

Analisis Risiko dan Implementasi Metode Risk Based Inspection (RBI) Standar API RP 581 (3rd Edition) dalam Perencanaan Jadwal Perawatan Tangki TK-5203

Cahya Kamila¹, Agung Nugroho^{1*} dan Haidar Natsir Amrullah¹

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik
Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111

*E-mail: agung.nugroho@ppns.ac.id

Abstrak

Perusahaan Kimia adalah salah satu bidang industri yang bergerak dalam proses pembuatan bahan baku pupuk memiliki risiko bahaya yang tinggi. Dalam proses pembuatan bahan baku pupuk memiliki sistem penampungan tangki asam sulfat (TK-5203). Pada tahun 2022, tangki tersebut mengalami kebocoran dikarenakan adanya korosi dan tidak memiliki dokumen analisis identifikasi bahaya serta penjadwalan perawatan yang sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan tindakan identifikasi bahaya yang memiliki potensi lebih besar mengalami korosi menggunakan metode *FMEA*, serta merumuskan penjadwalan perawatan tangki TK-5203 dengan menggunakan metode *RBI*. Hasil dari penelitian identifikasi bahaya dengan menggunakan metode *FMEA* dapat disimpulkan bahwa 3 komponen yang memiliki nilai risiko tinggi, 11 komponen yang memiliki nilai risiko sedang, dan 8 komponen memiliki nilai risiko rendah pada keseluruhan komponen Tangki TK-5203. Sedangkan penilaian risiko *shell course* pada tangki TK-5203 menggunakan metode *RBI* tertinggi pada *shell#1* yaitu sebesar $4,49E+13$ m³/tahun dan terendah pada *shell#4* sebesar $1,06E+13$ m³/tahun. Untuk penjadwalan perawatan memiliki interval 10 tahun dari data terakhir dilakukan inspeksi, sehingga inspeksi berikutnya dilakukan pada tanggal 24 November 2032. Sedangkan metode inspeksi yang digunakan yaitu *internal corrosion inspection* dengan melakukan inspeksi visual dengan mengukur kedalaman lubang dan melakukan tindak lanjut *UT scanning* di lokasi yang dicurigai sebagai konfirmasi umum dari ketebalan dinding dan *external corrosion inspection* dengan melakukan inspeksi visual lebih dari 95% dari luas permukaan yang terpapar dan melakukan tindak lanjut *UT scanning* sesuai dengan kebutuhan.

Kata Kunci : *FMEA*, Jadwal Inspeksi, Metode Inspeksi, Penilaian Risiko, *RBI*

Abstract

Abstract - A chemical company is one of the industrial sectors engaged in the process of producing fertilizer raw materials, which has a high risk of danger. In the process of producing fertiliser raw materials, it has a sulphuric acid tank (TK-5203) used for storing. In 2022, the tank has a leak due to corrosion. There is no systematic hazard identification analysis document and maintenance schedule. The aim of this study is to identify the hazards that have a greater potential for corrosion using the FMEA method. It also aims to formulate maintenance schedules for the TK-5203 tank using the RBI method. From the results of the hazard identification study using the FMEA method, it can be concluded that among all the components of the TK-5203 tank, 3 components have a high risk value, 11 components have a medium risk value, and 8 components have a low risk value. Meanwhile, the highest RBI method for shell #1, which is $4.49E+13$ m³/year, and the lowest for shell #4, which is $1.06E+13$ m³/year, are used in the risk assessment of the shell course for the TK-5203 tank. For maintenance planning, the interval from the last data inspection is 10 years. The next inspection will therefore be carried out on 24 November 2032. Meanwhile, the inspection method used is internal corrosion inspection by visual inspection by measuring the depth of the hole and performing a follow-up UT scan at a location suspected of general confirmation of the wall thickness. External corrosion inspection by visual inspection of more than 95% of the exposed surface area and performing a follow-up UT scan as needed.

Keywords : *FMEA, Inspection Method, Inspection Schedule, RBI, Risk Assessment*

1. PENDAHULUAN

Perusahaan Kimia berlokasi di Gresik, Jawa Timur bergerak di bidang penghasil asam sulfat, asam fosfat, dan *purified gypsum* yang memiliki tingkat risiko bahaya yang tinggi. Proses produksi dimulai dari pembuatan asam

sulfat dilanjutkan pembuatan asam fosfat dengan bahan baku batuan fosfat dan campuran asam sulfat dimana pada proses kedua ini menghasilkan produk asam fosfat, *gypsum*, dan asam fluosilika. Dalam proses pembuatan asam sulfat diolah di *Sulphuric Acid Plant (SA Plant)* dimana produk asam sulfat dari pengolahan *SA Plant* akan didistribusikan ke satu unit tangki penampungan produk asam sulfat dengan kode TK-5203.

Berdasarkan data kualitatif tangki tersebut belum memiliki dokumen analisis identifikasi bahaya dan selama proses produksi berlangsung, perawatan tangki TK-5203 hanya dilakukan secara *corrective* apabila terjadi kerusakan alat kerja. Pada tahun 2022 terjadi kebocoran pada tangki TK-5203 sehingga perlu dilakukan analisis potensi bahaya pada tangki dan dilakukan penjadwalan yang tepat dan sesuai sebagai tindakan *preventive* agar kejadian serupa tidak terulang kembali.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya dan mengetahui titik korosi lebih tinggi pada tangki TK-5203 menggunakan metode *FMEA*. Menurut Vazdani et al. (2017) metode *FMEA* akan berfokus untuk mengidentifikasi potensi keadaan sistem yang gagal dari sebuah sistem, mengevaluasi penyebab dan efek yang ditimbulkan pada suatu sistem serta memberikan solusi untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan untuk terjadi beserta tingkat keparahannya. Serta merencanakan penjadwalan inspeksi tangki TK-5203 menggunakan metode *RBI* mengacu dengan standar API RP 581. Menurut API RP 653 (2014) metode *RBI* dinilai metode yang sesuai karena dapat menetapkan strategi inspeksi untuk tangki dan dapat menentukan langkah langkah pencegahan untuk mengurangi kemungkinan dan konsekuensi kebocoran atau kegagalan pada tangki.

2. METODE

2.1 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Menurut Moubray (1997) *FMEA* memiliki tujuan yaitu untuk mengidentifikasi suatu kegagalan dan tingkat keparahan ataupun mengidentifikasi komponen yang memiliki karakteristik kritis dan karakteristik signifikan, selain itu *FMEA* dapat mengurutkan pesanan desain potensial dan definisi proses, serta dapat membantu tugas *engineer* mengurangi kerja terhadap produk dan proses agar dapat mencegah timbulnya permasalahan di dalam sebuah sistem. Ada beberapa keuntungan dari penetapan *FMEA* antara lain :

- Dapat membantu menganalisis proses manufaktur baru.
- Mengidentifikasi efisiensi proses untuk dapat berfokus pada pengendalian untuk mengurangi munculnya produksi yang menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan apa yang diinginkan.
- Dapat menetapkan prioritas untuk tindakan perbaikan pada proses.
- Memperkirakan tindakan yang dapat mengurangi risiko.

Dalam proses pengerjaan *FMEA* dapat mengikuti langkah-langkah berikut:

- Meninjau proses pada komponen mesin
- Merumuskan mode kegagalan potensial
- Merumuskan efek potensial untuk setiap mode kegagalan
- Menentukan nilai frekuensi (*likelihood*) pada masing-masing mode kegagalan
- Menentukan nilai keparahan pada masing-masing mode kegagalan
- Menghitung nilai risiko untuk setiap mode kegagalan
- Menetapkan prioritas mode kegagalan untuk menentukan tindakan lanjutan

Penentuan nilai frekuensi, keparahan, dan risiko dapat mengacu pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. *Likelihood*

Level	Kriteria	Deskripsi
1	Sangat jarang terjadi	Kurang dari 1 kali per lima tahun
2	Kecil kemungkinan terjadi	Terjadi 1 kali per lima tahun
3	Mungkin dapat terjadi	Lebih dari 1 kali per tiga tahun
4	Cenderung untuk terjadi	Lebih dari 1 kali per tahun
5	Hampir pasti akan terjadi	Lebih dari 1 kali per bulan

Tabel 2. *Severity*

Level	Kriteria	Deskripsi
1	Sangat kecil	Tidak ada cedera, kerugian materi kecil
2	Kecil	Cedera ringan/P3K, kerugian materi sedang
3	Sedang	Hilang hari kerja, kerugian cukup besar, dapat mengakibatkan asset rusak namun masih dapat diperbaiki.

4	Berat	Cacat, kerugian materi besar, mengakibatkan aset rusak sebagian dan tidak dapat diperbaiki.
5	Parah	Kematian, kerugian materi sangat besar, dapat mengakibatkan aset rusak seluruhnya.

Tabel 3. Risk Matrix

Tingkat Kemungkinan Kejadian	Tingkat Konsekuensi				
	Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Berat	Parah
Hampir pasti akan terjadi	Rendah (5)	Sedang (10)	Tinggi (15)	Tinggi (20)	Tinggi (25)
Cenderung untuk terjadi	Rendah (4)	Sedang (8)	Sedang (12)	Tinggi (16)	Tinggi (20)
Mungkin dapat terjadi	Rendah (3)	Sedang (6)	Sedang (9)	Sedang (12)	Tinggi (15)
Kecil kemungkinan terjadi	Rendah (2)	Rendah (4)	Sedang (6)	Sedang (8)	Sedang (10)
Sangat jarang terjadi	Rendah (1)	Rendah (2)	Rendah (3)	Rendah (4)	Rendah (5)

2.2 RBI (Risk Based Inspection)

RBI adalah metode inspeksi yang menggunakan risiko sebagai acuan dasar inspeksinya. Menurut API 581 (2016) tujuan dari RBI adalah melindungi peralatan dengan mengidentifikasi area yang memiliki tingkat risiko, memperkirakan nilai risiko pada setiap peralatannya, memprioritaskan berdasarkan nilai risiko yang terukur, merancang rencana inspeksi yang cocok untuk dilakukan serta mengatur risiko pada kegagalan alat secara sistematis. Berikut langkah – langkah dalam menentukan penilaian risiko dan penentuan jadwal inspeksi dengan metode RBI sesuai standar API RP 581 adalah sebagai berikut:

- Melakukan analisis *probability of failure*. nilai *probability of failure* didapatkan dari hasil perkalian dari nilai frekuensi kegagalan umum, total nilai *damage factor* (*thinning, stress corrosion cracking, dan external damage*), serta nilai faktor sistem manajemen. Acuan yang digunakan untuk menghitung *probability of failure* menggunakan persamaan :

$$P_f(t) = gff_{total} \cdot D_f(t) \cdot F_{MS} \quad (2.1)$$

- Melakukan analisis *consequence of failure*. adapun perhitungan *consequence of failure* harus melakukan analisis beberapa langkah sebagai berikut :

- Menentukan fluida representatif yang terkandung didalam tangki TK-5203.
- Menentukan skenario ukuran lubang kebocoran, mengestimasi laju aliran kebocoran, dan menghitung massa yang terlepas AST sesuai dengan API RP 581.
- Menentukan tipe kebocoran, menentukan laju dan masa kebocoran AST sesuai dengan API RP 581.
- Menentukan area konsekuensi beracun dan *final toxic consequence area for personnel injury* CA_{inj}^{tox} menggunakan persamaan :

$$CA_{inj}^{tox} = \left(\frac{\sum_{n=1}^4 gff_n \cdot CA_{inj,n}^{tox}}{gff_{total}} \right) \quad (2.2)$$

- Melakukan penilaian risiko dari nilai *probability of failure* dan nilai *consequence of failure* menggunakan persamaan :

$$R(t) = P_f(t) \cdot C_f \quad (2.3)$$

- Menentukan masa pakai tangki menggunakan persamaan :

$$PBL_{adj} = \frac{RWT_f \cdot t_{orig}}{t_{rate}} \quad (2.4)$$

- e. Menentukan perencanaan jadwal inspeksi dengan mempertimbangkan beberapa kriteria berdasarkan API RP 653 (2020), dan nilai masa pakai serta menyesuaikan dengan *record* inspeksi yang telah dilakukan.
- f. Menentukan metode inspeksi berdasarkan API RP 581 tahun 2016.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Berdasarkan langkah – langkah dalam penentuan FMEA, maka didapat hasil analisis risiko sebagai berikut :

Storage Tank Sulphuric Acid (Plate Bottom, Plate Shell, Plate Roof) berfungsi sebagai tempat penyimpanan produk asam sulfat. Apabila *storage tank sulphuric acid* mengalami kegagalan fungsi maka produk asam sulfat tidak tertampung dengan baik sesuai dengan aturan *material safety data sheet (MSDS)*. Kegagalan fungsi pada *storage tank sulphuric acid* ini dapat diakibatkan *storage tank* mengalami *external corrosion* karena suhu, kelembaban, perubahan cuaca yang dapat mengikis *coating* dari luar yang dapat menyebabkan potensi adanya kebocoran/ rembesan asam sulfat dari tangki yang dapat mengurangi volume produk asam sulfat serta mencemari lingkungan. Hal ini memiliki tingkat risiko sedang (10).

Kegagalan fungsi berikutnya pada *storage tank* dapat diakibatkan karena *storage tank* mengalami penipisan dinding korosi (*internal corrosion*) karena kontak dengan produk asam sulfat yang dapat menyebabkan produk asam sulfat akan terkontaminasi dengan senyawa korosi yang mempengaruhi kualitas asam sulfat (*inside plate*) yang memiliki tingkat risiko tinggi (20). Selain itu kegagalan fungsi pada *storage tank* mengalami *cracking* karena korosi berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang, dimana hal ini dapat menyebabkan kebocoran/ rembesan asam sulfat dari tangki yang dapat mengurangi volume produk asam sulfat serta dapat mencemari lingkungan yang memiliki tingkat risiko sedang (10).

Tabel 4. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) pada Tangki TK-5203

RCM II Information Worksheet		System : Sulphuric Acid Plant (SA Plant)		Name	Sign	Risk Matrics		
		Sub system : Tangki Asam Sulfat Code : TK-5203		Facilitator :		L	S	R
Equipment	Function	Functional Failure (Loss of function)	Failure Mode (Cause of failure)	Failure Effect (What happens when it fails)	L	S	R	
1 Storage Tank Sulphuric Acid TK 5203 (Plate Bottom, Plate Shell, Plate Roof)	A Sebagai tempat penyimpanan produk asam sulfat	1 Produk asam sulfat tidak tertampung dengan baik sesuai dengan aturan Material Safety Data Sheet (MSDS)	1 Storage Tank mengalami <i>external corrosion</i> karena suhu, kelembaban, perubahan cuaca yang dapat mengikis <i>coating</i> dari luar	1 Adanya kebocoran/ rembesan asam sulfat dari tangki yang dapat mengurangi volume produk asam sulfat serta mencemari lingkungan	2	5	10	Yellow
			2 Storage Tank mengalami penipisan dinding korosi (<i>internal corrosion</i>) karena kontak dengan produk asam sulfat	1 Produk akan terkontaminasi dengan senyawa korosi yang mempengaruhi kualitas asam sulfat (<i>inside plate</i>)	4	5	20	Red
			3 Storage tank mengalami <i>cracking</i> karena korosi berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang	1 Adanya kebocoran/ rembesan asam sulfat dari tangki yang dapat mengurangi volume produk asam sulfat serta mencemari lingkungan	2	5	10	Yellow

3.2 RBI (Risk Based Inspection)

Berdasarkan langkah – langkah dalam menentukan penilaian risiko dan penentuan jadwal inspeksi dengan metode RBI sesuai standar API RP 581 maka diperoleh nilai sebagai berikut :

- a. Hasil dari perhitungan *Probability of Failure* menggunakan persamaan 2.1 adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Perhitungan Probability of Failure Tangki TK-5203

Nama Bagian Tangki	Probability of Failure (failure/ years)
Shell #1	0,12
Shell #2	0,13
Shell #3	0,18
Shell #4	0,16

Dari hasil perhitungan diatas *shell #1* memiliki nilai *probability of failure* terendah yaitu 0,12 *failure/ years* dan *shell #3* memiliki nilai *probability of failure* tertinggi yaitu 0,18 *failure/ years*

- b. Hasil dari perhitungan *Consequence of Failure* menggunakan persamaan 2.2 adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Consequence of Failure* Tangki TK-5203

Nama Bagian Tangki	<i>Consequence of Failure</i> (m ³)
<i>Shell #1</i>	7,31E+04
<i>Shell #2</i>	4,74E+04
<i>Shell #3</i>	3,16E+04
<i>Shell #4</i>	1,27E+04

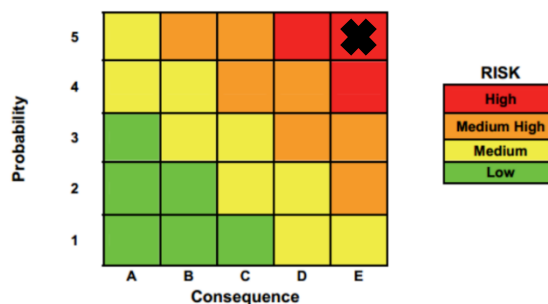
Dari hasil perhitungan diatas *shell #4* memiliki nilai *consequence of failure* terendah yaitu 1,27E+04 m³ dan *shell #1* memiliki nilai *consequence of failure* tertinggi yaitu 7,31E+04 m³.

- c. Hasil dari penilaian risiko dari nilai *Probability of Failure* dan nilai *Consequence of Failure* menggunakan persamaan 2.3 adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Penilaian Risiko Tangki TK-5203

Nama Bagian Tangki	Probabilitas	Kategori	Konsekuensi Area	Kategori	Risiko	Tingkat Risiko
<i>Shell #1</i>	0,12	5	7,31E+04	E	5E	<i>high</i>
<i>Shell #2</i>	0,13	5	4,74E+04	E	5E	<i>high</i>
<i>Shell #3</i>	0,18	5	3,16E+04	E	5E	<i>high</i>
<i>Shell #4</i>	0,16	5	1,27E+04	E	5E	<i>high</i>

Dari hasil penilaian risiko pada tangki TK-5203, masing masing *shell* memiliki nilai tingkat risiko yang tinggi (*high*).



Gambar 1. Hasil Penilaian Risiko pada Tangki TK-5203

- d. Hasil dari perhitungan masa pakai tangki menggunakan persamaan 2.4 adalah sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil Perhitungan Nilai Masa Pakai Tangki TK-5203

Nama Bagian Tangki	<i>PBL_{adj}</i> (years)
<i>Shell #1</i>	60
<i>Shell #2</i>	18,06
<i>Shell #3</i>	12,5
<i>Shell #4</i>	21,53

Dari hasil perhitungan nilai masa pakai tangki TK-5203, *shell #1* memiliki nilai masa pakai yang tinggi yaitu 60 *years* dan *shell #3* memiliki nilai masa pakai yang rendah yaitu 12,5 *years*

- e. Hasil Perencanaan Jadwal Inspeksi pada tangki TK-5203 adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Perhitungan Nilai Masa Pakai Tangki TK-5203

Nama Bagian Tangki	<i>PBL_{adj}</i> (years)
<i>Shell #1</i>	60
<i>Shell #2</i>	18,06
<i>Shell #3</i>	12,5
<i>Shell #4</i>	21,53

Dari hasil perencanaan jadwal inspeksi tangki TK-5203, rencana inspeksi kedua dilakukan di tanggal 24/11/2032 dengan status diterima.

- f. Metode inspeksi yang disarankan oleh API 581 (2016) pada tangki asam sulfat yang termasuk kategori *atmospheric storage tank* adalah *internal corrosion inspection* dengan melakukan inspeksi visual di lokasi yang dicurigai dan dilakukan tindak lanjut *UT scanning* dan *external corrosion inspection* dengan melakukan inspeksi visual lebih dari 95% dari luas permukaan yang terpapar dan dilakukan tindak lanjut *UT scanning*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan oleh peneliti maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Dalam analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) didapat 4 risiko tinggi, 15 risiko sedang, dan 17 risiko rendah dari total 13 *equipment* tangki TK-5203.
- Berdasarkan hasil analisis FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) komponen *plate shell, plate bottom, elbow vent dryer, plug valve line inlet*, memiliki tingkat risiko korosi yang tinggi yaitu 15
- Berdasarkan hasil perhitungan terkait perencanaan jadwal inspeksi tangki TK-5203 didapat rencana inspeksi kedua dilakukan pada tanggal 24/11/2032 dengan menggunakan metode *internal corrosion inspection* dengan melakukan inspeksi visual di lokasi yang dicurigai dan dilakukan tindak lanjut *UT scanning* dan *external corrosion inspection* dengan melakukan inspeksi visual lebih dari 95% dari luas permukaan yang terpapar dan dilakukan tindak lanjut *UT scanning*.

5. DAFTAR NOTASI

$P_f(t)$ = probability of failure as a function of time [failures/year]

$gf f_{total}$ = sum of the individual release hole size generic frequencies [failures/year]

$D_f(t)$ = DF as a function of time

F_{MS} = the management system factor

CA_{inj}^{tox} = final probability weight personnel injury toxic consequence area [m^3]

$gf f_n$ = the generic failure frequencies for each of the n release hole sizes selected for the type of equipment being evaluated

$R(t)$ = risk as function of time [$m^2/year$]

C_f = consequence of failure [$m^2/year$]

PBL_{adj} = predicted life adjusted based on inspection [years]

RWT_f = the failure point defined as a fraction of remaining wall thickness

t_{orig} = average furnished wall thickness [mm]

t_{rate} = thinning rate [mm/year]

6. DAFTAR PUSTAKA

API-580, 2016. *Risk-Based Inspection* : American Petroleum Institute.

API-653, 2014. *API 653 Tank Inspection, Repair, Alternation, and Reconstruction*. 5th ed Washington DC : API Publishing Services.

API Recommended Practice 581, 2016. *Risk-Based Inspection Methodology*. 3rd ed Washington DC : American Petroleum Institute.

AS/NZS4360:2004, 2004. Australian/New Zealand Standard Risk Management. New South Wales : Standard Australia International Ltd.

Aura, S. M. and Zainul, R. 2019. Karakteristik dan Interaksi olekular Asam Sulfat, *INA-RXIV*, pp. 154 – 155.

Moubray, J., 1997. *Reliability Centered Maintenance*. New York : Press Inc.

Nugroho, A. et. Al. 2016. Risk Based Inspection for Atmospheric Storage Tank, *AIP Conference Proceedings*, 1725.

OOECD-NEA, 1985. *Expert Judgement for Human Reliability*. Committee on the Safety of Nuclear Installations OECD Nuclear Energy Agency.

Sitoresmi, R. D. et al. 2020. *Inspeksi Separator Unit Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI) (Studi Kasus : Perusahaan Jasa Minyak dan Gas)*. Surabaya : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Vazdani, S. et. Al. 2017. FMEA Teqniques Used in Environmental Risk Assessment, *Environment & Ecosystem Science*, pp. 16 – 18.