

KATEGORI RISIKO, ESTIMASI UMUR SISA, DAN USULAN JADWAL INSPEKSI PADA STORAGE TANK MENGGUNAKAN METODE RISK-BASED INSPECTION PADA PT. XYZ

Fathnin, Nisrina[†]

Jurusan Teknik Industri, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No.1, Terusan Buah Batu, Bandung 40257
E-mail: nisrinafathnin@gmail.com

Alhilman, Judi

Jurusan Teknik Industri, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No.1, Terusan Buah Batu, Bandung 40257
E-mail:alhilman@telkomuniversity.ac.id

Atmaji, Fransiskus Tatas Dwi

Jurusan Teknik Industri, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No.1, Terusan Buah Batu, Bandung 40257
E-mail: franstatas@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

PT.XYZ adalah perusahaan yang menyelenggarakan usaha di bidang energi dan petrokimia. Untuk menyalurkan bahan bakar minyak ke konsumen setiap harinya, PT.XYZ harus mampu menyediakan bahan bakar minyak yang berkualitas baik sehingga dapat memenuhi permintaan konsumen. *Atmospheric Storage Tank* (tangki timbun) adalah tempat untuk menyimpan produk minyak sebelum produk minyak didistribusikan kepada konsumen. Sangat penting untuk mengetahui umur sisa tangki dan perencanaan jadwal inspeksi tangki agar perawatan yang dilakukan efektif dan efisien. *Risk Based Inspection* (RBI) adalah suatu metode untuk menentukan rencana inspeksi berupa pemilihan peralatan dan kapan harus diinspeksi berdasarkan risiko kegagalannya. Metode RBI yang digunakan adalah RBI Semi Kuantitatif yaitu metode RBI yang menggabungkan antara RBI kuantitatif dan RBI Kualitatif dengan menggunakan standar API 581. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kategori risiko, estimasi umur sisa, dan usulan jadwal inspeksi pada tangki timbun. Dari hasil penelitian dapat diketahui kategori risiko pada tangki timbun adalah rendah. Estimasi umur sisa pada dinding tangki timbun pada *course-1* adalah 66 tahun, *course-2* adalah 63 tahun, *course-3* adalah 73 tahun, *course-4* adalah 390 tahun, *course-5* adalah 530 tahun, dan *course-6* adalah 626 tahun. Usulan interval inspeksi berdasarkan metode RBI adalah 4 atau 5 tahun.

Kata Kunci: Atmospheric Storage Tank; Jadwal Interval Inspeksi; Kategori Risiko; Risk Based Inspection; Umur Sisa.

1. PENDAHULUAN

PT.XYZ adalah perusahaan yang menyelenggarakan usaha di bidang energi dan petrokimia. Untuk menyalurkan bahan bakar minyak ke konsumen setiap harinya, PT. XYZ harus memastikan kondisi peralatan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya. *Atmospheric Storage Tank* (tangki timbun) adalah tempat untuk menyimpan produk minyak sebelum produk minyak didistribusikan kepada konsumen. Tangki timbun merupakan salah satu objek yang dianggap penting dalam perusahaan karena menyimpan produk utama dalam jumlah yang banyak dan berdampak besar. Sangat penting untuk mengetahui umur sisa tangki dan perencanaan jadwal inspeksi tangki agar perawatan yang dilakukan efektif dan efisien.

Perawatan adalah aktivitas suatu komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki dalam kondisi tertentu dan pada periode tertentu (Ebeling, 1997). *Preventive Maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan pada interval waktu yang telah dilakukan atau sesuai dengan kriteria yang ditentukan dan dimaksudkan untuk mengurangi probabilitas kegagalan atau penurunan fungsi peralatan (Marquez, 2007). Tindakan pemeliharaan *preventive* yang tidak sempurna dilakukan pada saat usia peralatan mencapai batas yang dikendalikan (Alhilman, Saedudin, Atmaji, & Suryabrata, 2015).

RBI adalah suatu metode untuk menentukan rencana inspeksi berupa pemilihan peralatan dan kapan harus diinspeksi berdasarkan risiko kegagalannya. *American Petroleum Institute* (API) membatasi peralatan yang masuk dalam jangkauan RBI yaitu peralatan-peralatan bertekanan dan stasioner. Peralatan yang termasuk dalam jangkauan RBI tersebut adalah bejana tekan, pipa, tangki timbun, ketel uap dan pemanas, penukar kalor, dan perangkat pelepas tekanan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah RBI Semi Kuantitatif.

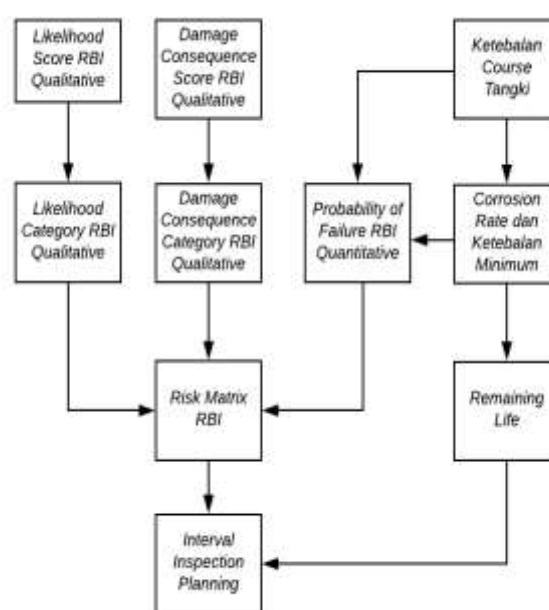
Penelitian sebelumnya yang menggunakan metode RBI Semi Kuantitatif adalah ‘Penilaian Risiko dan Perencanaan Inspeksi Pipa Transmisi Gas Alam Cepu-Semarang Menggunakan Metode *Risk Based Inspection* Semi-Kuantitatif Api 581’ oleh Gunawan Dwi Haryadi. Banyak studi yang menganalisis interval inspeksi berdasarkan RBI, namun untuk tangki timbun masih tergolong jarang, padahal penentuan interval inspeksi berdasarkan RBI merupakan hal yang sangat bermanfaat bagi perusahaan agar perawatan yang dilakukan efektif dan efisien.

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah penentuan kategori risiko, estimasi umur sisa, dan penentuan interval inspeksi pada tangki timbun. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kategori risiko, umur sisa, dan program interval inspeksi yang terarah pada tangki timbun.

2. METODE PENELITIAN

1 Model Konseptual

Gambar 1 menunjukkan alur yang digambarkan atas rancangan penelitian.



Gambar 1. Model Konseptual

Model konseptual adalah suatu diagram dari satu set hubungan antara faktor-faktor dan variabel-variabel tertentu yang dapat memberikan dampak terhadap suatu kondisi dari target penelitian.

Tahap pertama dalam penelitian adalah mendapatkan data nilai *likelihood* dan nilai *consequence* dari hasil wawancara *qualitative* RBI. Selanjutnya dilakukan konversi nilai *likelihood* dan *consequence* masing-masing menjadi *likelihood category* dan *consequence category*. Lalu melakukan perhitungan nilai *probability of failure* berdasarkan *quantitative* RBI. Masing-masing kategori kemudian dianalisis dan diplotkan ke dalam *risk matrix* RBI.

Tahap kedua adalah mendapatkan data ketebalan *course* tangki yang akan diproses untuk mengetahui ketebalan minimum tangki dan *corrosion rate* tangki. Lalu melakukan perhitungan prediksi *remaining life* tangki.

Tahap terakhir adalah menentukan interval inspeksi berdasarkan *risk matrix* RBI dan sisa umur tangki.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.3 Analisis RBI Kualitatif

Nilai probabilitas kegagalan didapatkan dari hasil wawancara kualitatif API RBI 581. Nilai probabilitas kegagalan adalah total dari nilai faktor peralatan (EF), faktor kerusakan (DF), faktor inspeksi (IF), faktor kondisi saat ini (CCF), faktor proses (PF), dan faktor desain mekanik (MDF). Tabel 1 menunjukkan hasil nilai probabilitas kegagalan.

Tabel 1. Nilai Probabilitas Kegagalan

Faktor Probabilitas Kegagalan	Nilai
Faktor Peralatan (EF)	0
Faktor Kerusakan (DF)	6
Faktor Inspeksi (IF)	-4
Faktor Kondisi Saat Ini (CCF)	6
Faktor Proses (PF)	4
Faktor Desain Mekanik (MDF)	0
Total Nilai	12

Dari hasil nilai probabilitas kegagalan dapat ditentukan kategori probabilitas kegagalan. Tabel 2 menunjukkan hasil kategori probabilitas kegagalan

Tabel 2. Kategori Probabilitas Kegagalan

Nilai Probabilitas Kegagalan	Kategori Probabilitas Kegagalan
12	1

Nilai konsekuensi kegagalan didapatkan dari hasil wawancara kualitatif API RBI 581. Nilai konsekuensi kegagalan yang digunakan adalah berdasarkan konsekuensi kebakaran. Konsekuensi kebakaran dipengaruhi oleh 6 faktor yaitu faktor kimia (CF), faktor kuantitas (QF), faktor temperatur titik didih fluida (SF), faktor autoignition (AF), faktor tekanan (PF), dan faktor proteksi sistem (CF). Tabel 3 menunjukkan hasil nilai konsekuensi kegagalan.

Tabel 3. Nilai Konsekuensi Kegagalan

Faktor Konsekuensi Kegagalan	Nilai
Chemical Factor (CF)	10
Quantity Factor (QF)	34
State Factor (SF)	-3
Autoignition Factor (AF)	13
Pressure Factor (PRF)	-10
Credit Factor (CF)	-10
Total Nilai	34

Dari hasil nilai konsekuensi kegagalan dapat ditentukan kategori konsekuensi kegagalan. Tabel 4 menunjukkan hasil kategori konsekuensi kegagalan.

Tabel 4. Kategori Konsekuensi Kegagalan

Nilai Konsekuensi Kegagalan	Kategori Konsekuensi Kegagalan
34	B

3.4 Analisis RBI Kuantitatif

3.4.1 Frekuensi Kegagalan Umum

Untuk mengetahui nilai frekuensi kegagalan umum (gff)/tahun, dapat dilihat berdasarkan Tabel 5.

Tabel 5. Frekuensi Kegagalan Umum (American Petroleum Institute, 2008)

Tipe Peralatan/Komponen	gff total (kegagalan/tahun)
Tank650/COURSE-1	1,00,E-04
Tank650/COURSE-2	1,00,E-04
Tank650/COURSE-3	1,00,E-04
Tank650/COURSE-4	1,00,E-04
Tank650/COURSE-5	1,00,E-04
Tank650/COURSE-6	1,00,E-04
Tank650/COURSE-7	1,00,E-04
Tank650/COURSE-8	1,00,E-04
Tank650/COURSE-9	1,00,E-04
Tank650/COURSE-10	1,00,E-04

Nilai frekuensi kegagalan umum (gff)/tahun didapatkan sebesar $1.0E-4$ atau 0.0001 kegagalan/tahun.

3.4.2 Faktor Sistem Manajemen

Prosedur API RBI memasukkan alat evaluasi untuk mengevaluasi sebagian dari sistem manajemen fasilitas yang memiliki dampak langsung terhadap kegagalan komponen. Dengan menggunakan asumsi manajemen pada sistem telah mematuhi regulasi pemerintah dan mengikuti standar prosedur operasi dengan baik, maka penelitian ini memberikan nilai 1000 terhadap nilai faktor sistem manajemen. Untuk mengetahui besarnya dampak sistem manajemen, dapat digunakan rumus berikut.

$$pscore = \frac{Score}{1000} \cdot 100 [unit \text{ is } 100\%] \quad (1)$$

Maka didapatkan nilai pscore sebesar 70%. Lalu untuk menghitung F_{ms} diperlukan perhitungan berikut

$$F_{ms} = 10(-0.02 \cdot pscore + 1) \quad (2)$$

$$F_{ms} = 10(-0.02 \cdot 1 + 1)$$

$$F_{ms} = 10(0.98)$$

$$F_{ms} = 9.54992586$$

Berdasarkan Persamaan (2) didapatkan nilai F_{ms} adalah 9.54992586.

3.4.3 Faktor Kerusakan

Pada tangki timbun, faktor kerusakan yang digunakan adalah faktor penipisan, sehingga perhitungannya hanya menggunakan faktor kerusakan penipisan. Dalam mencari faktor kerusakan penipisan, diperlukan beberapa data agar dapat dilakukan analisis. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Faktor Kerusakan

Nama Data	Nilai
Tahun Pembuatan	1979
Ketebalan (mm)	
Course-1	10,16 mm
Course-2	8,41 mm
Course-3	6,83 mm
Course-4	5,77 mm
Course-5	5,75 mm
Course-6	5,72 mm
Tipe Peralatan	Tank650
Tipe Komponen	Course-1, Course-2, Course-3, Course-4, Course-5, Course-6.
Diameter	24,389 m
Tinggi	10,980 m
Kapasitas	5000KL

Berdasarkan data tersebut, dilakukan perhitungan faktor kerusakan dengan langkah berikut (American Petroleum Institute, 2008)

1. Hitung jumlah inspeksi dan efektifitas inspeksi yang telah dilakukan. Jumlah pemeriksaan yang dilakukan dalam sekali inspeksi adalah 4 kali. Pemeriksaan dilakukan dengan *Ultrasonic Thickness Indicator*, dimana hal tersebut masuk ke dalam kategori A. Karena sekali inspeksi dilakukan sebanyak 4 kali, maka didapatkan kesimpulan kumulatif pemeriksaan masuk ketegori 4A.
2. Tentukan lama waktu kerja komponen dari waktu pemeriksaan ketebalan material (t_a) terakhir. Pemeriksaan terakhir dilakukan pada November 2016, hal ini berarti sudah berlalu dua tahun masa pakai komponen. Ketebalan akhir terperiksa dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Ketebalan Course Tahun 2016

Course	Ketebalan 2016 (t_a)
1	10,16 mm
2	8,41 mm
3	6,83 mm
4	5,77 mm
5	5,75 mm
6	5,72 mm

3. Tentukan laju korosi dari material komponen Dengan menggunakan Persamaan (3),

$$CR = \frac{d - d_0}{T - T_0} \quad (3)$$

Keterangan :

CR = Laju korosi

d = Ketebalan awal.

d_0 = Ketebalan akhir

T = Tahun pengujian awal.

T_0 = Tahun pengujian akhir.

Nilai laju korosi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Laju Korosi

Course	Laju Korosi (mm/tahun)
1	0,050
2	0,043
3	0,032
4	0,006
5	0,007
6	0,008

4. Tentukan ketebalan minimal dinding. Dengan menggunakan Persamaan (4),

$$td = \frac{4.9D(H-0.3)G}{S_d} + CA \quad (4)$$

Keterangan :

td = Ketebalan minimum dinding tangki (m)

D = Diameter tangki (m)

H = Desain ketinggian cairan (m)

G = Massa jenis cairan (kg/m^3)

S_d = Tegangan yang diijinkan untuk kondisi desain (Mpa)

CA = Kelonggaran Korosi

Hasil nilai tebal minimal dinding dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Ketebalan Minimal Dinding

Course	Tebal Minimal Dinding (td)
1	6,885 mm
2	5,705 mm
3	4,525 mm
4	3,346 mm
5	2,166 mm
6	0,986 mm

5. Hitung parameter A_{rt} berdasarkan lama waktu kerja komponen dan td dari step 2, step 3, dan step 4 dengan menggunakan berikut

$$A_{rt} = \max \left[\left(1 - \frac{d_0 - CR \cdot age}{td} \right), 0.0 \right] \quad (5)$$

Dengan menggunakan Persamaan (5), didapatkan parameter A_{rt} sebagai berikut.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Art

Course	A _{rt}
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0

Hasil A_{rt} bernilai nol disebabkan perhitungan berdasarkan persamaan menghasilkan nilai kurang dari nol, sehingga digunakanlah nilai nol sebagai hasilnya.

6. Tentukan *base damage factor thinning* (D^{thin.fb}) dengan nilai kategori inspeksi dan nilai Art. Berdasarkan penjelasan pada API 581 Table 5.11 – *Thinning Damage Factors* didapatkan nilai D^{thin.fb} adalah 0

$$D_{\text{thin}}^1 = \frac{E_{\text{OM}}}{D_{\text{SPM}}^{\text{IB}} \cdot E_{\text{IB}}^{\text{IB}} \cdot E_{\text{DF}}^{\text{DF}} \cdot E_{\text{MD}}^{\text{MD}} \cdot E_{\text{WR}}^{\text{WR}} \cdot E_{\text{ZR}}^{\text{ZR}}}$$

dari penipisan (D^{thin.f}) dengan menggunakan persamaan berikut:

(6)

Berdasarkan penjelasan pada API 581 halaman 2-22, nilai F_{OM} tidak digunakan pada perhitungan kali ini disebabkan nilai D^{thin.fb} = 1. Untuk nilai F_{IP} (*Injection/Mix Points*) tidak digunakan karena tidak dilakukan proses injeksi. F_{DL} (*Dead Legs*) tidak digunakan pada perhitungan sebab nilai tersebut hanya diperuntukkan pada pipa. Nilai F_{WD} (*Welded Construction*) adalah 1 karena tangki timbun dilakukan pengelasan. Nilai F_{AM} adalah 1 karena perawatan sesuai API 653. Nilai F_{SM} tidak digunakan pada perhitungan sebab nilai tersebut hanya diperuntukkan pada tangki timbun bagian dasar.

$$D_{\text{thin.f}}^1 = 1 \times 1 \times 1 = 1 \tag{7}$$

Setelah didapatkan nilai gff, Df(t), dan F_{MS} maka selanjutnya nilai tersebut dimasukkan ke persamaan untuk mencari nilai probabilitas kegagalan (Pf). Nilai n untuk mencari nilai adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Pf(t) &= gff \cdot Df(t) \cdot F_{MS} \\ &= 0,0001 \cdot 1 \cdot 9,6828 \\ &= 0,000954993 \end{aligned} \tag{8}$$

Didapatkan nilai Pf(t) adalah 0,0048414. Untuk mengetahui nilai kategori, dapat dilihat pada tabel 1, didapatkan kategori konsekuensi adalah 1.

3.5 Perhitungan Kategori Risiko

Berdasarkan perhitungan kuantitatif didapatkan bahwa probabilitas kegagalan adalah kategori 1. Berdasarkan perhitungan kualitatif

didapatkan probabilitas kegagalan kategori 1 dan konsekuensi kegagalan kategori B. Dari hasil tersebut dapat diketahui kategori risiko yang didapatkan adalah *low* (rendah) seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Kategori Risiko

Probability	5	Med High	Med High	Med High	High	High
	4	Medium	Medium	Med High	Med High	High
	3	Low	Low	Medium	Med High	High
	2	Low	Low	Medium	Medium	Med High
	1	Low	Low (x)	Medium	Medium	Med High
Consequence		A	B	C	D	E

3.6 Penentuan Umur Sisa

Berdasarkan nilai laju korosi pada Tabel 14 dan nilai ketebalan minimum dinding pada Tabel 15, dapat diketahui umur sisa dengan menggunakan Persamaan (9). (Komara, 2013)

$$Umur\ Sisa = \frac{d_0 - td}{CR} \tag{9}$$

Keterangan :

d₀ : Ketebalan akhir

td : Ketebalan minimum dinding tangki (m)

CR : Laju korosi

Hasil umur sisa yang didapat dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Umur Sisa

Course	Umur Sisa (Tahun)
1	66
2	63
3	73
4	390
5	530
6	626

3.7 Usulan Interval Inspeksi

Berdasarkan perhitungan kuantitatif didapatkan bahwa probabilitas kegagalan adalah kategori 1. Berdasarkan perhitungan kualitatif didapatkan probabilitas kegagalan kategori 1 dan konsekuensi kegagalan kategori B.

Tabel 13. Interval Inspeksi (Papasalouros, Bollas, Kourousis, Tsopelas, & Anastasopoulos, 2014)

5	III	III	IV	IV	IV
4	II	III	III	IV	IV
3	II	II	III	III	III
2	I	I	II	II	n/a
1	I	I	II	n/a	n/a
	A	B	C	D	E

Keterangan :

1. Tidak ada kerusakan aktif, uji ulang dalam 4/5 tahun.
 2. Kerusakan aktif ringan, uji ulang dalam 2 tahun.
 3. tahun.
 4. Uji ulang kerusakan aktif dalam max.1 tahun *.
 5. Kerusakan sangat aktif. Uji ulang dalam 0,5 tahun *.
- * atau jadwal untuk pemeriksaan internal
n/a: Seharusnya tidak terjadi jika batas standar digunakan

Dari hasil tersebut dapat diketahui interval inspeksi berdasarkan Tabel 13 termasuk dalam kategori I, hal ini berarti tidak ada kerusakan aktif yang terjadi pada tangki. Berdasarkan aturan tersebut maka usulan interval inspeksi adalah 4 atau 5 tahun.

4. KESIMPULAN

Kategori risiko pada tangki timbun adalah rendah. Estimasi umur sisa pada dinding tangki timbun pada *course-1* adalah 66 tahun, *course-2* adalah 63 tahun, *course-3* adalah 73 tahun, *course-4* adalah 390 tahun, *course-5* adalah 530 tahun, dan *course-6* adalah 626 tahun. Usulan interval inspeksi berdasarkan hasil RBI adalah 4 atau 5 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhilman, J., Saedudin, R. R., Atmaji, F. T. D., & Suryabrata, A. G. (2015). LCC Application for Estimating Total Maintenance Crew and Optimal Age of BTS Component. *2015 3rd International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2015*.
- American Petroleum Institute. (2008). *API 581. API Recommended Practice 581*. Retrieved from <http://www.irantpm.ir/wp-content/uploads/2011/08/API-581-2008.pdf>
- Crespo Marquez, A., 2007. *The Maintenance Management Framework : Models and Methods for Complex Systems Maintenance*. Springer
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Komara, N. Y. A. (2013). Estimasi Remaining Life dan Usulan Jadwal Pemeriksaan Pipa Kondensat dengan Metode Risk Based Inspection (RBI). *MESIN*, 25(1), 18–28.
- Papasalouros, D., Bollas, K., Kourousis, D., Tsopelas, N., & Anastasopoulos, A. (2014). Modern Inspection Methodologies for RBI Programs of Atmospheric Storage Tanks. *11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2014)*, (Ecndt). Retrieved from http://www.ndt.net/events/ECNDT2014/app/content/Paper/188_Papasalouros.pdf

