juga mampu menahan laju erosi, kavitasi-korosi, dan *pitting corrosion* hingga ketebalan pipa API 5L Grade B tergerus atau terkorosi yaitu 0.216 inch

atau sekitar 5.5 mm. Selain yang tegak lurus arah aliran fluida kondensat, tekanan kavitasi dan erosi yang tegak lurus arah aliran kondensat juga berpotensi menjadi penyebab korosi internal tersebut. Tekanan kavitasi yang tegak lurus arah aliran kondensat dapat terjadi bila ada turbulensi sehingga gelembung-gelembung fasa gas yang bergerak tegak lurus arah aliran fluida kondensat dapat menimbulkan resiko fitting corrosion. Untuk itu material pipa juga harus dapat menahan tekanan kavitasi yang tegak lurus arah aliran fluida kondensat. Maka dari itu material pipa harus pula dapat menahan tekanan vertikal  $20.59 \text{ N/mm}^2$  yang merupakan batas aman nilai kekerasan Brinell pada pipa kondensat pada tekanan 1450 psig. Nilai kekerasan Brinell sampel material; API 5L Grade B yang diukur menunjukkan nilai  $163.82 \text{ N/mm}^2$  untuk sampel utuh dan  $135.48 \text{ N/mm}^2$  untuk sampel yang terkorosi. Nilai-nilai kekerasan Brinell pada sampel API 5L Grade B tersebut menunjukkan bahwa material pipa API 5L Grade B sanggup menahan tekanan vertikal kavitasi dan erosi sebesar  $20.59 \text{ N/mm}^2$ . Jadi, secara konstruksi pipa API 5L Grade B sudah layak digunakan sebagai material pipa kondensat yang diinstalasi pada kedalaman tanah 1.5 m diarea produksi gas tersebut untuk menahan laju korosi internal akibat pengaruh tekanan operasional kondensat yang tegak lurus arah aliran fluida kondensat maupun tekanan operasional gelembung-gelembung fasa gas dan erosi yang tegak lurus arah aliran fluida kondensat (Chan, W.W Cheng, F. T., and Chow, 2002).

**Tabel 6 Hasil uji tarik untuk sampel API 5L terkorosi**

Set Parameters			Test Parameters					
<i>Gauge Length</i> (mm)	<i>Initial Width</i> (mm)	<i>Initial Thickness</i> (mm)	<i>Final Gauge Length</i> (mm)	<i>Break Width</i> (mm)	<i>Break Thickness</i> (mm)	<i>Max Load</i> (N)	<i>Tensile Strength</i> ( $\text{N/mm}^2$ )	<i>Elongation</i> %
62	19.06	3.32	63.28	9.10	3.10	39.5	387	36.0
62	18.90	3.39	64.07	9.30	3.20	39.8	390	36.0
62	19.00	3.36	63.84	9.00	3.00	39.1	384	34.0
<i>Higher Tensile Strength</i>							387	35.33

Dari hasil pengujian tarik dapat diketahui bahwa nilai *tensile strength* untuk sampel API 5L yang tidak terkorosi sebesar  $374 \text{ N/mm}^2$  dan untuk sampel API 5L yang terkorosi sebesar  $387 \text{ N/mm}^2$ . Sementara itu untuk mengetahui grade dari pipa API 5L yang diuji dilakukan perbandingan dengan standar API 5L.



**Tabel 7 Hasil Perbandingan antara sampel utuh dan kena korosi**

Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )		
Sampel API 5L (tidak terkorosi)	Sampel API 5L (terkorosi)	Standar API 5L Untuk Grade B (API, 2010)
374	387	413

Dengan nilai *tensile strength* 374 N/mm<sup>2</sup> dan 387 N/mm<sup>2</sup> untuk sampel API 5L utuh dan terkorosi secara berturut-turut serta dengan membandingkannya pada standar *tensile strength* minimum API 5L Grade B sebesar 413 N/mm<sup>2</sup>, maka material pipa yang digunakan pada sampel uji cenderung masuk pada kategori API 5L Grade B.

### 3. Analisis Nilai Kekerasan Brinell

Dengan pengujian kekerasan digunakan dengan metode *Vickers* dengan beban 5 kg/mm<sup>2</sup> pada uji lokasi, yang hasil ujinya seperti pada tabel 4.4. Melalui hasil uji kekerasan bahan yang terkena korosi dan base metal yang dilakukan dengan metode uji kekerasan *Vickers*, menunjukkan bahwa kekerasan *Vickers* pada bahan pipa 3" yang utuh dan terkena korosi masih dalam range standars API 5L Grade B sehingga dianggap layak untuk dijadikan bahan pipa sesuai dengan kaidah system pemipaan dan sudah cukup mampu untuk menahan tekanan erosi yang tegak lurus dengan arah aliran kondensat.

**Tabel 8 Hasil Pengujian Nilai Kekerasan Brinell**

No	A ( Baru )	B ( Galvanis )
1.	124,6	118
2.	128	116,4
3.	123	126
4.	229,5	161
5.	214	156

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini maka dapat di simpulkan :

1. Material pipa gas dapat dikategorikan baja karbon API 5L Grade B.
2. Kedua Pipa gas Memiliki sambungan las Electric Resistance Weld ( ERW ) dengan Struktur mikro berupa ferit dan bainit.

3. Pipa gas A yang mengalami proses pelapisan galvanis dalam kondisi normal, sedang pipa gas B yang tidak mengalami proses pelapisan galvanis mengalami serangan korosi pitting merata

Faktor penyebab kerusakan pada pipa 3" adalah karena adanya erosi fluida kerja, selain karena adanya korosi, sehingga menyebabkan terjadinya kebocoran

### BIBLIOGRAFI

- 5L, A. (2010). *Seamless and Welded Line Pipes for Conveying Water, Gaseous and Liquid Hydrocarbons and for The Construction of Chemical and Industrial Plants, Oil Refineries etc.* USA.
- ASTM. (2010). *Annual Handbook of ASTM Standards : Metal Test Method and Analytical Procedures Volume 03.02.* ASTM 100 Barr Harbour Drive, West Conshohochen, PA 19428,.
- Chan, W.W Cheng, F. T., and Chow, W. K. (2002). Susceptibility of Materials to Cavitation Erosion in Hong Kong. *AWWA Journal /Aug 2002. Pp. 77.*
- Demoz, A. Papavinasam, S., Omotoso., Michelian, K., and Revie, R. W. (2009). Effect of Field Operational Variables on Internal Pitting Corrosion of Oil and Gas Pipelines. *Corrosions 65.11. Pp.741-747.*
- Ritci, P. (2017). Penerapan Peraturan Menteri Perhubungan No. 4 Tahun 2005 Untuk Melaksanakan Pencegahan Polusi Laut Jenis Minyak Sebagai Upaya Untuk Menjaga Ekosistem Peralian Indonesia. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 2(5), 140–150.