

Studi Evaluasi Keselamatan pada *LPG Storage Tank* Berdasarkan Tingkat Risiko Menggunakan Metode *Risk Based Inspection*

Safety Evaluation Study on LPG Storage Tanks Based on Risk Level Using Risk Based Inspection Method

Amam Fachrur Rozie^{1*}, D.N Adnyana²

^{1*,2} Program Studi Magister Pascasarjana Teknik mesin, Fakultas Teknik Industri, ISTN, Jakarta-Indonesia

^{1*,2} Jl. Moh Kahfi II Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, Indonesia, 12640

*Koresponden Email: amamfachrur@gmail.com

Artikel dikirim: 19/08/2021

Artikel direvisi: 18/10/2021

Artikel diterima: 26/10/2021

Abstrak. Analisis risiko merupakan hal yang sangat penting dalam dunia industri baik itu industri manufaktur, *power plant*, petrokimia, obat-obatan dan tidak terkecuali dengan industri minyak dan gas bumi karena hal tersebut berkaitan dengan keselamatan dan keamanan. Dalam penelitian ini suatu analisis risiko telah dilakukan pada suatu bejana tekan (*pressure vessel*) yang difungsikan sebagai *LPG Storage Tank* berkapasitas 50 Ton dan telah dipergunakan selama 10 tahun, tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi terkini dari kondisi terbaru dari *LPG Storage Tank* tersebut yaitu berupa tingkat risiko, sisa umur, interval inspeksi, metode inspeksi yang tepat, serta mitigasi risiko yang diperlukan dari penggunaan *LPG Storage Tank* jika mengalami kegagalan. Analisis secara keseluruhan menggunakan metode *Risk Based Inspection (RBI)* yang mengacu pada metodologi RBI pada API RP 581. Dalam analisis RBI terdapat 2 variabel utama yang dijadikan pokok dalam proses analisis yaitu kemungkinan terjadinya kegagalan (*Probability of Failure-POF*) dan konsekuensi kegagalan (*consequences of failure-COF*) selain itu dalam penelitian ini menggunakan *visual inspection*, *NDT UT Measurement*, dan *review document*. Dari penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa tingkat risiko dari *LPG Storage Tank* dalam *risk matrix* adalah *medium-high* karena terletak di kolom 1E pada matriks risiko dengan interval inspeksi adalah 5 tahun untuk *internal & external inspection* dan nilai laju korosi yang terjadi pada *LPG Storage Tank* adalah sebesar 0,057 mm/yr dengan sisa umur pakai dari *LPG Storage Tank* adalah sebesar 24 tahun.

Kata Kunci: Risiko, Keselamatan, *LPG storage tank*, *Risk matrix*, *Risk Based Inspection*

Abstract. Risk analysis is very important in the industrial world, be it the manufacturing industry, power plants, petrochemicals, pharmaceuticals, and the oil and gas industry is no exception because it is related to safety and security. In this study, a risk analysis has been carried out on a pressure vessel that functions as an *LPG Storage Tank* with a capacity of 50 tons and has been used for 10 years, the purpose of this study is to obtain the latest information on the latest conditions of the *LPG Storage Tank*, namely in the form of risk levels, remaining life, inspection intervals, appropriate inspection methods, and risk mitigation required from the use of *LPG Storage Tanks* if they fail. The overall analysis uses the *Risk-Based Inspection (RBI)* method which refers to the *RBI* methodology in API RP 581. In the *RBI* analysis, 2 main variables are used as the basis for the analysis process, namely the probability of failure (*POF*) and the consequences of failure (*consequences of failure-COF*) in addition, this research uses *visual inspection*, *NDT UT Measurement*, and *document review*. From this research, it can be concluded that the risk level of the *LPG Storage Tank* in the *risk matrix* is *medium-high* because it is located in column 1E of the *risk matrix* with an inspection interval of 5 years for *internal & external inspection* and the corrosion rate value that occurs in the *LPG Storage Tank* is of 0.057 mm/yr with the remaining life of the *LPG Storage Tank* is 24 years.

Keywords: Risk, Safety, *LPG storage tank*, *Risk matrix*, *Risk-Based Inspection*



JTMM: Jurnal Terapan Teknik Mesin is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License..

1. PENDAHULUAN

Salah satu alat penunjang dalam eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi ialah *Pressure Vessel*. *Pressure Vessel* atau bejana tekan didefinisikan sebagai wadah/bejana yang didesain untuk dapat menahan tekanan baik internal maupun eksternal[1]. Berdasarkan bentuknya, servis serta konstruksinya terdapat banyak sekali jenis dari *pressure vessel* atau bejana tekan. *Pressure vessel* merupakan sebuah peralatan yang memiliki temperatur dan tekanan yang berbeda dengan kondisi di lingkungannya. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan fluida yang ditampung[2]. Berdasarkan dari persyaratan hukum, semua peralatan yang menggunakan tekanan harus dilakukan inspeksi sesuai dengan *inspection code* masing-masing. Inspeksi ini berfungsi untuk meyakinkan dan menjaga kelayakan dari alat tersebut sehingga dapat melanjutkan prosesnya[3]. Menjalankan atau mengoperasikan sesuatu unit proses atau peralatan dapat menimbulkan bahaya bagi pekerja, sarana maupun lingkungan.

Karena itu diperlukan petunjuk operasi aman (*safe work practice*) untuk menjalankan unit operasi atau suatu sistem dan peralatan[4]. Sehingga perlu dilakukan upaya perencanaan metode pemeliharaan berbasis risiko agar keamanan, keselamatan serta keberlangsungan aset, lingkungan dan sistem operasi dapat terjaga dengan baik dan terhindar dari bahaya dan risiko yang tidak diharapkan. Inspeksi adalah pemeriksaan berkala dengan seksama secara langsung tentang pelaksanaan peraturan, tugas, dan sebagainya. Inspeksi merupakan hal yang sangat penting dalam industri apapun apalagi khususnya dalam bidang eksplorasi minyak mentah dan gas alam[5]. *Risk Based Inspection (RBI)* adalah suatu metode yang menggunakan tingkat risiko sebagai dasar dalam memprioritaskan dan mengatur suatu aktivitas inspeksi.

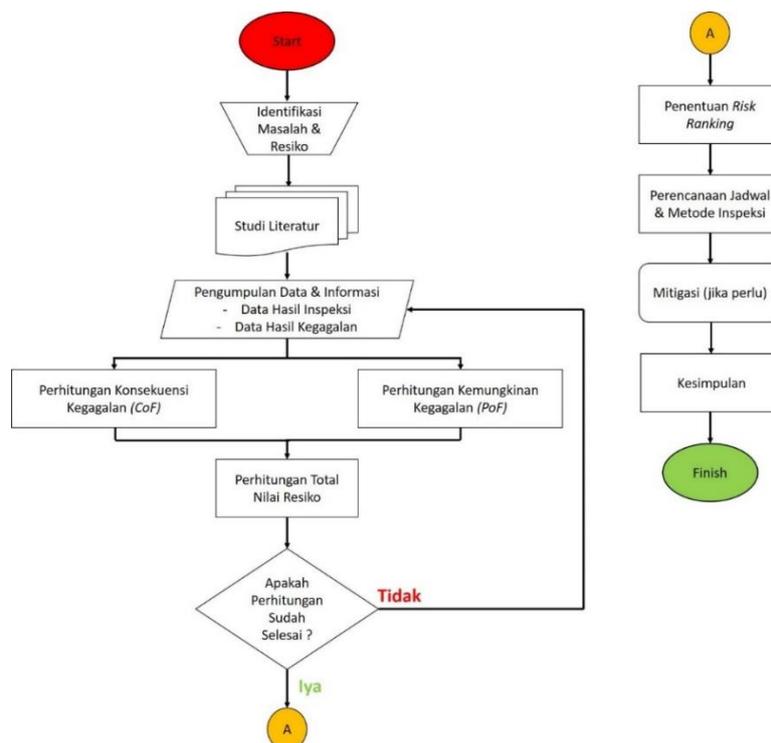
Keuntungan potensial dari metode RBI ini adalah dapat meningkatkan waktu operasi dan kerja dari suatu fasilitas proses dimana pada saat yang bersamaan terjadi peningkatan atau setidaknya perawatan pada level risiko yang sama[6]. Pendekatan berbasis risiko biasanya dijelaskan oleh matriks risiko, menggunakan definisi risiko sederhana (produk probabilitas dan konsekuensi)[7]. Penelitian-penelitian sebelumnya tentang *Risk Based Inspection* yang diaplikasikan pada setiap peralatan atau unit pada sistem pengolahan minyak dan gas bumi sudah banyak dipergunakan dan dilakukan penelitian, tetapi belum pernah dilakukan proses analisis berbasis risiko pada *LPG Storage Tank* yang mana tingkat urgensi dari peralatan ini sangatlah tinggi karena fluida kerja yang didistribusikan dan dioperasikan adalah LPG yang notabene merupakan fluida yang mudah terbakar (*flammable*)[1]. *LPG Storage Tank* merupakan suatu unit peralatan yang termasuk dalam kategori bejana tekan atau *pressure vessel*. [8] Hal tersebut dikarenakan acuan desain yang dipergunakan untuk konstruksi *LPG Storage Tank* adalah ASME VII Div. 1[9].

LPG Storage Tank merupakan unit peralatan yang dipergunakan di hampir seluruh stasiun pengisian bulk elpiji atau SPBE. Fungsi *LPG Storage Tank* sebagai tempat penyimpanan sementara fluida LPG dari *LPG Transport tank* yang akan di transfer ke dalam tabung LPG 3 Kg atau 12 Kg. Di

satu sisi penggunaan *LPG Storage Tank* menjadi sangat krusial dikarenakan menjadi salah satu unit wajib dalam instalasi pengisian tabung LPG yang dipergunakan di seluruh SPBE seluruh Indonesia. Di DKI Jakarta terdapat 33 stasiun pengisian bulk elpiji (SPBE) sehingga jika diasumsikan dengan jumlah yang sama lalu dikalikan dengan jumlah provinsi yang ada di Indonesia maka jumlah *LPG Storage Tank* berjumlah ratusan. Sangat perlu peninjauan keselamatan dan keamanan operasional pada *LPG Storage Tank* agar tetap aman, layak dan baik untuk beroperasi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis berbasis risiko terhadap unit *LPG Storage Tank* menggunakan metode *Risk Based Inspection* yang mengacu pada *standard code* API RP 581[10]. Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat sebagai acuan pemeliharaan berbasis risiko untuk dipergunakan para *owner/user* SPBE yang menggunakan *LPG Storage Tank* sebagai salah satu unit sistem distribusi LPG.

2. METODE.

Metodologi penelitian yang dipergunakan dalam penelitian ini tergambar dalam diagram alir pada gambar 1.



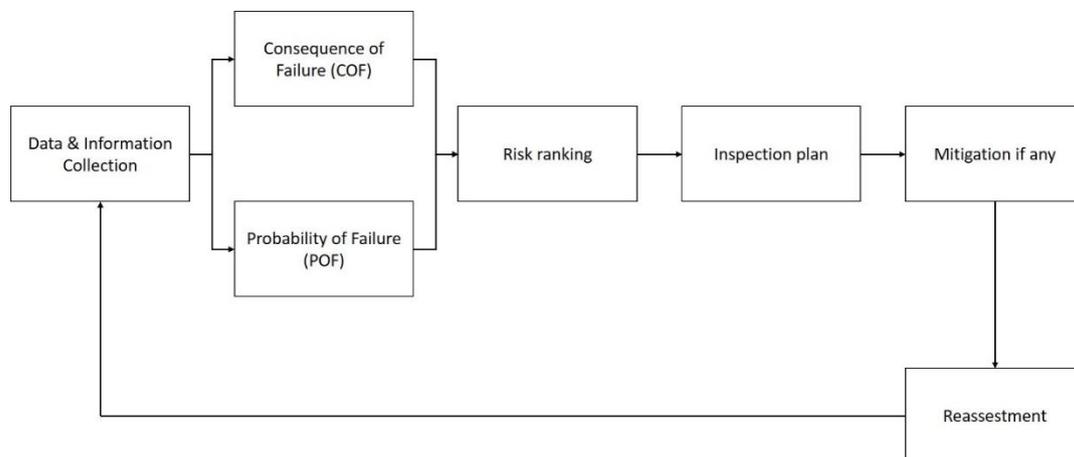
Gambar 1. Diagram alir penelitian yang dilakukan dalam penelitian

- Identifikasi masalah dan risiko dimaksudkan untuk mengetahui permasalahan dan risiko dari penggunaan *LPG Storage Tank* yang dianalisis menggunakan metode RBI dan juga bersumber dari data-data dan penelitian serta literatur dari penelitian yang berkaitan dengan metode RBI
- Pengumpulan data & informasi dimaksudkan untuk mendapatkan data untuk proses analisis dan perhitungan yang dilakukan yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan Total Nilai Risiko

- Penentuan *Risk Ranking* merupakan proses kalkulasi yang bersumber dari data yang telah didapatkan yang kemudian dipergunakan untuk menentukan perencanaan interval inspeksi dan metode inspeksi
- Penentuan mitigasi merupakan tahapan yang ditentukan dari hasil analisis dan kalkulasi yang telah dilakukan sebelumnya.

Pada umumnya diagram alir penelitian di atas mengadopsi diagram alir penelitian *general* untuk proses penelitian *Risk Based Inspection* dengan penjelasan sebagai berikut:

- Mengumpulkan data dan informasi terkait dengan proses analisa RBI pada peralatan yang digunakan dengan bertumpu pada analisis konsekuensi dan analisis probabilitas
- Kemudian menetapkan tingkat risiko dari peralatan tersebut yang kemudian hasilnya dipergunakan untuk menetapkan rencana inspeksi dan proses mitigasi.



Gambar 2 Alur kerja RBI.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Industri minyak dan gas bumi baik itu dalam industri hulu atau pun industri hilir akan selalu memiliki bejana tekan (*pressure vessel*) sebagai penunjang kegiatan operasionalnya. Walaupun terdapat unit *equipment* lain seperti pipa proses, pipa penyalur, katup pengaman, tangki timbun, *heat exchanger* atau pun peralatan putar seperti pompa dan kompresor tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa akan selalu ada risiko dan bahaya dari proses yang dilakukan pada bejana tekan tersebut. Sementara dalam kasus ini objek penelitian hanya difokuskan pada *LPG Storage* tanknya saja dengan total kapasitas sebesar 50 Ton. Walaupun pada dasarnya masih banyak terdapat peralatan penunjang dalam proses *filling bulk* elpiji ini seperti *LPG Pump*, *LPG Compressor*, *Pressure Safety Valve (PSV)*, *process piping* dsb, tetapi yang menjadi fokus dalam penelitian ini hanya terletak pada *LPG Storage Tank*. Berikut ini merupakan dokumentasi dari *LPG Storage Tank* pada saat dilakukan observasi dan visual check:



Gambar 3. *LPG storage tank 50 Ton.*

Setelah melakukan studi literatur yang cukup dan merumuskan permasalahan yang ada selanjutnya dilakukan proses observasi dan inspeksi ke lapangan agar mendapatkan data-data yang cukup untuk proses analisis RBI semi-kuantitatif. Dari hasil observasi dan inspeksi di lapangan maka didapat data teknis dari *LPG Storage Tank* berdasarkan tabel 1.

Tabel 1. Data teknis *LPG Storage Tank*

<i>Design Data</i>		
<i>No.</i>	<i>Description</i>	<i>Results</i>
1	<i>Service</i>	<i>LPG Storage Tank Cap. 50 T</i>
2	<i>Standard & Code</i>	<i>ASME Sec. VIII Div. 1 Lat. Edition</i>
3	<i>Capacity</i>	<i>50 Ton</i>
4	<i>Fluid</i>	<i>LPG</i>
5	<i>Design Pressure (Psi)</i>	<i>250,33</i>
6	<i>Design Temperature (°F)</i>	<i>122</i>
7	<i>Operating Pressure (Psi)</i>	<i>120,89</i>
8	<i>MAWP</i>	<i>250,33 Psi.G @ 122 °F</i>
9	<i>MDMT</i>	<i>21,2 °F @ 250,33 Psi.G</i>
10	<i>Test Pressure (Psi.G)</i>	<i>327,14</i>
11	<i>Pneumatic Test (Psi.G)</i>	<i>-</i>
12	<i>Post Weld Heat Treatment</i>	<i>None</i>
13	<i>Radiograph</i>	<i>Full RT</i>

14	Corrosion Allowance (mm)	0
15	Joint Efficiency (shell/head)	1,0 / 1,0
16	Painting	Surface Only
17	Insulation (in)	None
18	Year Built	2008
19	Year Use	2009
20	Year of Last Inspection	2017
21	Size (in)	128,19 in (ID) x 432,28 in (S/S)
22	Radius (in)	64,41
23	Factor K	1
24	Material of Shell	SA-516 Gr. 70
25	Material of Head	SA-516 Gr. 70
26	Material of Nozzle	SA-106 Gr. B
27	Material of Flange	SA-105
28	Nominal Thickness (mm)	0,87 (shell) / 0,55 (head)
29	Previous Thickness (mm)	0,86 (shell) / 0,55 (head)
30	Max. Allowable Stress (Psi)	20000 (shell & head)

1.1 Analisis kemungkinan kegagalan (*probability of failure*)

Berdasarkan teori dan persamaan yang terdapat pada API RBI 581, variable-variabel yang harus ditentukan terlebih dahulu sebelum mendapatkan nilai dari PoF adalah Frekuensi Kegagalan Umum (*gff*), Faktor Kerusakan (*DFm*) dan nilai dari Sistem Management Faktor (*Fms*).

Tabel 2. Nilai *probability of failure*

No	Variabel	Nilai	Nilai PoF
1	<i>Generic Failure Frequencies – GFF</i>	0,0000306	
2	<i>Damage Factor - DF</i>	1,00	0,00002813 fail/yr
3	<i>Factor Management System - FMS</i>	0,919316	

3.1 Analisis konsekuensi kegagalan (*consequence of failure*)

Di dalam API RBI 581 dalam menentukan konsekuensi kegagalan pada suatu alat bertekanan maka harus ditentukan terlebih dahulu level analisis pada kasus tersebut[11]. Proses analisis dalam penelitian ini hanya berfokus pada analisis konsekuensi yang berpotensi berdampak pada area kerja[12]. Variabel yang dipergunakan dalam proses untuk menentukan konsekuensi kegagalan (*consequence of failure*) mengacu pada standard & code API RBI 581, dengan detail sebagai berikut :

- Penentuan fluida representatif,
- Penentuan *release hole size*,

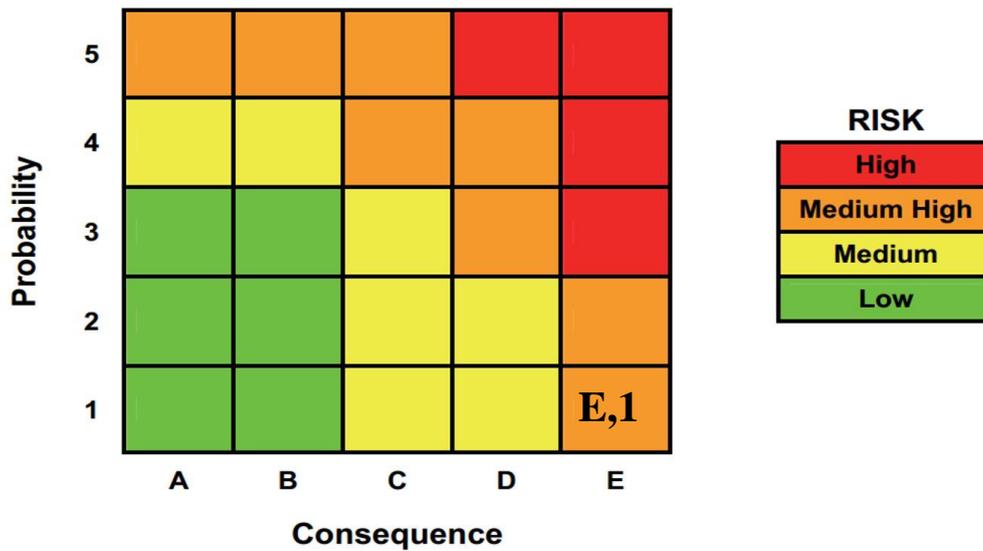
- Penentuan laju kebocoran,
- Kalkulasi laju kebocoran massa tersedia,
- Penentuan tipe kebocoran,
- Perkiraan dampak kebocoran,
- Kalkulasi laju massa kebocoran,
- Kalkulasi konsekuensi kebakaran dan ledakan,
- Justifikasi konsekuensi keracunan,
- Justifikasi konsekuensi tidak mudah terbakar & tidak beracun,
- Menentukan nilai akhir konsekuensi.

Dari proses semua tahapan kalkulasi di atas maka didapat nilai konsekuensi kegagalan (*consequence of failure*) adalah sesuai dengan penjelasan dalam tabel 3.

Tabel 3. Nilai *consequence of failure*

<i>Final Component Damage Consequence</i>	<i>Final Personnel Injury Consequence</i>
<i>Area, CA^{flam cmd} (ft²)</i>	<i>Areas, CA^{flam inj} (ft²)</i>
5043237,677	15430431,8

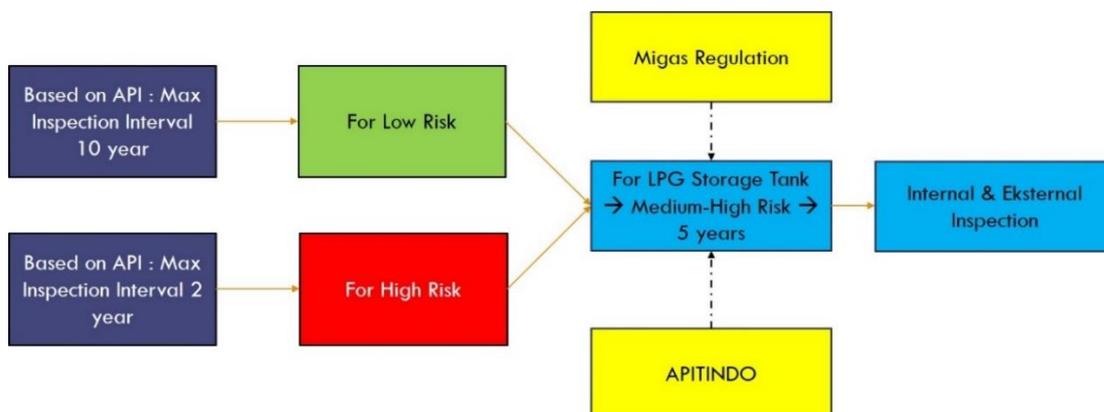
Langkah selanjutnya adalah mengkalkulasi nilai dari tingkat risiko dari penggunaan *LPG Storage Tank* dengan mengalikan nilai *Probability of Failure & Consequences of Failure* sehingga kemudian didapat nilai risikonya adalah sebesar 43,408. Kemudian dari perhitungan kemungkinan kegagalan (*probability of failure*) dihasilkan nilai Df_{total} sebesar 1,00 sehingga kategori kemungkinan kegagalannya pada *LPG Storage Tank* menurut tabel 2 bernilai 1 dengan batasan $Df_{total} < 2$. Sehingga berdasarkan hasil kalkulasi sebelumnya diketahui bahwa tingkat kegagalannya dari penggunaan *LPG Storage Tank* rendah. Hal tersebut dikarenakan laju korosi pada *LPG Storage Tank* yang rendah dan hasil pengujian ketebalan juga masih jauh dari tebal minimumnya. Sementara itu untuk konsekuensi kegagalan (*consequences of failure*) didapatkan bahwa nilai *consequence area (CA)* bernilai lebih dari 10000 ft² (>10000 ft²) yaitu sebesar 15430431,8. Kategori konsekuensi kegagalannya menurut tabel 2.16 bernilai E. Dari hasil peninjauan kalkulasi mengenai nilai konsekuensi kegagalan yang bernilai sangat tinggi hal tersebut disebabkan oleh fluida kerja yang dioperasikan pada *LPG Storage Tank* tersebut ialah LPG yang merupakan fluida mudah terbakar dan meledak selain daripada itu *LPG Storage Tank* memiliki kapasitas penuh yang cukup banyak yaitu sebesar 50 ton. Hal itu salah satu penyebab nilai konsekuensinya sangat tinggi. Berdasarkan nilai kalkulasi yang telah didapatkan maka laporan hasil matriks risikonya adalah seperti yang ditampilkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Matrik risiko dari hasil kalkulasi

3.2 Menentukan jadwal inspeksi

Salah satu manfaat dari menerapkan metode *risk based inspection* dalam proses menentukan interval inspeksi yang tepat yang berdasarkan pada tingkat risiko dari penggunaan alat tersebut[13]. Penjadwalan inspeksi adalah kegiatan yang dilakukan untuk menentukan interval inspeksi yang diperlukan yang akan diimplementasikan pada alat tersebut berdasarkan hasil analisis berbasis API RBI 581[14]. Berdasarkan API 581 pembahasan mengenai jadwal inspeksi untuk bejana tekan merujuk kepada hasil analisis risiko namun untuk intervalnya tidak dijelaskan secara pasti sebab API 581 tidak mendeskripsikan secara pasti masalah tersebut dan mengembalikan masalah interval inspeksi kepada pemilik *unit equipment*[15]. Sehingga dari teori dan ketentuan di atas maka dapat disimpulkan interval inspeksi yang tepat untuk *LPG Storage Tank* dapat dijelaskan gambar 5.



Gambar 5. Alur menentukan interval inspeksi

Selanjutnya berdasarkan hasil analisis risiko yang menempatkan hasil analisis risiko pada *LPG Storage Tank* pada keadaan *medium-high* dan meninjau bahwa maksimum interval 10 tahun tersebut adalah untuk alat beresiko rendah maka kami mengasumsikan bahwa resiko tertinggi memiliki interval

2 tahun (mengacu kepada masa berlaku sertifikat inspeksi). Dengan kondisi peralatan pada keadaan *medium-high* sangat direkomendasikan dengan interval inspeksi tersebut. Selain itu dalam metodologi API 510 untuk bejana tekan yang telah terpasang disarankan untuk melakukan internal inspeksi dan eksternal inspeksi dengan rentang waktu maksimal adalah 5 tahun. Sehingga didapatkan bahwa penjadwalan inspeksi untuk alat ini adalah setiap 5 tahun sekali dengan kondisi internal dan eksternal inspeksi.

3.3 Menentukan metode inspeksi

Tahap terakhir adalah menentukan metode inspeksi yang tepat pada *LPG Storage Tank* hal tersebut dapat dilihat dari *damage factor* yang dialami oleh *LPG Storage Tan*. [11]. *Damage factor* yang didapatkan pada *LPG Storage Tank* adalah berupa *thinning* atau penipisan [16]. Berdasarkan API 581 didapatkan bahwa data yang dibutuhkan untuk mencari nilai penipisan adalah dengan melakukan *thickness measurement check* pada permukaan bejana tekan. Selain hal tersebut juga dijelaskan sebagai salah satu metode inspeksi yang sangat efektif penambahan metode visual pada bejana tekan juga menambah tingkat efektivitas dari proses inspeksi. Selain itu metode inspeksi API 572 dipergunakan untuk pengecekan kondisi pondasi, penunjang/*support*, *coating*, *ladder platform* serta elemen kritical lainnya untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik dan tidak terdapat kegagalan ataupun kelainan major yang dapat mengganggu jalannya operasional dan mengancam keselamatan dan keamanan plant serta operator.

4. SIMPULAN

Dari hasil analisis dan kalkulasi menggunakan metode *risk based inspection* yang mengacu kepada API RBI 581 maka didapatkan hasil sebagai berikut: Bahwa penggunaan *LPG Storage Tank* pada instalasi Stasiun Pengisian Bulk Elpiji (SPBE) memiliki nilai tingkat risiko pada kondisi *medium-high risk* dengan *probability of Failure (POF)* berada pada kategori 1 dan nilai *consequences of failure (COF)* berada pada kategori E. Artinya bahwa tingkat konsekuensi risiko pada penggunaan *LPG Storage Tank* berada pada level berbahaya jika abai dalam proses pemeliharaan dan SOP kerja akan menimbulkan kemungkinan kegagalan dan kecelakaan operasi. Dari hasil analisis RBI didapat bahwa metode inspeksi yang tepat pada unit *LPG Storage Tank* adalah inspeksi internal dan eksternal berupa *visual examination* dan *thickness measurement check* dengan interval maksimum (yang direkomendasikan) setiap 5 tahun sekali walaupun aktual inspeksi yang dilakukan setiap 3 tahun sekali karena mengacu kepada aturan pemerintah dan asosiasi perusahaan inspeksi teknis Indonesia (APITINDO).

REFERENSI

- [1] A. F. Rozie, "Remaining Life Assessment Dan Kasus Laju Korosi Pada Lpg Storage Tank Kapasitas 50 Ton," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 96–106, 2020, doi:

- 10.37373/msn.v1i2.26.
- [2] M. Singh and M. Pokhrel, "A Fuzzy logic-possibilistic methodology for risk-based inspection (RBI) planning of oil and gas piping subjected to microbiologically influenced corrosion (MIC)," *Int. J. Press. Vessel. Pip.*, vol. 159, no. January 2021, pp. 45–54, 2018, doi: 10.1016/j.ijpvp.2017.11.005.
- [3] A. Risk *et al.*, "ATMOSPHERIC STORAGE TANK MENGGUNAKAN," 2020.
- [4] M. R. Narimisa and T. I. Engineering, "Technical Inspection Engineering and Risk Based Inspection in order to optimize inspection plans," no. March, pp. 448–453, 2017.
- [5] G. D. Haryadi, H. K. Kustomo, and S. J. Kim, "Penilaian Risiko Dan Perencanaan Inspeksi Pipa Transmisi Gas Alam Cepu-Semarang Menggunakan Metode Risk Based Inspection Semi-Kuantitatif Api 581," *Mesin*, vol. 25, no. 1, pp. 18–28, 2016, doi: 10.5614/MESIN.2016.25.1.2.
- [6] S. W. Tien, W. T. Hwang, and C. H. Tsai, "Study of a risk-based piping inspection guideline system," *ISA Trans.*, vol. 46, no. 1, pp. 119–126, 2007, doi: 10.1016/j.isatra.2006.06.006.
- [7] E. Shekari, F. Khan, and S. Ahmed, "Economic risk analysis of pitting corrosion in process facilities," *Int. J. Press. Vessel. Pip.*, vol. 157, pp. 51–62, 2017, doi: 10.1016/j.ijpvp.2017.08.005.
- [8] A. Nana *et al.*, "Determination of Corrosion Rate and Remaining Life of Pressure Vessel Using Ultrasonic Thickness Testing Technique," vol. 3, no. 2, pp. 43–50, 2014.
- [9] A. V. Div, "Inspection Report & Record Previous Inspection Report 1 . Visual - Ladders , Stairways , Platforms or Walkway - Foundation and Support , Anchor - Level Glass , PSV , Press & Temp Gauges - Shell , Head , Nozzles , Flanges connection - Coating / Painting - ."
- [10] P. Ratnasari, J. Alhilman, and A. Pamoso, "Penilaian Risiko, Estimasi Interval Inspeksi, dan Metode Inspeksi pada Hydrocarbon Piping Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI)," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 5, no. 2, pp. 67–74, 2019, doi: 10.30656/intech.v5i2.1575.
- [11] J. S. Song, V. Lok, K. B. Yoon, Y. W. Ma, and B. O. Kong, "Quantitative risk-based inspection approach for high-energy piping using a probability distribution function and modification factor," *Int. J. Press. Vessel. Pip.*, vol. 189, p. 104281, 2021, doi: 10.1016/j.ijpvp.2020.104281.
- [12] R. L. Prabowo, A. W. Husodo, and N. Arumsari, "Penilaian Risiko pada Onshore Pipeline Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI)," *Proceeding 3rd Conf. Pip. Eng. its Appl.*, vol. 3 No.1, pp. 127–132, 2018.
- [13] M. Bertolini, M. Bevilacqua, F. E. Ciarapica, and G. Giacchetta, "Development of Risk-Based Inspection and Maintenance procedures for an oil refinery," *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 22, no. 2, pp. 244–253, 2009, doi: 10.1016/j.jlp.2009.01.003.
- [14] J. B. Wintle, B. W. Kenzie, G. J. Amphlett, and S. Smalley, "Best practice for risk based

inspection as a part of plant integrity management,” *Heal. Saf. Exec. HSE*, pp. 1–114, 2001.

- [15] A. N. Fauzi, E. Budiasih, F. Tatas, and D. Atmaji, “USULAN INTERVAL INSPEKSI , ESTIMASI UMUR SISA , DAN PENENTUAN KEBIJAKAN MAINTENANCE PADA STORAGE TANK T-10 DI PT . XYZ MENGGUNAKAN METODE RISK BASED INSPECTION (RBI) PROPOSED INTERVAL INSPECTION , REMAINING LIFE ESTIMATION , AND DETERMINATION OF MAINTEN,” vol. 7, no. 1, pp. 2013–2020, 2020.
- [16] M. Al Qathafi and S. Sulistijono, “Studi aplikasi metode Risk Based Inspection (RBI) semi-kuantitatif API 581 pada production separator,” *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. F89–F94, 2015.