

Pipeline Integrity pada Pipa Gas Bumi 12 inci sepanjang 35,5 km

Rahmita Diansari ^{1*}, Yanto²

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jalan Raya Cisauk-Lapan No. 10, Sampora, Cisauk, Tangerang, Banten 15345

Article Info

Article history:

Received
21 January 2025

Accepted
6 February 2025

Keywords: Pipeline integrity, intelligent pigging, UT thickness, Cathodic, patrol, IoT, AI.

Abstract

Pipeline integrity is an important aspect of managing pipeline infrastructure used in the transportation of oil, gas, and other products. To evaluate pipeline integrity, 3 methods were used i.e intelligent pigging, UT thickness and routine monitoring of cathodic protection installed on the pipe. Based on the data from the results of intelligent pigging carried out in 2015, the lowest thickness data of 11.58 mm was obtained, resulting in a remaining service life of 10.8 years (until 2026). Meanwhile, based on the data from the UT thickness results carried out in 2018, the lowest thickness data of 10.37 mm was obtained, resulting in a remaining service life of 5.4 years (until 2026). Based on cathodic data in the field in 2018, it is known that the cathodic value is -0.94 Volts, a value that is better than the reference value of -0.85 Volts. Pipeline integrity is evaluated qualitatively with a routine patrol method along the pipeline. The Using Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligent (AI) technology using parameter sensors also can collect data in real time, detect leaks early and predict potential failures.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima:
21 Januari 2025

Disetujui:
6 Februari 2025

Kata Kunci: Integritas pipa, intelligent pigging, UT thickness, katodik, patroli, IoT, AI

Abstrak

Pipeline integrity atau integritas pipa merupakan aspek penting dalam pengelolaan infrastruktur pipa yang digunakan dalam transportasi minyak, gas, dan produk lainnya. Untuk menilai integritas pipa, digunakan 3 metode kuantitatif yaitu *intelligent pigging*, *UT thickness* dan pemantauan rutin pada proteksi katodik yang dipasang pada pipa. Berdasarkan data hasil *intelligent pigging* yang dilaksanakan tahun 2015, diperoleh data *thickness* terendah sebesar 11,58 mm sehingga didapat sisa umur layan sebesar 10,8 tahun (hingga tahun 2026). Sedangkan, berdasarkan data hasil *UT thickness* yang dilaksanakan tahun 2018, diperoleh data *thickness* terendah sebesar 10,37 mm sehingga didapat sisa umur layan sebesar 5,4 tahun (hingga tahun 2026). Berdasarkan data katodik di lapangan di tahun 2018, diketahui nilai katodik sebesar -0,94 Volt (lebih baik dari nilai referensi sebesar -0,85 Volt). Penilaian *pipeline integrity* juga dilakukan secara kualitatif dengan metode patroli rutin sepanjang jalur pipa. Penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligent (AI) dapat mengoleksi data secara real time, mendeteksi kebocoran lebih awal, dan memprediksi potensi kegagalan.

1. PENDAHULUAN

Pipeline adalah salah satu sarana transportasi paling efisien dan ekonomis untuk mengalirkan cairan dan gas dalam jarak jauh (Yao *et al.*, 2022). *Pipeline* atau Pipa adalah

*Corresponding author. Rahmita Diansari
Email address: rahmita.ikft@gmail.com

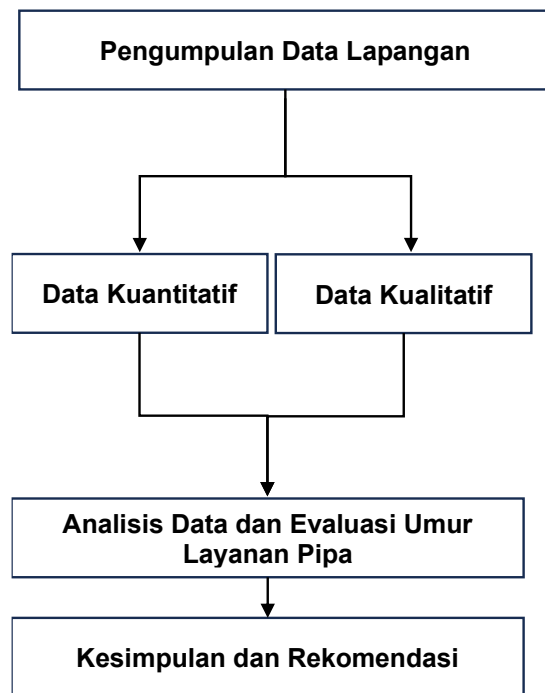
semua bagian dari fasilitas fisik yang dilalui gas dalam transportasi, termasuk pipa, katup, fitting, flensa (termasuk baut dan gasket), regulator, bejana tekan, peredam pulsasi, katup pelepas, dan perlengkapan lain yang terpasang pada pipa, unit kompresor, stasiun pengukuran, stasiun regulator, dan rakitan fabrikasi (ASME B31,8, 2003). Menurut Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH Migas), infrastruktur gas bumi melalui pipa yang telah terbangun di Indonesia mencapai 18.687 kilometer per 31 Mei 2022. Namun, karena rentan terhadap kerusakan, kebocoran, dan penurunan kualitas material, menjaga integritas *pipeline* pada setiap ruas pipa menjadi tantangan yang signifikan bagi industri hilir gas bumi. Terjadinya kegagalan pada *pipeline* dapat menyebabkan kerugian besar, baik dari segi finansial, sosial, maupun lingkungan. Oleh karena itu, penting untuk memiliki sistem manajemen integritas pipa yang baik.

Pipeline integrity atau integritas pipa merupakan aspek penting dalam pengelolaan infrastruktur pipa yang digunakan dalam transportasi minyak, gas, dan produk lainnya. Keandalan dan keamanan *pipeline* sangat bergantung pada kondisi fisiknya, yang dapat terpengaruh oleh faktor internal dan eksternal seperti korosi, kebocoran, dan kerusakan struktural. Upaya-upaya dalam melakukan *pipeline integrity* diantaranya adalah Teknologi *Intelligent Pig* (IP), Teknologi Ultrasonic, Pemantauan Korosi, Pemodelan dan Simulasi. Teknologi *Intelligent Pig* (IP) adalah teknik inspeksi di mana probe inspeksi, yang sering disebut sebagai *pig* “pintar”, didorong melalui pipa sambil mengumpulkan data penting, seperti keberadaan dan lokasi korosi atau ketidakraturan lainnya pada dinding bagian dalam pipa. *Ultrasonic Testing (UT) thickness* adalah salah satu teknik pengujian material tanpa merusak benda uji (*Non-Destructive Test*) yang dilakukan melalui pantulan gelombang ultrasonik.

Salah satu pipa milik perusahaan swasta di daerah Pulau Sumatera sepanjang 35,5 km dengan ukuran 12 inch API 5L *Schedule 60* yang dimaksud pada pembahasan ini merupakan fasilitas pipa yang dibangun sejak tahun 2008 dan digunakan mulai tahun 2009. Telah dilakukan beberapa upaya dalam pengelolaan *pipeline integrity* pipa tersebut diantaranya adalah pemasangan katodik, pemantauan dengan *Inspection Pig* (IP), teknologi *ultrasonic*, pemantauan korosi, dan patroli rutin sepanjang ROW. Makalah ini menyajikan pengelolaan *pipeline integrity* pada pipa gas bumi 12 inci sepanjang 35.5 km.

2. METODE PELAKSANAAN

Gambar 1 menunjukkan alur pelaksanaan penelitian ini. Penelitian diawali dengan pengumpulan dan analisis data lapangan yang terdiri dari data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif mencakup pengukuran ketebalan pipa menggunakan Ultrasonic Thickness (UT), data sistem proteksi katodik, serta hasil inspeksi internal pipa melalui *Intelligent Pigging* (IP). Sementara data kualitatif meliputi catatan kejadian dan laporan hasil patroli rutin sepanjang *Right of Way* (ROW). Data *UT thickness* pada titik terparah digunakan sebagai dasar untuk menghitung umur kelayakan pipa dengan pendekatan teknik sesuai standar industri seperti ASME B31G, serta menjadi acuan utama dalam pengajuan Persetujuan Layak Operasi (PLO) sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2021. Selanjutnya dilakukan evaluasi umur layan pipa dan penentuan kelayakan operasional berdasarkan kondisi aktual, yang kemudian diikuti dengan pembahasan dan penyusunan rekomendasi teknis terkait pengelolaan pipa, termasuk strategi pemeliharaan, inspeksi lanjutan, serta tindakan mitigasi risiko.

**Gambar 1.**

Metode Pelaksanaan evaluasi *pipeline integrity*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan inspeksi pipa menggunakan *intelligent pigging* yang dilakukan pada tahun 2015, diperoleh 10 data dengan kondisi pipa terparah sepanjang 35,5 km (dari laporan perusahaan yang tidak dipublikasikan). Kondisi pipa ini disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan inspeksi ketebalan pipa menggunakan teknologi UT *thickness* yang dilakukan pada beberapa rentang jarak pipa dengan beberapa spot di tanggal 27-28 November 2018, diperoleh 6 (enam) data terparah (berdasarkan laporan internal yang tidak dipublikasikan). Data ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1.

Defect Severity List hasil Intelligent Pigging (IP)

No	Abs. Distance (km)	Nominal WT (mm)	Jenis	Depth (%)	Act. WT (mm)
1	4,943	14,3	Metal Loss	13	12,441
2	5,717	14,3	Metal Loss	15	12,155
3	7,403	14,3	Metal Loss	15	12,155
4	8,867	14,3	Metal Loss	19	11,583
5	8,867	14,3	Metal Loss	18	11,726
6	12,988	14,3	Metal Loss	14	12,298
7	13,324	14,3	Metal Loss	15	12,155
8	22,268	14,3	Metal Loss	11	12,727
9	22,268	14,3	Metal Loss	17	11,869
10	22,268	14,3	Metal Loss	15	12,155

Tabel 2.*Defect Severity List* hasil Intelligent Pigging (IP)

No	Abs. Distance (KM)	Act. WT (mm)
1	0	10,37
2	12	12,31
3	15	12,36
4	22	12,30
5	27	12,58
6	35	12,21

Menggunakan data sebagaimana di atas, kita dapat melakukan perhitungan sisa umur layan pipa (*remaining life*) dengan menggunakan standard (American Petroleum Institute, 2016) sebagai berikut :

$$Remaining\ Life = \frac{t_{aktual} - t_{req}}{corrosion\ rate} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan:

t aktual = Ketebalan pipa aktual

t req = Ketebalan minimum pipa penyalur

Corrosion Rate = Laju Korosi (MPY)

Penentuan tebal minimum pipa penyalur menggunakan persamaan standar (ASME B31.8, 2003) sebagai berikut :

$$t_{req} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot F \cdot E \cdot T} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

t n = Ketebalan nominal pipa

P = Pressure Design (Psi)

D = Outside Diameter (Inch)

S = Specified Minimum for Yield Strength / SMYS (Psi)

F = Design Factor / Location Class

E = Weld Joint Factor

T = Temperature Derating Factor

Sedangkan, persamaan untuk menghitung laju korosi menggunakan standar (API 570, 2016) sebagai berikut:

$$Corrosion\ Rate = \frac{t_{awal} - t_{aktual}}{interval\ pengukuran} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

Corrosion Rate = Laju Korosi (MPY)

t awal = pengukuran ketebalan awal (2018)

t aktual = pengukuran ketebalan terakhir (2020)

Interval Waktu = Rentang waktu pengukuran

Tabel 3.
Perhitungan Umur Sisa Layan Pipa

No	Metode	Abs. Distance (km)	Nominal WT (mm)	Act. WT (mm)	t req (mm)	CR (mm/tahun)	RL (tahun)
1	IP	4,9	14,27	12,415	7,368	0,265	19,044
2	IP	5,7	14,27	12,13	7,368	0,306	15,571
3	IP	7,4	14,27	12,13	7,368	0,306	15,571
4	IP	8,9	14,27	11,559	7,368	0,387	10,819
5	IP	8,9	14,27	11,701	7,368	0,367	11,809
6	IP	13,0	14,27	12,272	7,368	0,285	17,184
7	IP	13,3	14,27	12,13	7,368	0,306	15,571
8	IP	22,3	14,27	12,7	7,368	0,224	23,779
9	IP	22,3	14,27	11,844	7,368	0,347	12,916
10	IP	22,3	14,27	12,13	7,368	0,306	15,571
11	UT	0	14,27	10,37	7,368	0,557	5,388
12	UT	12,0	14,27	12,31	7,368	0,280	17,650
13	UT	15,0	14,27	12,36	7,368	0,273	18,295
14	UT	22,0	14,27	12,3	7,368	0,281	17,525
15	UT	27,0	14,27	12,58	7,368	0,241	21,588
16	UT	35,0	14,27	12,21	7,368	0,294	16,453

Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan umur sisa layan pipa sebagaimana diambil dari *Intelligent Pigging Report* (2015) dan Hasil Pemeriksaan Internal (2018). Berdasarkan data hasil *intelligent pigging* yang dilaksanakan tahun 2015, diperoleh data *thickness* terendah sebesar 11,58 mm sehingga didapat sisa umur layan sebesar 10,8 tahun, yaitu hingga tahun 2026. Sedangkan, berdasarkan data hasil UT *thickness* yang dilaksanakan pada tahun 2018, diperoleh data *thickness* terendah sebesar 10,37 mm sehingga didapat sisa umur layan sebesar 5,4 tahun, yaitu hingga tahun 2026. Tindakan yang dapat dilaksanakan untuk menaikan umur layan pipa yaitu *maintenance* penggantian *spool* pipa pada area terparah.

Selain *intelligent pigging* dan UT *thickness*, analisis kuantitatif lainnya telah dilakukan melalui pemantauan rutin pada proteksi katodik yang dipasang pada pipa. Berdasarkan data katodik dilapangan di tahun 2018, diketahui nilai katodik sebesar -0,94 Volt, nilai yang lebih baik dari nilai referensi sebesar -0,85 Volt. Sehingga, proteksi katodik dinyatakan masih baik.

Selain metode-metode diatas, *pipeline integrity* dijalankan juga secara kualitatif dengan metode patroli rutin sepanjang jalur pipa, hal ini dilaksanakan guna memastikan kondisi *Right of Way* (ROW) atau jalur pipa tetap aman. Namun, diketahui pada tahun 2017 terjadi gangguan pada pipa yang disebabkan oleh pekerjaan pihak ketiga di area ROW. Hal ini membuktikan, masih terdapat risiko pada *pipeline integrity* yang perlu dimitigasi. Upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk memitigasi hal ini diantaranya koordinasi lintas instansi pembina untuk memperketat perizinan pekerjaan di sekitar ROW atau jalur pipa.

Sebagai rekomendasi tambahan, sebelum umur layan pipa habis, metode *pipeline integrity* direkomendasikan dapat menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *Artificial Intelligent* (AI). Teknologi IoT ini menggunakan sensor parameter yang selanjutnya dihubungkan dengan jaringan sehingga dapat mengoleksi data secara *real time*, mendeteksi kebocoran lebih awal, menggunakan *trend* data dapat memprediksi potensi kegagalan sebelum terjadi, melakukan monitoring secara *remote*, dan dapat dikombinasikan dengan teknologi AI untuk melakukan analisis lebih lanjut. Selain itu, kemampuan IoT sensor yang dapat mengoleksi data secara *real time* dan memberikan deteksi dini

kejanggalan juga dapat menjadi solusi agar dampak dari faktor eksternal dapat segera ditangani dan tidak terekskalasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam menjalankan inspeksi pada pipeline integrity, terdapat 3 (tiga) metode kuantitatif yang bisa digunakan yaitu, *intelligent pigging*, *UT thickness* dan pemantauan rutin pada proteksi katodik yang dipasang pada pipa. Berdasarkan data hasil *intelligent pigging* yang dilaksanakan tahun 2015, diperoleh data *thickness* terendah sebesar 11,58 mm sehingga didapat sisa umur layan sebesar 10,8 tahun, yaitu hingga tahun 2026. Sedangkan, berdasarkan data hasil *UT thickness* yang dilaksanakan pada tahun 2018, diperoleh data *thickness* terendah sebesar 10,37 mm sehingga didapat sisa umur layan sebesar 5,4 tahun, yaitu hingga tahun 2026. Tindakan yang dapat dilaksanakan untuk menaikkan umur layan pipa yaitu *maintenance* penggantian *spool* pipa pada area terparah. Berdasarkan data katodik dilapangan di tahun 2018, diketahui nilai katodik sebesar -0,94 Volt, nilai yang lebih baik dari nilai referensi sebesar -0,85 Volt. Selain metode-metode diatas, pipeline integrity dijalankan juga secara kualitatif dengan metode patroli rutin sepanjang jalur pipa, hal ini dilaksanakan guna memastikan kondisi *Right of Way* (ROW) atau jalur pipa tetap aman. Namun, masih terdapat risiko pada *pipeline integrity* yang perlu dimitigasi, yaitu faktor eksternal berupa gangguan pihak ketiga. Sebagai rekomendasi, sebelum umur layan pipa habis, metode *pipeline integrity* direkomendasikan dapat menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *Artificial Intelligent* (AI).

5. DAFTAR PUSTAKA

1. American Petroleum Institute. (2016). Piping inspection code: In-service inspection, rating, repair, and alteration of piping systems (API Standard 570). Washington: American Petroleum Institute.
2. Yao, B., He, Z, Lu, N. & Zhang, S. (2022). A novel PIG and an intelligent pigging scheme based on deep-learning technology. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 200, 104803.
3. Diansari, R. (2018). UT Thickness Report. *Laporan Internal (Tidak dipublikasikan)*. PT. Energasindo Heksa Karya. Jakarta
4. PT. Transworld Solution/EHK. (2014). Final report for in-line inspection of the 12 inch Tempino Kecil to Payo Selincih, 35.5 km gas pipeline (Contract No: 001/TWS/VI/2014; LIN SCAN Project No: 062 2553). *Laporan teknis (tidak dipublikasikan)*. Jakarta
5. ASME B31.8. (2003). *Gas Transmission and Distribution Piping Systems*. New York: The American Society of Mechanical Engineers