

---

# Analisis Strategi Inspeksi Berdasarkan Risiko (*RBI*) pada *Atmospheric Storage Tank* PT. XYZ

Mochamad Febrian Adhi Patria

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi, Blora

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 24 Juli 2023  
Direvisi : 10 November 2023  
Disetujui : 24 November 2023  
Terbit : 25 November 2023

Email korespondensi:  
[mochamad.patria@esdm.go.id](mailto:mochamad.patria@esdm.go.id)

Laman daring:  
<https://doi.org/10.37525/mz/2023-2/472>

## ABSTRAK

*Storage tank* (tangki timbun) merupakan salah satu peralatan penting dalam industri minyak dan gas bumi yang wajib dilakukan inspeksi dan pemeliharaan agar dapat beroperasi dalam kondisi prima, bekerja dengan kondisi aman, dan meminimalisir terjadinya kecelakaan. Penelitian ini bertujuan membuat strategi program inspeksi berdasarkan risiko atau *risk based inspection* (RBI) pada *storage tank* A PT. XYZ. Metode yang digunakan adalah RBI-semi kuantitatif berdasarkan standard API 581. Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur, mengumpulkan data, melakukan perhitungan *remaining life*, menentukan risiko dan membuat strategi dan rencana inspeksi. Hasil penelitian menunjukkan *remaining life* dari masing-masing *course 1*, *course 2*, dan *course 3* adalah 20,35 tahun, 16,60 tahun, dan 51,42 tahun. Risiko masuk dalam kategori medium (1C). *Storage tank* perlu dilakukan inspeksi secara berkala dalam 5 tahun dengan metode inspeksi 100% *visual inspection*, UT Spot/ UT Scan dan inspeksi lain sesuai standar API 653. Metode RBI dapat mengurangi biaya inspeksi sebesar \$5000 sampai batas *remaining life storage tank* atau sebesar \$312 pertahun.

**Kata kunci:** *Storage tank*, Inspeksi, *remaining life*, RBI, API 581

## ABSTRACT

*Storage tank is one of the important equipment in the oil and gas industry that must be inspection and maintenance so that the equipment can operates in good condition, work in safe conditions, and minimize accidents. This study aims to create inspection strategy based on risk (risk-based inspection /RBI) on storage tank A of PT. XYZ. The method uses RBI- semi-quantitative based on API 581 standard. The study begins with study literature, collecting data, conducting remaining life assessments, determining risks and creating inspection strategies and plans. The results showed that the remaining life of each course 1, course 2, and course 3 respectively 20,35 years, 16,60 years and 51,42 years. Risk category is medium(1C). Storage tank is recommended to be inspected periodically in 5 years with 100% visual inspection, UT Spot / Scanning and other inspection methods according to API 653 standards. RBI method can reduce inspection costs by \$5000 until the limit of remaining life storage tank or by \$312 per year.*

**Keywords:** *storage tank, inspection, remaining life, RBI, API 581*

## PENDAHULUAN

Tangki timbun (*storage tank*) merupakan salah satu peralatan penting dalam industri minyak dan gas yang digunakan untuk menyimpan fluida baik itu berupa *crude oil*, BBM, dan produk hasil pengolahan lainnya (Kholis, 2020). Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No 32 tahun 2021, setiap peralatan dan/atau instalasi yang digunakan dalam kegiatan usaha minyak dan gas bumi, wajib dilakukan inspeksi teknis dan pemeriksaan keselamatan. Hal tersebut bertujuan agar peralatan beroperasi dalam kondisi prima, bekerja dengan kondisi aman dan meminimalisir terjadinya kecelakaan. Menurut penelitian Chang & Lin (2006) terdapat 242 kasus kecelakaan pada tangki penyimpanan pada periode tahun 1960 sampai 2003, dimana 74% kecelakaan terjadi di kilang minyak, terminal atau penyimpanan minyak (Chang & Lin, 2006). Penelitian lain dilakukan oleh (Ahmadi et al., 2020) menyebutkan terdapat 104 kecelakaan yang terjadi pada *storage tank* dimana 38 % disebabkan faktor lingkungan, 20% faktor peralatan, 15% faktor operasi (*human error*), 13% faktor efek domino, 10% faktor pemeliharaan dan 4 % akibat sabotase atau serangan terorist. Biaya rata-rata yang dikeluarkan akibat kecelakaan tersebut sebesar \$ 24,18 juta. Oleh sebab itu, *storage tank* perlu dikelola dan dioperasikan sesuai standar serta perlu dilakukan inspeksi dan pemeliharaan secara berkala.

Di Indonesia, inspeksi teknis dan pemeriksaan keselamatan dapat dilakukan dengan dua metode

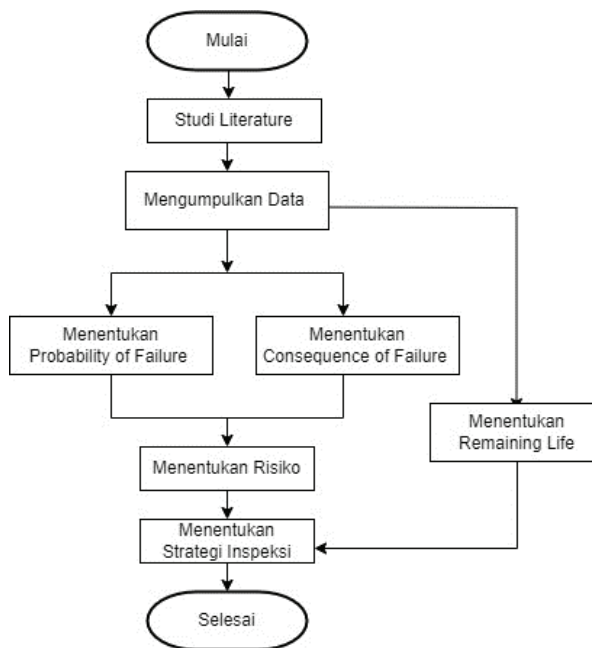
yaitu inspeksi berdasarkan waktu (*time-based inspection*) dan Inspeksi berdasarkan risiko (*risk-based inspection*) (Permen ESDM No 32, 2021). PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang minyak dan gas bumi yang secara resmi melakukan inspeksi teknis terhadap peralatan berdasarkan waktu (*time-based inspection*) yaitu setiap 4 tahun sekali. Jenis inspeksi berdasarkan waktu memiliki keuntungan yaitu lebih praktis dalam pengimplementasian karena tidak perlu melakukan analisis mendalam. Akan tetapi, biaya yang dikeluarkan cenderung besar karena seluruh peralatan dilakukan inspeksi secara bersamaan. Adapun alternatif metode lain yang dapat digunakan yakni *Risk Based Inspection (RBI)*.

*Risk Based Inspection (RBI)* adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan program atau rencana inspeksi berdasarkan tingkat risiko yang dimiliki peralatan (Ratnasari et al., 2019) (American Petroleum Institute, 2016). Apabila peralatan memiliki risiko tinggi, maka frekuensi dilakukan inspeksi pada peralatan tersebut akan lebih sering dibandingkan dengan peralatan yang memiliki risiko rendah. RBI diharapkan mampu mendorong peningkatan *safety*, menurunkan biaya inspeksi, memaksimalkan produksi, mencegah kerusakan berat pada peralatan dan memungkinkan inspeksi peralatan yang lebih *flexible* (American Petroleum Institute, 2016) (Vianello et al., 2016). Penelitian Purba et al. (2020) berhasil melakukan optimalisasi inspeksi menggunakan metode RBI yang dapat menghemat biaya inspeksi sebesar

\$2.181,84 dengan meningkatkan interval waktu inspeksi terhadap batas *remaining life pressure vessel*. Sedangkan penelitian Atha *et al.* (2013) berhasil membuat optimalisasi biaya inspeksi sebesar \$15.000 per *tank* menggunakan RBI dengan meningkatkan interval waktu inspeksi *turnaround* dari 10 tahun menjadi 15 tahun. Oleh karena itu, penelitian ini akan membuat kajian strategi inspeksi menggunakan metode RBI sebagai upaya optimalisasi inspeksi pada *storage tank* PT. XYZ.

**METODE PENELITIAN**

Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah RBI semi-kuantitatif. Metode ini merupakan gabungan dari metode analisis kuantitatif dan analisis kualitatif. Metode ini menggabungkan kelebihan dalam hal kecermatan dari metode kuantitatif dan kecepatan dari metode kualitatif dan cocok untuk menganalisis risiko yang memiliki keterbatasan data (Nugroho *et al.*, 2016). Adapun alur penelitian dalam penulisan ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Langkah awal penulisan ini adalah dengan melakukan studi literatur untuk mencari bahan

materi yang diperlukan. Selanjutnya mengupulkan data yang diperlukan seperti data design dan konstruksi, data riwayat inspeksi dan pemeliharaan, data operasi dan proses, dan lain lain. Setelah itu melakukan perhitungan umur sisa (*remaining life*) berdasarkan standar API 653. Selanjutnya menentukan *probability of failure* (PoF) atau kemungkinan terjadi kegagalan. Penentuan PoF dihitung berdasarkan standard API 581 sebagai berikut :

$$Pof = g_{ff} \times D_f(t) \times F_{MS} \quad (1)$$

Penentuan kemungkinan terjadinya kegagalan atau *probability of failure* (Pof) ditentukan oleh frekuensi terjadinya kegagalan atau *generic failure frequency* (gff), faktor kerusakan atau *damage factor* (Df (t)), dan faktor sistem manajemen atau *management system factor* (F<sub>MS</sub>).

Selanjutnya menentukan konsekuensi terjadinya kegagalan atau *Consequence of Failure* (CoF). CoF dianalisis berdasarkan kerugian financial. Adapun kerugian finansial dihitung berdasarkan standar API 581 pada persamaan (2) dibawah ini.

$$FC_{total} = FC_{environ} + FC_{cmd} + FC_{pro} \quad (2)$$

Kerugian financial total (FC<sub>total</sub>) meliputi kerugian financial terhadap lingkungan (FC<sub>environ</sub>), kerugian financial akibat kerusakan alat (FC<sub>cmd</sub>) dan kerugian financial produksi (FC<sub>prod</sub>). Setelah melakukan perhitungan PoF dan CoF, langkah selanjutnya adalah menentukan profil resiko berdasarkan matriks resiko yang terdapat pada Gambar 2.

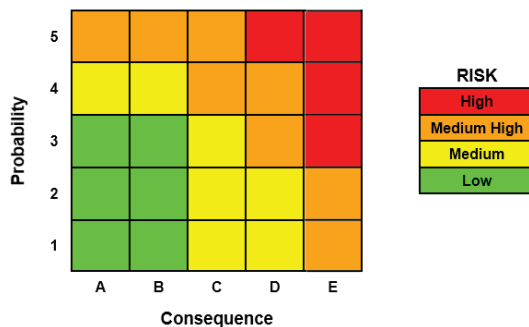
$$Resiko = pof \times CoF \quad (3)$$

Tabel 1. *Probability of failure*

Kategori	<i>Probability of failure</i>
1	< 0,00010
2	0,0001 – 0,001
3	0,001 – 0,01
4	0,01 – 0,1
5	0,1 - 1

Tabel 2. *Consequence of failure*

Kategori	Probability of failure
A	FC < 10.000
B	10.000 < FC < 100.000
C	100.000 < FC < 1.000.000
D	1.000.000 < FC < 10.000.000
E	FC > 10.000.000



Gambar 2. Matrik risiko *Probability of failure* Vs *Consequence of failure* (API 581, 2016)

Setelah menentukan risiko, langkah selanjutnya adalah menentukan strategi program inspeksi meliputi metode inspeksi dan interval waktu inspeksi.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**A. Data Peralatan**

Tabel 3. Data Peralatan

<i>Tag No</i>	A
<i>Year Built</i>	1984
<i>Type of Tank</i>	<i>Vertical</i>
<i>Type of Joint</i>	<i>Butt Welded</i>
<i>Type of Roof Tank</i>	<i>Cone Roof</i>
<i>Service</i>	Solar (C <sub>13</sub> – C <sub>17</sub> )
<i>Net Working Capacity</i>	98 KL
<i>Nominal Diameter</i>	5,990 m
<i>Tank Height</i>	3,711 m
<i>Maximum Filling Height</i>	3,500 m
<i>Corrosion Allowed</i>	0
<i>Liquid Specific Gravity</i>	0,81
<i>Design operating temperature</i>	35 °C

<i>Design Flash Point</i>	38 °C
<i>Design / Operating Pressure</i>	1 Atm
<i>Material Shell</i>	<i>Unknown</i>
<i>Height</i>	
<i>Course 1<sup>st</sup></i>	0,690 m
<i>Course 2<sup>nd</sup></i>	1,530 m
<i>Course 3<sup>rd</sup></i>	1,530 m
<i>Cladding</i>	No
<i>Coating</i>	<i>Painting</i>
<i>Heat Tracing</i>	No

**B. Remaining Life Assessment**

*Remaining Life Assessment* (RLA) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur dan memprediksi umur sisa suatu peralatan. Adapun langkah menentukan umur sisa peralatan *storage tank* berdasarkan standar API 653 adalah sebagai berikut (*American Petroleum Institute, 2020*):

- Menentukan *Minimum Thickness* (t<sub>min</sub>)  
Untuk menghitung *minimum thickness* atau tebal minimum yang diperbolehkan pada masing masing *course* dapat menggunakan persamaan (4) dibawah ini.

$$t_{min} = \frac{2.6.(H - 1).D.G}{S.E} \tag{4}$$

- t<sub>min</sub> : Tebal minimum yang diperbolehkan (inch). Tebal minimum tidak boleh kurang dari 0.1inch atau 2,54 mm
- H : Tinggi dari tingkatan dasar yang ditinjau sampai dengan tinggi cairan (ft)
- D : Diameter tangki (ft)
- G : Berat jenis cairan yang disimpan
- S : Maksimum tegangan yang diperbolehkan (dalam lbf/in<sup>2</sup>), untuk plat dasar dan *course* ke dua digunakan nilai terkecil dari 0.80Y atau 0.429 T dan untuk *course* 3 dan seterusnya menggunakan nilai terkecil dari 0,88Y atau 0,472T.
- T : Kuat tarik minimal material (psi)
- Y : Nilai minimal yield strenght (psi)
- E : Efisiensi joint (0,7)

Hasil perhitungan tebal minimum masing masing *course* 1, *course* 2, dan *course* 3 adalah 0,663 mm, 0,519 mm, dan 0,181 mm. Karena nilai tersebut kurang dari 2,54 mm, maka nilai  $t_{min}$  untuk masing masing *course* adalah 2,54 mm

Tabel 4. *Thickness minimum* ( $t_{min}$ )

Komponen	$t_{min}$ (mm)
Course 1 <sup>st</sup>	2,54
Course 2 <sup>nd</sup>	2,54
Course 3 <sup>rd</sup>	2,54

2. Menghitung laju korosi (*corrosion rate*)

Untuk menghitung nilai laju korosi (*corrosion rate*) dibutuhkan data ketebalan dinding *course* hasil inspeksi sebelumnya ( $t_{previous}$ ) pada tahun 2016 dan ketebalan hasil pengukuran saat ini ( $t_{act}$ ) tahun 2023. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *UT thickness gauge*. Adapun nilai laju korosi dihitung menggunakan persamaan (5) dibawah ini.

$$Cr = \frac{t_{previous} - t_{act}}{Interval\ inspection} \quad (5)$$

- Cr : *Corrosion rate*/Laju korosi (mm/year)
- $t_{previous}$  : ketebalan pengukuran sebelumnya (mm)
- $t_{act}$  : ketebalan pengukuran saat ini atau terakhir diukur (mm)
- Interval inspection* : interval waktu inspeksi (year)

Tabel 5. Laju korosi (Cr)

Komponen	$T_{Previous}$ (mm)	$T_{act}$ (mm)	Cr (mm/year)
Course 1 <sup>st</sup>	4,10	3,70	0,057
Course 2 <sup>nd</sup>	4,90	4,20	0,100
Course 3 <sup>rd</sup>	5,0	4,70	0,042

3. Menghitung Umur Sisa (*Remaining Life*)

Perhitungan umur sisa (*remaining life*) *storage tank* dapat menggunakan persamaan (6) dibawah ini :

$$RL = \frac{t_{act} - t_{min}}{Cr} \quad (6)$$

- RL : *Remaining life* atau umur sisa (years)
- $t_{act}$  : ketebalan pengukuran saat ini atau terakhir diukur (mm)
- $t_{min}$  : Tebal minimum yang diperbolehkan (mm)
- Cr : *Corrosion rate*/laju korosi (mm/year)

Tabel 6. *Remaining Life* (RL)

Komponen	Remaining Life (years)
Course 1 <sup>st</sup>	20,35
Course 2 <sup>nd</sup>	16,60
Course 3 <sup>rd</sup>	51,42

C. *Probability of failure*

Penentuan kemungkinan terjadinya kegagalan atau *probability of failure* (*PoF*) ditentukan oleh frekuensi umum terjadinya kegagalan ( $g_f$ ), Faktor kerusakan  $D_f(t)$ , dan Faktor sistem manajemen ( $F_{MS}$ ).

1. *Generic Failure Frequency* (*gff*)

Nilai frekuensi umum kegagalan atau *Generic Failure Frequency* (*gff*) merupakan nilai kegagalan umum yang terjadi pada masing masing jenis peralatan yang telah di standarkan berdasarkan standar API 581 (Pitalokha et al., 2016)(American Petroleum Institute, 2016b). Adapun nilai *gff* pada *storage tank* terdapat pada tabel 7.

Tabel 7. Frekuensi Kegagalan Umum *Storage Tank* 650 (*American Petroleum Institute*, 2016b)

Jenis Peralatan	gff total
Course-1	0,0001
Course-2	0,0001
Course-3	0,0001
Course-4	0,0001
Course-5	0,0001
Course-6	0,0001
Course-7	0,0001

Course-8	0,0001
Course-9	0,0001
Course-10	0,0001

Niali  $g_{ff}$  pada *storage tank* ini adalah 0,0001. Nilai ini menunjukkan frekuensi umum terjadinya kegagalan peralatan per tahun. Semakin besar nilai  $g_{ff}$ , maka kemungkinan peralatan mengalami kegagalan semakin besar.

2. *Damage Factor*  $D_f(t)$

Faktor kerusakan atau *damage factor*  $D_f(t)$  mempengaruhi kemungkinan terjadinya kegagalan pada suatu peralatan. Secara umum, terdapat beberapa jenis faktor kerusakan, diantaranya (American Petroleum Institute, 2016b).

- penipisan atau *thinning* ( $D_f^{thin}$ ),
- *component linings* ( $D_f^{slin}$ ),
- *external damage* ( $D_{f-gov}^{extd}$ ),
- *stress corrosion cracking* ( $D_{f-gov}^{sc}$ )
- *high temperature hydrogen attack* ( $D_f^{htha}$ )
- *mechanical fatigue*, ( $D_f^{mfat}$ )
- *brittle fracture*( $D_{f-gov}^{brit}$ ).

Hasil inspeksi pada *storage tank* PT XYZ dengan 100 % *visual inspection* pada area *storage tank* dan *ultrasonic thickness gauge* untuk mengukur ketebalan di beberapa area *storage tank*, didapat jenis faktor kerusakan (*damage factor*) pada *storage tank* ini adalah *thining* atau penipisan ketebalan dinding. Untuk menghitung besarnya nilai faktor kerusakan akibat penipisan, maka terlebih dahulu menentukan parameter faktor kerusakan menggunakan persamaan (7).

$$A_{rt} = \max \left[ \left( 1 - \frac{Cr. age}{t_{min} + CA} \right), 0.0 \right] \quad (7)$$

Tabel 8. Hasil perhitungan parameter faktor kerusakan ( $A_{rt}$ )

Komponen	$A_{rt}$
Course 1 <sup>st</sup>	0
Course 2 <sup>nd</sup>	0
Course 3 <sup>rd</sup>	0

Parameter faktor kerusakan ( $A_{rt}$ ) dipengaruhi oleh laju korosi, interval waktu inspeksi, tebal minimum material dan *corrosion allowance*. Adapun nilai 0 menunjukkan bahwa hasil perhitungan persamaan (7) menghasilkan nilai kurang dari nol, sehingga nilai terbesar nol menjadi nilai parameter faktor kerusakan. Selanjutnya menentukan nilai *base thinning damage factor* ( $D_{fb}^{thin}$ ) dengan mencocokkan nilai parameter faktor kerusakan dengan jumlah inspeksi dan efektivitas inspeksi. Berdasarkan standar API 581 Tabel 5.11 *Thinning Damage Factors*, nilai *base thinning damage factor* ( $D_{fb}^{thin}$ ) adalah 1. Nilai faktor kerusakan akibat penipisan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti *adjustment on-line monitoring* ( $F_{om}$ ) bernilai 1 karena tidak menggunakan *on-line* monitoring untuk memantau korosi, *adjustment injection/mix points* ( $F_{ip}$ ) bernilai 1 karena tidak ada titik injeksi, *adjustment dead legs* ( $F_{DL}$ ) bernilai 1 karena tidak terdapat *dead legs* (hanya terjadi di perpipaan), *adjustment welded construction* ( $F_{WD}$ ) bernilai 1 karena konstruksi *storage tank* dibuat dengan sambungan las *butt welded*, *adjustment maintenance* ( $F_{Am}$ ) bernilai 1 karena *storage tank* dilakukan *maintenance* berdasarkan API 653 dan *adjustment settlement* ( $F_{sm}$ ) berniali 1 karena pondasi tangki terbuat dari beton (American Petroleum Institute, 2016). Dengan melakukan perhitungan berdasarkan persamaan (8), maka didapat faktor kerusakan akibat penipisan  $D_f^{thin}$  adalah 1. Sehingga faktor kerusakan total ( $D_f$ ) pada *storage tank* ini adalah 1.

$$D_f^{thin} = \frac{D_{fb}^{thin} \cdot F_{IP} \cdot F_{DL} \cdot F_{WD} \cdot F_{AM} \cdot F_{SM}}{F_{OM}} \quad (8)$$

3. Faktor sistem manajemen ( $F_{sm}$ )

Nilai  $F_{sm}$  dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti administrasi dan kepemimpinan, informasi keselamatan proses, analisis bahaya proses, manajemen perubahan, prosedur operasi, praktik kerja yang aman, pelatihan, *mechanical integrity*, *pre-startup safety review*, *emergency response*, investigasi insiden, kontraktor dan audit (American Petroleum Institute, 2016b). Dari hasil evaluasi, didapat nilai *score* sebesar 847. Dengan menggunakan persamaan (9) dan persamaan (10),

maka didapat nilai  $F_{ms}$  adalah 0,202.  

$$pscore = \frac{sm\ score}{1000} \times 100 \quad (9)$$

$$F_{ms} = 10^{(-0,02 \cdot pscore + 1)} \quad (10)$$

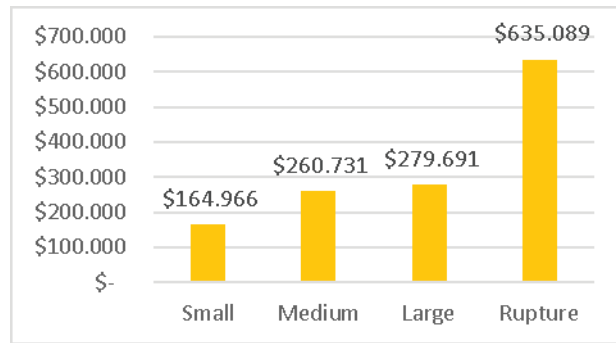
Dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan (1), maka nilai *probability of failure* (Pof) adalah 0,000002 dimana nilai tersebut masuk dalam kategori 1.

**D. Consequence of Failure**

Konsekuensi akibat kegagalan (*consequence of failure*) pada penelitian ini dihitung berdasarkan kerugian finansial yang timbul akibat kerusakan. Kerugian finansial tersebut dihitung berdasarkan standar API 581 dengan menambahkan tingkat inflasi 4 persen pertahun. Adapun komponen biaya kerugian finansial tersebut diantaranya (American Petroleum Institute, 2016b):

- Biaya pembersihan lingkungan atau *environment cost* ( $FC_{enviro}$ ) sebesar \$1.292
- biaya kerusakan komponen atau *cost of equipment repair and replacement* ( $FC_{cmd}$ ) sebesar \$9.674.
- biaya kerugian produksi atau *business impact cost* ( $FC_{prod}$ ) sebesar \$154.000.
- Total biaya kerugian finansial seluruhnya adalah \$164.966.

Total biaya tersebut masuk dalam kategori *storage tank* yang berada dalam kerusakan kecil (*small*). Hal tersebut disebabkan karena hasil inspeksi terakhir kondisi *storage tank* dalam kondisi baik serta tidak mengalami kebocoran dan *rupture*. Adapun perbandingan estimasi kerusakan finansial apabila *storage tank* mengalami kerusakan *medium*, *large* dan *rupture* terdapat pada Gambar 3. Faktor yang dapat mempengaruhi besarnya kerugian finansial adalah jenis fluida, kapasitas atau jumlah fluida, biaya produksi, konstruksi pengaman tangki, sensitivitas lingkungan dan lain lain.



Gambar 3. Perbandingan Kerugian Finansial akibat kerusakan

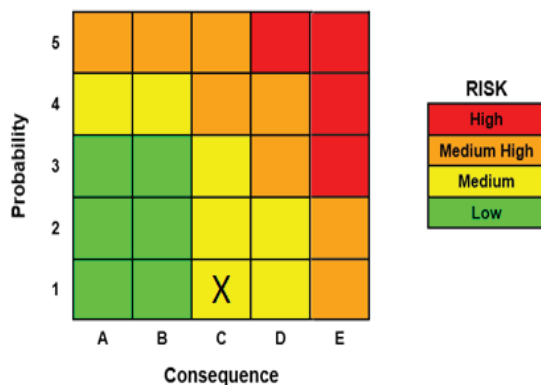
Berdasarkan analisis kerugian finansial yang timbul akibat kerusakan dan mencocokkan dengan tabel 2 diatas, maka konsekuensi akibat kerusakan atau *consequence of failure* (CoF) *storage tank A* adalah kategori C.

**E. Risiko**

Risiko didefinisikan sebagai kombinasi dari kemungkinan terjadinya kegagalan yang terjadi pada waktu tertentu dengan konsekuensi dari kejadian tersebut (American Petroleum Institute, 2016a). Peralatan yang memiliki tingkat risiko tinggi akan di prioritaskan untuk dilakukan inspeksi dan pemeliharaan. Agar lebih efektif dalam mengkomunikasikan hasil penilaian maka digunakan matrik risiko (Vianello et al., 2016). Berdasarkan hasil perhitungan *probability of failure* (PoF) dan *consequence of failure* (CoF), *Storage Tank A* PT XYZ berada pada kategori risiko 1C atau medium.

**F. Strategi Inspeksi**

Strategi inspeksi digunakan untuk menentukan program inspeksi dan pemeliharaan pada *storage tank*. Metode yang digunakan untuk inspeksi *storage tank* selanjutnya adalah 100% *visual inspection* untuk mengetahui kondisi komponen *storage tank* secara keseluruhan dan metode NDT UT scan / UT Spot untuk mengukur ketebalan dinding *shell* serta jenis inspeksi lainnya sesuai dengan standar API 653. Estimasi biaya diperkirakan mencapai \$5000 per inspeksi (American Petroleum Institute, 2016b)(Gary Diewald, 2020).



Gambar 4. Matrik Risiko Storage Tank A

Interval waktu inspeksi dalam penelitian ini mempertimbangkan 2 standard internasional yaitu API 653 dan DNV GL 101. Berdasarkan API 653, interval waktu inspeksi *storage tank* adalah tidak kurang dari 5 tahun untuk *visual inspection*, sedangkan pengukuran ketebalan menggunakan UT tidak boleh kurang dari  $RCA/2N$  tahun (setengah dari *remaining life*) atau maksimal 15 tahun (American Petroleum Institute, 2020). Dari hasil perhitungan didapat interval inspeksi selama 8,3 tahun. Sedangkan periode interval inspeksi berdasarkan standar DNV GL 101 dihitung menggunakan persamaan (11) berikut ini (Det Norske Veritas, 2010):

$$Time\ to\ Pof = a \frac{t_0 - t_d}{d_{mean}} \quad (11)$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapat nilai *time to Pof* = 5,478. Waktu inspeksi tidak boleh lebih dari *time to Pof*, sehingga interval waktu inspeksi adalah 5 tahun. Perhitungan diatas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti *confidence factor* (*a*) dari efektifitas inspeksi, ketebalan dinding dan laju korosi. Berdasarkan hasil analisis perhitungan dan dengan mempertimbangkan faktor keamanan, maka waktu interval inspeksi adalah 5 tahun.

Apabila hasil analisis kajian ini di implementasikan, maka perusahaan PT. XYZ dapat mengurangi biaya inspeksi *storage tank* sekitar \$5.000 sampai batas *remaining life* atau sekitar \$312 per tahun. Pengurangan biaya tersebut didasarkan pada perhitungan harga inspeksi dan periode inspeksi. Apabila perusahaan menerapkan interval inspeksi setiap 4 tahun, maka

biaya yang dikeluarkan untuk inspeksi sampai batas *remaining life* sebesar \$20.000. Sedangkan apabila Perusahaan menerapkan interval waktu inspeksi sesuai kajian 5 tahun, maka perusahaan akan mengeluarkan biaya inspeksi sebesar \$15.000 sampai batas *remaining life*. Akan tetapi, Hasil analisis ini perlu dikaji lebih lanjut oleh lembaga *engineering* atau perusahaan *engineering* untuk pengimplementasiannya agar sesuai dengan aturan yang berlaku.

**KESIMPULAN**

*Storage tank* APT.XYZ perlu dilakukan inspeksi secara berkala agar dapat beroperasi dengan kondisi prima dan meminimalisir terjadinya kecelakaan. Hasil analisis berdasarkan risiko (*risk-based inspection*) menunjukkan *storage tank* A memiliki kategori risiko medium (1C) dengan umur sisa (*remaining life*) masing masing *course* 1, *course* 2, dan *course* 3 adalah 20,35 tahun, 16,60 tahun dan 51,42 tahun. Program inspeksi selanjutnya dilaksanakan dalam waktu 5 tahun kedepan dengan menggunakan metode 100% *visual inspection*, UT scan/spot, dan metode lainya sesuai API 653. Penerapan metode RBI dapat mengurangi biaya inspeksi sebesar \$5000 sampai batas *remaining life storage tank* atau sebesar \$312 pertahun.

**DAFTAR PUSTAKA**

Ahmadi, O., Mortazavi, S. B., & Mahabadi, H. A. (2020). Review of atmospheric storage tank fire scenarios: Costs and causes. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 20, 384-405.

API (American Petroleum Institute). (2016). *API recommended practice 580: Risk-based inspection*. Washington, DC: API.

API, A. (2016). *Recommended Practice 581-Risk-Based Inspection Methodology*.

API (American Petroleum Institute). (2020). *API Standard 653 Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction* (5th ed.). API Publishing Services.

Chang, J. I., & Lin, C. C. (2006). A study of storage tank accidents. *Journal of loss prevention in the process industries*, 19(1), 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.05.015>

Veritas, D. N. (2010). *Risk based inspection of offshore topsides static mechanical equipment*. DNV aS, Høvik, Norway, Standard No. DNVRP-G101.

Diewald, G. (2020). *Above Ground Storage Tank Inspection Requirements & Maintenance*



- *Managing SPCC Requirements*. <https://us.anteagroup.com/news-events/blog/maintaining-aboveground-storage-tanks-in-accordance-with-spcc-requirements>
- Kholis, I. (2020). Analisa Corrosion Rate dan Remaining Life Pada Storage Tank T-XYZ Berdasarkan API 653 di Kilang PPSDM Migas. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, 2(2), 21-30. <https://doi.org/10.37525/mz/2020-2/259>
- Nugroho, A., Haryadi, G. D., Ismail, R., & Kim, S. J. (2016, April). Risk based inspection for atmospheric storage tank. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1725, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/1.4945509>
- Permen ESDM No 32. (2021). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 32 Tahun 2021 tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan Pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi*. [www.peraturan.go.id](http://www.peraturan.go.id)
- Pitalokha, R. A., Hamdani, M. R., Taufik, A., & Mulyana, C. (2016). Kajian Risk Based Inspection untuk Separator dan Heat Exchanger pada Liquefied Natural Gas Plant.
- PURBA, M. L. (2020). Usulan Optimasi Interval Inspeksi dan Estimasi Remaining Life pada Pressure Vessel Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI) Dengan Pendekatan Semi-Kuantitatif.
- Ratnasari, P., Alhilman, J., & Pamoso, A. (2019). Penilaian Risiko, Estimasi Interval Inspeksi, dan Metode Inspeksi pada Hydrocarbon Piping Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 5(2), 67-74.
- Vianello, C., Milazzo, M. F., Guerrini, L., Mura, A., & Maschio, G. (2016). A risk-based tool to support the inspection management in chemical plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 41, 154-168.

