

KATEGORI RISIKO DAN OPTIMASI JADWAL INSPEKSI STORAGE TANK A-02 BERDASARKAN PENDEKATAN RISK-BASED INSPECTION

Rohand Saputra¹,

Teknik Industri, Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan
Jl. Soekarno Hatta KM. 15, Karang Joang, Balikpapan, 76127, Kalimantan Timur, Indonesia

¹rohandsaputra7@gmail.com

Dikirim pada 23-11-2024, Direvisi pada 28-11-2024, Diterima pada 04-12-2024

Abstrak

PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU V Balikpapan adalah perusahaan yang berfokus memenuhi kebutuhan minyak dan gas bumi di Indonesia. Untuk memastikan distribusi bahan bakar minyak harian yang berkualitas kepada konsumen, perusahaan ini mengandalkan *storage tank* (tangki timbun) sebagai fasilitas penyimpanan produk sebelum distribusi. Pentingnya memantau umur sisa tangki dan membuat rencana inspeksi tangki yang terencana menjadikan proses perawatan lebih efektif serta efisien. Salah satu metode yang digunakan adalah *Risk Based Inspection* (RBI), yakni pendekatan untuk menentukan rencana inspeksi berdasarkan risiko kegagalan peralatan. Dalam hal ini, digunakan metode RBI Semi Kuantitatif, yang memadukan metode kuantitatif dan kualitatif berdasarkan standar API 581. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kategori risiko, estimasi umur sisa, dan rekomendasi jadwal inspeksi tangki timbun. Hasil studi menunjukkan bahwa kategori risiko tangki tergolong *Medium Risk*, dengan estimasi umur sisa terkecil mencapai 0,67 tahun. Berdasarkan hasil analisis RBI, inspeksi direkomendasikan untuk dilakukan segera, termasuk overhaul pada tangki tersebut.

Kata Kunci: Jadwal Inspeksi; *Medium Risk*; *Risk Based Inspection*; *Storage Tank*

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC BY-SA](#).



Penulis Koresponden:

Rohand Saputra

Teknik Industri Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Institut Teknologi Kalimantan Jl Soekarno Hatta KM. 15, Karang Joang, Balikpapan, 76127, Kalimantan Timur, Email: rohandsaputra7@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Tangki timbun memiliki peran vital dalam industri energi dan petrokimia sebagai wadah penyimpanan bahan bakar sebelum distribusi ke konsumen. Keandalan tangki ini menjadi krusial karena potensi kegagalan dapat menimbulkan dampak serius terhadap keselamatan dan operasional perusahaan. Salah satu pendekatan yang efektif dalam mengelola inspeksi tangki adalah menggunakan metode Risk-Based Inspection (RBI), yang mengutamakan perencanaan inspeksi berdasarkan tingkat risiko kegagalan komponen tangki timbun [1]. *Storage tank* berperan vital dalam industri energi dan petrokimia sebagai tempat penyimpanan bahan bakar sebelum didistribusikan ke konsumen. Keandalan tangki menjadi krusial karena kegagalannya dapat menyebabkan kebakaran, ledakan, kerusakan lingkungan, hingga kerugian finansial yang signifikan [6]. Berdasarkan data dari industri minyak dan gas, sekitar 16% kecelakaan besar dalam sektor ini melibatkan tangki timbun, dengan kerugian mencapai puluhan juta dolar AS per kejadian [5]. Untuk mengantisipasi risiko tersebut, metode Risk-Based Inspection (RBI) digunakan sebagai pendekatan proaktif dalam menentukan jadwal inspeksi berdasarkan risiko kegagalan. RBI menggabungkan analisis probabilitas (*probability of failure*) dan konsekuensi kegagalan (*consequence of failure*), yang kemudian diplotkan ke dalam risk matrix untuk mengidentifikasi kategori risiko [7]. RBI mengintegrasikan analisis kualitatif dan kuantitatif untuk mengevaluasi risiko kegagalan. Probabilitas dan konsekuensi kegagalan ditentukan melalui berbagai faktor, termasuk kondisi fisik tangki, laju korosi, serta desain mekanik. Hasil analisis ini kemudian diplot ke dalam risk matrix untuk mengidentifikasi kategori risiko yang dihadapi tangki [2]. Komponen utama dalam analisis RBI meliputi: Laju Korosi dan Ketebalan Minimum: Evaluasi laju penipisan material akibat korosi menggunakan metode pengukuran non-destruktif, seperti Ultrasonic Thickness Measurement (UTM), estimasi umur sisa tangki menggunakan data

laju korosi untuk memprediksi sisa umur operasional tangki sebelum mencapai batas ketebalan minimum, Risk Matrix kombinasi probabilitas kegagalan dan konsekuensi untuk menentukan prioritas inspeksi [8]. Metode ini memungkinkan perusahaan untuk mengoptimalkan jadwal inspeksi, mengurangi biaya perawatan, serta meningkatkan efisiensi operasional. Estimasi umur sisa tangki merupakan salah satu komponen penting dalam RBI. Dengan memanfaatkan metode pengujian non-destruktif, seperti *Ultrasonic Thickness Measurement* (UTM), laju korosi dapat dihitung untuk memperkirakan umur sisa tangki [3]. Dalam penerapannya, API 650 juga mengatur desain, fabrikasi, dan inspeksi tangki timbun, termasuk perlindungan terhadap korosi serta stabilitas tangki terhadap tekanan internal dan angin. Implementasi yang tepat dari RBI dan estimasi umur sisa tangki memungkinkan perencanaan perawatan yang lebih baik, memperpanjang umur pakai tangki, dan meminimalkan risiko kegagalan yang dapat menyebabkan kerugian besar bagi perusahaan [4]. Dari hasil penelitian ini, diharapkan memberikan kontribusi signifikan pada peningkatan keselamatan dan keandalan operasional kilang, serta efisiensi dalam pengelolaan aset.

2. METODE PENELITIAN

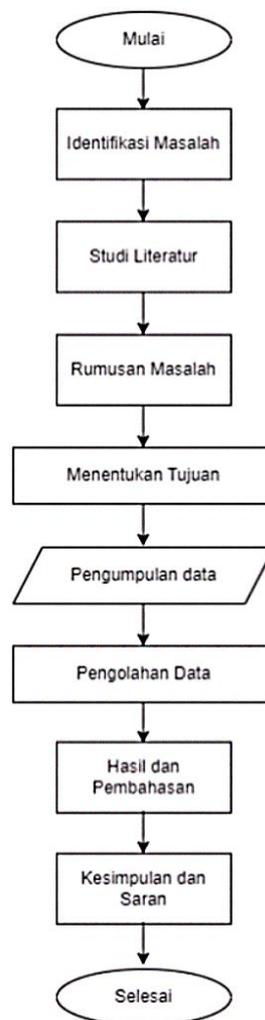


Fig 1 Diagram Metode Penelitian

1. Identifikasi Masalah

Melakukan identifikasi permasalahan yang terjadi pada departemen Maintenance Planning Support di PT. Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU V Balikpapan.

2. Studi Literatur

Studi literature bertujuan untuk memahami dan mendalami metode Risk Based Inspection (RBI) menggunakan API 581 serta bagaimana perhitungan Probability of failure (PoF) dan Consequence of failure (CoF), sehingga didapatkan sebuah risk level dan nilai resiko.

3. Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditemukan pada departemen tersebut yaitu mengenai estimasi umur, kategori resiko dan penjadwalan inspeksi pada Storage Tank di PT. Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU V Balikpapan.

4. Menentukan Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui estimasi umur, kategori resiko dan penjadwalan inspeksi pada *Storage Tank* di PT. Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU V Balikpapan.

5. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengetahui data *storage tank* serta data ketebalan tiap course.

6. Pengolahan Data

Melakukan pengolahan data dengan menggunakan *Risk Based Inspection* (RBI) dengan mengidentifikasi *Probabiliti of Failure* (POF), *Consequenses of Failure* (COF), laju korosi dan umur sisa *storage tank* yang di analisa

7. Hasil dan Pembahasan

Melakukan analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah didapatkan.

8. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir adalah menuliskan kesimpulan berdasarkan tujuan yang ingin dicapai serta memberi saran untuk penelitian selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Tangki

Bagian ini memuat informasi spesifikasi *storage tank* yang menjadi objek inspeksi. Data spesifikasi tersebut diambil dari dokumen resmi milik PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU V Balikpapan.

Tank Number	: A-02
Fluids Service	: Crude Oil
Tank Diameter (m)	: 36,00
Tank Height (m)	: 12,44
Capacity (m3)	: 11819
Material Shell	: A36
Material Roof	: A36
Tipe atap	: Fixed Roof (Cone)
Pembuatan tahun	: 1949
Number shell Course	: 7
Course Height (m)	: 1,77
Joint Efficiency	: 0,85
Spesific Gravity of Liquid	: 0,86

2. Pengukuran Tebal Plat

Pengukuran terhadap tebal pelat tangki A-02 dapat dirangkum pada tabel berikut.

Tabel I Hasil Pengukuran Shell Minimum Thickness

Course	Taktual2024 (mm)	TPrevious2020 (mm)
1st	21,16	24,00
2nd	18,37	19,80
3rd	15,82	17,10
4th	12,64	14,10
5th	8,43	10,00
6th	6,11	7,30
7th	5,1	7,00

Adapun untuk perhitungan tebal minimal shell (t_{min}) adalah shell pada tangka timbun A-02 sebagai berikut.

$$t_{min} = \frac{4.9 D (H-0.3)G}{S E} \quad (1)$$

Dengan menggunakan persamaan maka dapat didapatkan tebal minimal shell (t_{min}) sebagai berikut Tabel II.

Tabel II Hasil Pengukuran Shell Minimum Thickness

Course	Taktual(mm)	TPrevious (mm)	Tmin(mm)
1st	21,16	24,00	12,11
2nd	18,37	19,80	10,27
3rd	15,82	17,10	7,66
4th	12,64	14,10	5,98
5th	8,43	10,00	4,31
6th	6,11	7,30	2,64
7th	5,1	7,00	2,54

3. Analisis Risk Based Inspection Kualitatif

Nilai probabilitas kegagalan didapatkan dari hasil wawancara kualitatif API RBI 581. Nilai probabilitas kegagalan adalah total dari nilai *Equipment Factor faktor peralatan (EF)*, *Damage Factor (DF)*, *Inspection Factor (IF)*, *Current Condition Factor faktor kondisi saat ini (CCF)*, *Process Factor (PF)*, dan *Mechanical Design Factor (MDF)*. Berikut merupakan hasil data analisa kualitatif terhadap storage tank yang diinspeksi yang dilakukan oleh authorized inspector yang tersertifikasi RBI dari PT. Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU V Balikpapan.

Dari hasil analisa kualitatif dapat diperoleh nilai dari masing-masing faktor probabilitas kegagalan (POF) yang ditunjukkan pada table dibawah berikut ini.

Tabel III Nilai POF

<i>Probability of Failure</i>	Nilai
faktor peralatan (EF)	0
faktor kerusakan (DF)	10
Faktor Inspeksi (IF)	-6
faktor kondisi saat ini (CCDF)	6
faktor proses (PF)	4
faktor desain mekanik (MDF)	0
Score POF	14
POF Category	1

Dari hasil analisa probabilitas kegagalan diperoleh score POF yaitu 14 sehingga dapat ditentukan POF kategori kualitatif yang diperoleh yaitu 1.

Nilai konsekuensi kegagalan didapatkan dari hasil wawancara kualitatif API RBI 581. Nilai konsekuensi kegagalan yang digunakan adalah dipengaruhi oleh 6 faktor yaitu *Chemical Factor (CF)*, *Quantity Factor (QF)*, *State Factor (SF)*, *Autoignition Factor (AF)*, *Autoignition Factor (PF)*, dan *Credit Factor (CF)*. Berikut merupakan hasil data analisa kualitatif terhadap *storage tank* yang diinspeksi yang dilakukan oleh authorized inspector yang tersertifikasi RBI dari PT. Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU V Balikpapan.

Dari hasil analisa kualitatif dapat diperoleh nilai dari masing-masing faktor konsekuensi kegagalan (COF) yang ditunjukkan pada table dibawah berikut ini.

Tabel IV Nilai COF

<i>Consequences of Failure</i>	Nilai
faktor kimia (CF)	12
faktor kimia (QF)	50
faktor temperatur titik didih fluida (SF)	1
faktor autoignition (AF)	-10
faktor tekanan (PF)	-10
faktor kredit (CF)	-6
Score COF	37
COF Category	C

Dari hasil analisa probabilitas kegagalan diperoleh score COF yaitu 37 sehingga dapat ditentukan COF kategori kualitatif yang diperoleh yaitu C.

4. Analisis RBI Kuantitatif

Berdasarkan hasil analisa kuantitatif, parameter nilai faktor penyusun *Probability of failure* (POF) yaitu:

A. Frekuensi Kegagalan Umum (gff)

Adapun nilai frekuensi kegagalan umum (gff) yang digunakan yaitu dilihat pada table dibawah ini

Tabel V Komponen *Generic Failure Frequencies* (gff)

Tipe peralatan/Komponen	gff total (kegagalan/tahun)
Tank650/COURSE-1	1.00E-04
Tank650/COURSE-2	1.00E-04
Tank650/COURSE-3	1.00E-04
Tank650/COURSE-4	1.00E-04
Tank650/COURSE-5	1.00E-04
Tank650/COURSE-6	1.00E-04
Tank650/COURSE-7	1.00E-04

Sumber : Penulis, 2024

Sehingga Nilai frekuensi kegagalan umum (gff)/tahun yang digunakan yaitu sebesar 1.0E-4 atau 0,00001 kegagalan/tahun.

B. Faktor Sistem Manajemen (Fms)

Faktor sistem manajemen diperoleh dari hasil sebuah evaluasi fasilitas atau sistem manajemen unit operasi. Berikut tahapan cara perhitungan FMS management system factor

$$pscore = \frac{Score}{100} \cdot 100 [unit in \%] \quad (2)$$

$$pscore = \frac{Score}{100} \cdot 100 [unit in \%]$$

score yang digunakan pada penelitian ini adalah 850, lalu dihitung FMS :

$$FMS = 10(-0.02.02.pscore+1) \quad (3)$$

$$FMS = 10(-0.02.85+1) \quad (4)$$

$$FMS = 0.1995 \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai Fms yaitu sebesar 0.1995

C. Damage Factor (D_f^{thin})

$$D_f^{thin} = \frac{D_{fb}^{thin} F_{IP} F_{DL} F_{WP} F_{AM} F_{SM}}{F_{OM}} \quad (6)$$

On-Line Monitoring (FOM) tidak digunakan pada perhitungan ini jika nilai $D_{fb}^{thin} = 1$. *Injection/Mix Points* (FIP) tidak digunakan karena tidak ada injeksi. *Dead legs* (FDL) tidak digunakan dalam dikarenakan aturan pada FDL hanya diperuntukkan pada sistem perpipaan.

Nilai *welded construction* (FWD) = 1, Maintenance in accordance with API 653 (FAM) = 1, *Settlement* (FSM) =1 karena peralatan yang dianalisa adalah tangki dengan konstruksi sambungan lasan (welded), sistem maintenance yang sudah mengacu pada API 653, serta settlement yang sesuai standar. Maka,

$$D_f^{thin} = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \quad (7)$$

$$D_f^{thin} = 1 \quad (8)$$

Sehingga didapatkan nilai gff, Df(t) dan FMS dari perhitungan diatas, Maka dilanjutkan nilai tersebut digunakan untuk menghitung nilai probabilitas kegagalan. Dibawah ini merupakan perhitungan untuk memnentukan nilai probabilitas kegagalan.

$$Pf(t) = gPf(t) = gff \cdot Df^{thin}(t) \cdot FMS \quad (9)$$

$$Pf(t) = 0,0001 \cdot 1 \cdot 0,1995 \quad (10)$$

$$Pf(t) = 0,00001995 \quad (11)$$

Dengan persamaan diatas maka didapatkan nilai Pf(t) yaitu sebesar 0,00001995. Sehingga dapat ditentukan POF kategori kuantitatif yaitu 1.

5. Matriks Risk Based Inspection

Berdasarkan analisa semi kuantitatif RBI yang telah dilakukan, maka dapat ditentukan nilai *Probability of failure* (POF) dan *Consequences of failure* (COF) yang dapat dirangkum sebagai berikut :

Tabel VI Hasil POF dan COF

Tank No	Service Fluids	Quantitative RBI		Qualitative RBI		Kategori Resiko
		POF	COF	POF	COF	
A-02	Crude Oil	1	1	1	C	Medium Risk

Kemudian akan di plot kedalam matriks 5 x 5 dengan hasil dibawah ini.

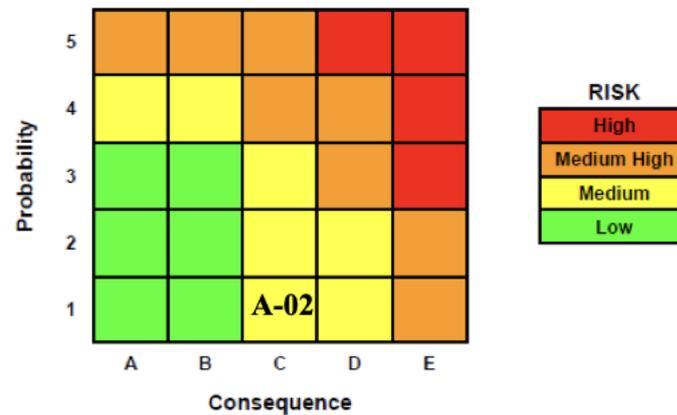


Fig II Kategori Risk Matrix

Berdasarkan perhitungan kuantitatif didapatkan kategori POF yaitu 1 dan pada analisa kualitatif didapatkan ketegori POF yaitu 1 dan kategori COF yaitu C. Maka dapat ditentukan kategori resiko dari hasil yang telah didapatkan yaitu *Medium Risk*.

6. Analisis *Corrosion Rate* dan *Remaining Life*

Hasil analisis laju korosi pada tangka timbun A-02 dirangkum pada table dibawah. Ketebalan shell sebelumnya diukur empat tahun sebelum dilakukan pengukuran ketebalan aktual.

Tabel VII Hasil Analisis *Corrosion Rate*

Course	Taktual (mm)	TPrevious (mm)	Corrosion Rate (Cr)
1st	21,16	24,00	0,71
2nd	18,37	19,80	0,358
3rd	15,82	17,10	0,320
4th	12,64	14,10	0,365
5th	8,43	10,00	0,393
6th	6,11	7,30	0,298
7th	5,1	7,00	0,475

Sedangkan hasil dari umur sisa tampilkan pada tabel berikut.

Tabel VII Hasil Analisa Umur Sisa

Course	Taktual (mm)	TPrevious (mm)	Tmin(mm)	Remaining Life (years)
1st	21,16	24,00	12,11	2,26
2nd	18,37	19,80	10,27	2,03
3rd	15,82	17,10	7,66	2,04
4th	12,64	14,10	5,98	1,66
5th	8,43	10,00	4,31	1,03
6th	6,11	7,30	2,64	0,87
7th	5,1	7,00	2,54	0,64

7. Rekomendasi Program Inspeksi

Penentuan interval inspeksi mempertimbangkan remaining life komponen tangki, di mana menurut standar API 581, frekuensi inspeksi maksimum tidak boleh melebihi setengah dari remaining life-nya. Hal ini dikarenakan jika suatu komponen tangki melampaui batas setengah dari remaining life, maka diperlukan penanganan yang lebih intensif serta analisis mendalam untuk menentukan apakah tangki masih

layak dioperasikan atau memerlukan overhaul dan penggantian komponen yang mengalami degradasi. Berdasarkan data yang telah dianalisis, seluruh remaining life dari masing-masing shell course pada tangki menunjukkan nilai di bawah 5 tahun, dengan nilai terendah pada course ke-7 yang hanya sebesar 0,64 tahun. Ditambah dengan hasil analisis *Risk-Based Inspection* (RBI) yang menempatkan tangki ini dalam kategori medium risk, maka kondisi tangki memerlukan perhatian khusus. Tingginya risiko dan degradasi yang signifikan pada shell course menegaskan pentingnya tindakan segera. Oleh karena itu, rekomendasi utama adalah melakukan overhaul atau pergantian seluruh shell course dalam waktu dekat. Langkah ini bertujuan untuk mengurangi risiko operasional dan memastikan tangki tetap beroperasi dengan aman. Perencanaan untuk overhaul ini harus mencakup persiapan material, jadwal shutdown, dan langkah-langkah pengendalian risiko lainnya sesuai dengan klasifikasi risiko medium yang telah ditetapkan.

Berikut ini periode rekomendasi untuk kegiatan inspeksi internal selanjutnya

Tabel IX Rekomendasi untuk kegiatan inspeksi internal selanjutnya

Tank No	Service Fluids	Remaining Life Terkecil (Tahun)	Kategori Resiko	Rekomendasi
A-02	Crude Oil	0.64	Medium Risk	Overhaul

A. KESIMPULAN

Usulan rekomendasi jadwal inspeksi selanjutnya berdasarkan hasil assessment *Risk Based Inspection* untuk tangki timbun A-02 yang terdapat pada PT. Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU V yaitu inspeksi paling lama tidak melebihi setengah remaining life-nya. Mengingat bahwa remaining life terkecil dari salah satu course adalah 0,67 tahun, sangat disarankan untuk segera melakukan inspeksi menyeluruh dan perawatan preventif atau overhaul pada tangki tersebut. Jadwal inspeksi harus dipercepat untuk memastikan bahwa tidak ada kerusakan kritis yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi tangki.

Selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan penelitian ini dengan mempertimbangkan faktor-faktor eksternal yang lebih luas seperti perubahan iklim atau kondisi lingkungan sekitar yang dapat mempengaruhi keandalan dan umur sisa *storage tank*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan penelitian ini. Pihak yang dimaksud adalah:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
2. Ahmad Jamil, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing
3. Fakhruddin Iman Wafi selaku Pembimbing Lapangan di PT. Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU V Balikpapan.
4. Serta semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan kerja praktik ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karyanto, J. (2007). Penilaian risiko tangki timbun dengan metode analisa kualitatif berdasarkan API 581. FKM UI.
- [2] Fathnin N, Alhilman J, Atmaji FTD. Kategori risiko, estimasi umur sisa, dan usulan jadwal inspeksi pada storage tank menggunakan metode Risk-Based Inspection pada PT. XYZ. *Journal Industrial Services*. 2018;4(1):77-83.
- [3] Bentara Iman AF, Novianto H. Analisa laju korosi dan sisa umur tangki timbun solar di PLTU 4 Belitung PT Pembangkit Jawa - Bali (PJB). *SNTEM*. 2021;1:606-610.
- [4] Baker M. The Basics of API 650: Welded tanks for oil storage [Internet]. National Institute for Storage Tank Management; 2009.
- [5] Ikhsan Kholis. *Analisa Corrosion Rate dan Remaining Life pada Storage Tank T-XYZ Berdasarkan API 653 di Kilang PPSDM Migas*. Jurnal Nasional Pengelolaan Energi, Vol. 2, No. 2, 2020.

-
- [6] Putri Ratnasari, Judi Alhilman, Aji Pamoso. *Penilaian Risiko, Estimasi Interval Inspeksi, dan Metode Inspeksi pada Hydrocarbon Piping Menggunakan Metode RBI*. Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya, Vol. 5, No. 2, 2019
- [7] Papasalouros, D., Bolas, K., Kourousis, D., Tsopelas, N., & Anastasopoulos, A. (2014, October). Modern inspection methodologies for RBI programs of atmospheric storage tanks. In 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2014).
- [8] Ida Bagus Wasudewa, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji, Aji Pamoso. *Usulan Optimasi Jadwal Inspeksi, Remaining Life, dan Multi Value Attribute Analysis pada Storage Tank di PT. XYZ Menggunakan Metode Risk-Based Inspection*. e-Proceeding of Engineering, Vol. 6, No. 2, 2019
- [9] Purba, Martha L., Budiasih, Endang, Atmaji, Fransiskus T.D. (2020). Usulan Optimasi Interval Inspeksi dan Estimasi Remaining Life pada Pressure Vessel Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI) Dengan Pendekatan Semi Kuantitatif. Seminar Nasional Teknik Industri UGM 2020
- [10] Risky, L. P., Adi, W. H., & Nurvita, A. (2018, December). Penilaian Risiko pada Onshore Pipeline Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI). In Proceedings of National Conference on Piping Engineering and Its Application (Vol. 3, No. 1, pp. 127-132).