

PENILAIAN RISIKO K3 PADA PENGALIRAN BBM KE TANGKI TIMBUN DENGAN MENGGUNAKAN METODE HAZOP DAN FTA

Nadhira Anly Cantika*, Lina Dianati Fathimahhayati, Theresia Amelia Pawitra
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Email: nadiraanlycantika@gmail.com; linadianatif@gmail.com; triciapawitra@gmail.com

Artikel masuk : 07-04-2022

Artikel direvisi : 10-06-2022

Artikel diterima : 25-06-2022

*Penulis Korespondensi

Abstrak -- Bahan bakar yang ada di PT Pertamina (Persero) Marketing Operation Region VI Fuel Samarinda didapatkan langsung dari dari PT Pertamina (Persero) Marketing Operation Region V Fuel Pertamina Balikpapan yang didistribusikan melalui jalur transportasi laut dengan menggunakan kapal pengangkut. Selama pengaliran BBM berlangsung, terdapat potensi risiko yang timbul dan dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan pekerja lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui identifikasi risiko yang terjadi selama pengaliran BBM, menentukan level risiko dan akar penyebab risiko, serta memberikan usulan perbaikan yang tepat. Pada penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode HAZOP dan FTA. Jenis penelitian adalah semi kualitatif dengan teknik pengambilan data berupa wawancara terhadap divisi HAZOP & FTA. Rancangan penelitian dengan menggunakan observasi lapangan terlebih dahulu sebelum dilakukan wawancara. Data yang digunakan selama penelitian berupa data risiko yang muncul, deviasi, cause, consequence dan safeguard dengan menggunakan teknik pengumpulan data wawancara. Metode HAZOP digunakan untuk mengidentifikasi risiko, deviasi, consequence, serta level risiko dari kegiatan yang dilakukan selama pengaliran BBM. Level risiko tinggi & ekstrim ditindaklanjuti dengan metode FTA (Fault Tree Analysis) untuk mengetahui akar masalah terjadinya risiko sehingga dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang sesuai. Analisis HAZOP menunjukkan identifikasi risiko sebanyak 47 risiko, dimana 53,20% untuk risiko rendah, 38,30% untuk risiko sedang, 4,25% untuk risiko tinggi dan 4,25% untuk risiko ekstrim. Hasil FTA menunjukkan terdapat 15 akar masalah terjadinya risiko dan rekomendasi perbaikan diberikan berdasarkan akar masalah yang terjadi selama pengaliran berlangsung.

Kata kunci: FTA; HAZOP; K3; Manajemen Risiko

Abstract -- The fuel in PT Pertamina (Persero) Marketing Operation Region VI Fuel Samarinda is obtained directly from PT Pertamina (Persero) Marketing Operation Region V Fuel Pertamina Balikpapan, which is distributed via sea transportation using transport ships. During the flow of fuel, potential risks arise and can affect the safety and health of field workers. This study aims to identify risks that occur during fuel flow, determine the level of risk and the root causes of risk, and provide appropriate recommendations for improvement. In this study, two methods were used: the HAZOP and FTA. This type of research is semi-qualitative with data collection techniques in the form of interviews with the HAZOP & FTA division. The research design used field observations before conducting interviews. The data used during the study included emerging risks, deviations, causes, consequences and safeguards using interview data collection techniques. The HAZOP method is used to identify risks, deviations, consequences, and the level of risk from activities carried out during fuel distribution. High & extreme risk levels are followed up with the FTA (Fault Tree Analysis) method to find out the root cause of the risk so that it can provide appropriate recommendations for improvement. HAZOP analysis identifies 47 risks, 53.20% for low risk, 38.30% for moderate risk, 4.25% for high risk and 4.25% for extreme risk. The results of the FTA show that there are 15 root causes of risk occurrence, and recommendations for improvement are given based on the root causes that occur during the flow.

Keywords: FTA; HAZOP; K3; Risk management

PENDAHULUAN

PT Pertamina (Persero) *Marketing Operation Region VI Fuel* Samarinda adalah salah satu perusahaan minyak dan gas bumi yang dimiliki oleh Pemerintah Indonesia dan merupakan salah satu perusahaan terbesar BUMN di Indonesia yang bergerak di bidang perminyakan. Bahan bakar yang berada di PT Pertamina (Persero) *Marketing Operation Region VI Fuel* Samarinda didapatkan melalui jalur transportasi laut dengan menggunakan kapal pengangkut.

Dalam proses pengaliran bahan bakar yang didapatkan ke tangki timbun yang diawasi oleh divisi P2 (Penerimaan dan Penimbunan) dan divisi HSSE (*Health, Safety, Security and Environmental*), Terdapat potensi risiko yang timbul selama pengaliran bahan bakar berlangsung yang dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan pekerja lapangan. Potensi risiko yang paling umum terjadi yaitu faktor eksternal berupa risiko pekerja dari divisi P2 (Penerimaan dan Penimbunan) dan divisi HSSE (*Health, Safety, Security and Environmental*) hampir tertabrak kendaraan ketika pekerja menyeberangi jalan raya untuk pergi ke dermaga.

Penilaian risiko pada kegiatan pengaliran bahan bakar menggunakan metode HAZOP karena pada metode ini lebih kompleks dengan dilengkapi pengamatan mengenai deviasi (penyimpangan). *Hazard and Operability Studies* (HAZOP) adalah suatu proses umum dari identifikasi risiko untuk mendefinisikan deviasi yang mungkin dari kinerja yang diupayakan (Dunjó et al., 2010). Ketika deviasi muncul dan menghasilkan *hazard*, perlu tindakan yang dilakukan untuk mereview dan memberikan solusi untuk menghilangkan *hazard* (Budi & Gusmarwani, 2021).

Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk memberikan rekomendasi perbaikan yang lebih akurat berdasarkan akar penyebab risiko yang telah diidentifikasi. *Fault Tree Analysis* dapat dideskripsikan sebagai teknik analitis, untuk menemukan solusi dari masalah-masalah yang muncul (Lee et al., 1985). Tujuan dari penelitian

ini untuk dapat mengidentifikasi risiko selama pengaliran bahan bakar berlangsung dan memberikan rekomendasi perbaikan yang tepat.

Penilaian risiko menggunakan HAZOP dan FTA telah dilakukan pada Terminal Penyimpanan Bahan Bakar (Fuentes-Bargues et al., 2017) maupun pada Fuel Gas Superheat Burner Unit (Prakoso, 2016). Penelitian ini bertujuan melakukan penilaian potensi risiko yang terjadi pada *superheat burner*. Penggunaan FTA diharapkan mampu membantu mengidentifikasi akar permasalahan untuk meminimalkan potensi risiko yang terjadi.

METODE PENELITIAN

Tahap awal desain penelitian dimulai dengan pengumpulan data dengan teknik pengambilan data berupa wawancara terhadap divisi HAZOP & FTA. Yang dilakukan di bulan Agustus 2021 di PT Pertamina *Region VI Fuel* Samarinda. Rancangan penelitian dengan menggunakan observasi lapangan terlebih dahulu sebelum dilakukan wawancara. Variabel pada penelitian ini yaitu prosedur pengaliran BBM. Untuk menganalisis bahaya terhadap risiko K3, salah satu metode yang dapat digunakan adalah analisis bahaya (Setiawan et al., 2019). Untuk menghilangkan bahaya diperlukan kegiatan manajemen risiko termasuk identifikasi bahaya, analisis bahaya, penilaian risiko, pengendalian risiko, dan evaluasi (Haslindah et al., 2020; Supriyadi et al., 2015). Tahap kedua adalah tahap pengolahan data untuk mengidentifikasi risiko dan memberikan penilaian risiko (level risiko).

Manajemen risiko adalah kegiatan yang terkoordinasi untuk dapat mengarahkan dan mengendalikan sebuah risiko (Fitri et al., 2019). Metode HAZOP adalah suatu metode identifikasi bahaya yang sistematis, teliti dan terstruktur yang dapat mengidentifikasi berbagai permasalahan yang mengganggu jalannya proses suatu pekerjaan. Risiko yang muncul dapat merugikan bagi manusia atau fasilitas pada sistem (Anwar et al., 2019). Penilaian risiko dengan memperhatikan kriteria *Likelihood* (L) dan *Consequences* (C).

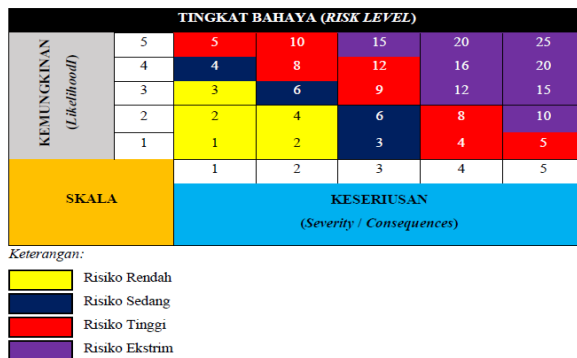
Tabel 1. Kriteria *Likelihood* (UNSW Health and Safety, 2008)

Tingkat	Kriteria	Kualitatif	Semi Kualitatif
1	Jarang Terjadi	Dapat dipikirkan tetapi tidak hanya keadaan ekstrim	< 1 kali dalam 5 tahun
2	Hampir terjadi (kecil)	Belum terjadi tapi bisa terjadi	Terjadi 1 kali per 5 tahun
3	Mungkin	Seharusnya terjadi dan mungkin telah terjadi	1 kali per 5 tahun – 1 kali per tahun
4	Hampir terjadi (besar)	Dapat terjadi dengan mudah	> 1 kali per tahun – 1 kali per bulan
5	Hampir pasti	Sering terjadi, muncul dalam keadaan paling banyak terjadi	Lebih 1 kali per bulan

Tabel 2. Kriteria Severity (UNSW Health and Safety, 2008)

Level	Uraian	Keparahan Cidera	Hari Kerja
1	Tidak berarti	Kejadian tidak menyebabkan kerugian (cidera)	Tidak berkurang hari kerja
2	Kecil	Menyebabkan cideran ringan	Masih dapat bekerja
3	Sedang	Cidera berat dan dirawat di rumah sakit	Kehilangan hari kerja < 3 hari
4	Berat	Menimbulkan cidera parah dan cacat kerugian finansial	Kehilangan hari kerja > 3 hari
5	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah	Kehilangan hari kerja

Likelihood (L) adalah kemungkinan terjadinya kecelakaan yang terdapat pada [Tabel 1](#) dan *Consequences* (C) adalah tingkat keparahan cidera dan kehilangan hari kerja yang terdapat pada [Tabel 2](#) (Ningsih & Hati, 2019). Risiko akan dikelompokkan sesuai dengan *risk level* ([Gambar 1](#)).



Gambar 1. Level Risiko (UNSW Health and Safety, 2008)

Pemeringkatan risiko dicapai dengan melakukan estimasi kualitatif dari tingkat *likelihood* dan *consequences* dan menggabungkannya untuk membuat estimasi risiko dalam matriks (*risk matrix*) (Marhavi et al., 2020). Tingkat bahaya (*risk level*) pada *risk matrix* yang digunakan dalam melakukan perangkaan bahaya untuk dijadikan acuan sebagai rekomendasi perbaikan.

$$RRN = L \text{ (kemungkinan)} \times C \text{ (keparahan)} \quad (1)$$

Tahap ketiga adalah memberikan rekomendasi perbaikan dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk level risiko tinggi dan ekstrim. FTA merupakan pendekatan analisis deduktif untuk menyelesaikan peristiwa yang tidak diinginkan menjadi penyebabnya. Metode FTA digunakan untuk mengetahui penyebab dari terjadinya kecelakaan pada perusahaan (Hidayat, 2020). Metode FTA digunakan untuk memberikan rekomendasi perbaikan untuk risiko yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses pengaliran BBM ke tangki timbun terdapat risiko yang terjadi seperti terjadinya ledakan, ceceran BBM, hingga pekerja hampir tertabrak pengguna jalan raya. Teknik HAZOP merupakan metode kualitatif yang mudah dipelajari, teliti, sistematis, logis, dan menuntut untuk memperoleh hasil yang teliti (Retnowati, 2017). Metode ini akan menunjukkan deviasi (penyimpangan) dari risiko yang terjadi. Untuk nilai kriteria *likelihood* dan *severity* akan diisi oleh divisi HSE dan divisi P2 sebagai pekerja yang mengawasi pengaliran BBM di PT Pertamina Samarinda. Setelah mengetahui kriteria nilai L dan S, maka dapat ditentukan level risiko yang ada pada setiap risiko yang telah diidentifikasi. Setelah dilakukan identifikasi risiko terdapat 47 yang diidentifikasi yaitu 53,20% untuk risiko rendah, 38,30% untuk risiko sedang, 4,25% untuk risiko tinggi dan 4,25% untuk risiko ekstrim.

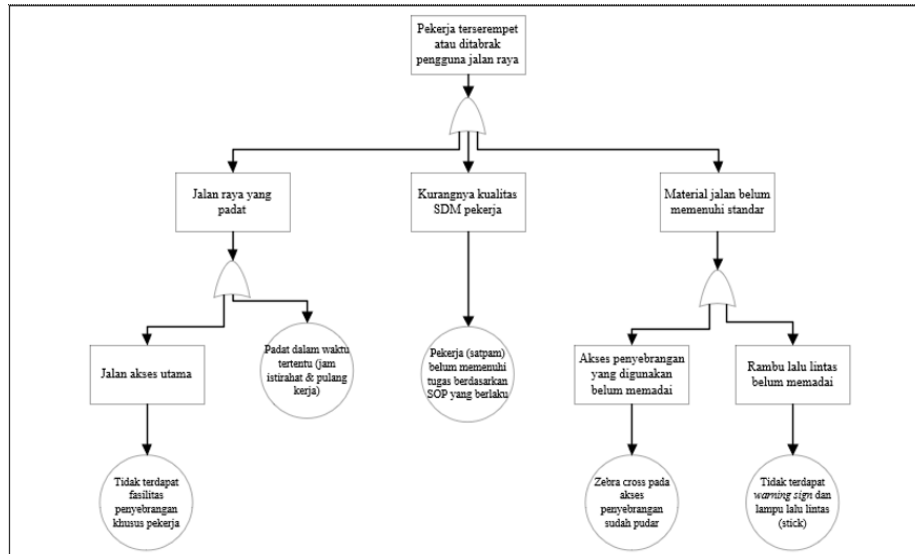
Fault Tree Analysis (FTA) suatu model diagram yang terdiri dari beberapa kombinasi kesalahan (*fault*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* (Pyzdek & Keller, 2014). Pada identifikasi risiko dengan menggunakan metode HAZOP, terdapat 2 risiko dengan level tinggi dan 1 risiko dengan level ekstrim.

Risiko pekerja terserempet atau ditabrak pengguna jalan raya terdapat 5 *root case* yaitu tidak terdapat fasilitas penyeberangan khusus pekerja, jalan padat dalam waktu tertentu, pekerja (satpam) belum memenuhi tugas berdasarkan SOP yang berlaku, *zebra cross* pada akses penyeberangan sudah pudar dan tidak terdapat *warning sign* serta lampu lalu lintas ([Gambar 2](#)).

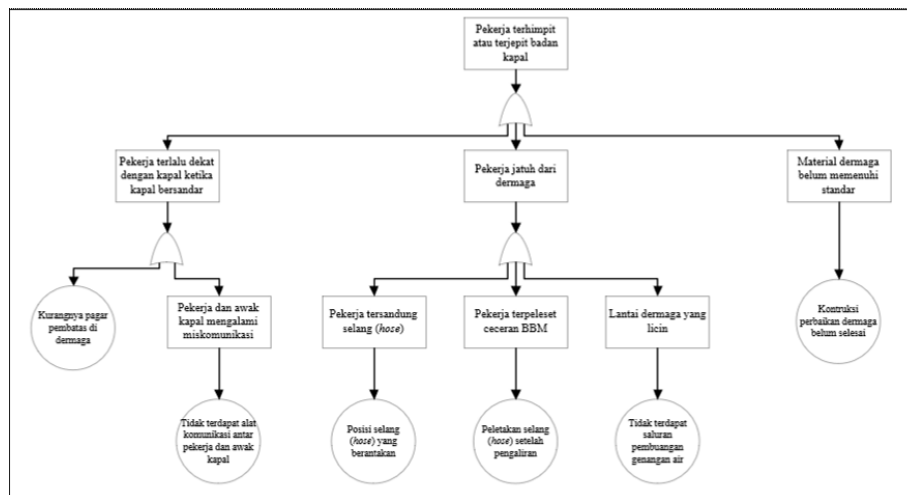
Risiko pekerja terhimpit atau terjepit badan kapal terdapat 6 *root case* yaitu kurangnya pagar pembatas di dermaga, tidak terdapat alat komunikasi antar pekerja dan awak kapal, posisi selang (*hose*) yang berantakan, peletakan selang (*hose*) setelah pengaliran, tidak terdapat saluran pembuangan genangan air, dan konstruksi perbaikan dermaga belum selesai ([Gambar 3](#)).

Tabel 3. Identifikasi Risiko

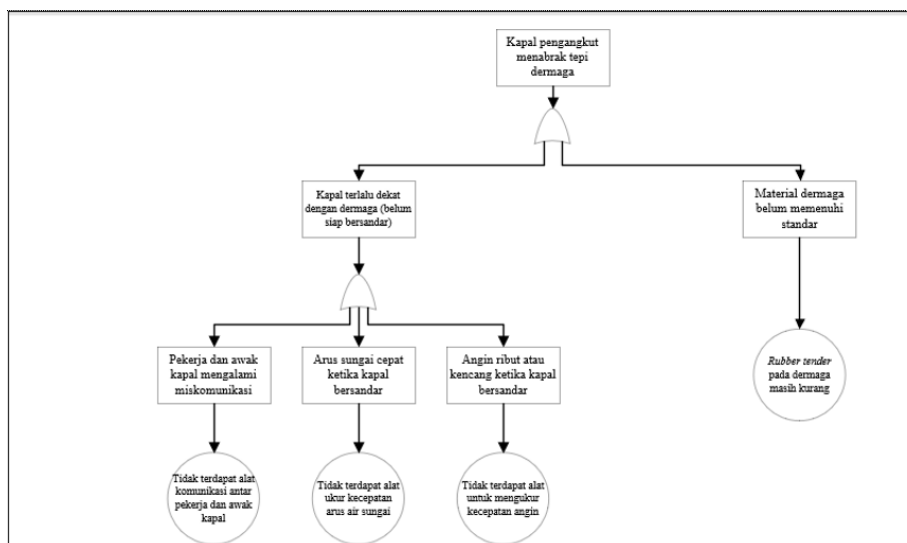
No	Kegiatan	Risiko	L	S	Level Risiko
1	Pekerja mengambil APD di It 2	Pekerja jatuh dari ketinggian	2	2	Rendah
		Pekerja mengambil APD di It 2	Pekerja terpeleset karena lantai tangga licin	2	2
2	Pekerja memakai APD lengkap	Material <i>Safety Shoes</i> melukai kaki	2	2	Rendah
3	Pekerja memasuki area tertutup	Pekerja terpeleset (tersandung) anak tangga	2	2	Rendah
		Pekerja mengenai genangan banjir	3	2	Sedang
4	Pekerja melintasi jalan raya	Pekerja tersan trotoar	2	3	Sedang
		Pekerja ditabrak pengguna jalan raya	3	4	Ekstrim
5	Pekerja melintasi jembatan	Pekerja tersandung pipa	2	3	Sedang
		Pekerja jatuh ke sungai	2	3	Sedang
6	Pekerja mengawasi kapal BBM bersandar	Pekerja terhimpit badan kapal	3	3	Tinggi
		Pekerja jatuh ke sungai	2	3	Sedang
		Kapal menabrak tepi dermaga	3	3	Tinggi
7	Pekerja mengambil sampel BBM di kapal	Pekerja terpapar uap BBM	2	2	Rendah
		Lingkungan tercemar	2	2	Rendah
		Pekerja tersandung selang	2	2	Rendah
	Pekerja mengambil sampel BBM di kapal	Pekerja jatuh ke sungai	2	2	Rendah
		Pekerja terpapar ceceran BBM	2	2	Rendah
		Ledakan atau kebakaran	2	3	Sedang
8	Pekerja mengukur <i>Quantity</i> dan <i>Quality</i> BBM di sample <i>cock</i>	Jarak pandang terbatas (malam)	2	3	Sedang
		Pekerja terpapar langsung uap BBM	2	2	Rendah
		Lingkungan tercemar	2	2	Rendah
		Pekerja terpapar ceceran BBM	2	2	Rendah
		Pekerja memiliki jarak pandang terbatas	2	3	Sedang
		Pekerja jatuh ke sungai	2	3	Sedang
9	Pekerja memasang selang (<i>hose</i>) dari selang di darat ke kepal pengangkut	Pekerja tersengat listrik	2	3	Sedang
		Kapal terbawa arus	2	2	Rendah
		Pekerja jatuh ke sungai	2	3	Sedang
10	Pekerja melepas selang (<i>hose</i>) dari selang di darat ke kepal pengangkut	Pekerja tersengat listrik	2	3	Sedang
		Kapal terbawa arus	2	2	Rendah
		Pekerja tersan trotoar	2	3	Sedang
11	Pekerja melintasi jalan raya	Pekerja ditabrak pengguna jalan raya	3	4	Ekstrim
		Pekerja jatuh dari ketinggian	1	1	Rendah
12	Pekerja menaiki tangga menuju bagian atas tangki timbun	Pekerja tersandung anak tangga	1	1	Rendah
		Pekerja memiliki jarak pandang terbatas	1	3	Sedang
		Pekerja jatuh dari ketinggian	1	3	Sedang
13	Pekerja mengukur level BBM pada tangki timbun	Pekerja terpeleset karena ceceran BBM	1	1	Rendah
		Ledakan atau kebakaran	1	3	Sedang
		Pekerja terpapar langsung uap BBM	1	1	Rendah
		Pekerja memiliki jarak pandang terbatas	1	2	Rendah
		Pekerja terpapar uap BBM	1	1	Rendah
14	Pekerja mengambil sampel BBM pada tangki timbun	Pekerja terpapar ceceran BBM	1	1	Rendah
		Pekerja terpapar ceceran BBM	1	1	Rendah



Gambar 2. Risiko Pekerja Ditabrak



Gambar 3. Risiko Pekerja Terjepit Badan Kapal



Gambar 4. Kapal Menabrak Tepi Dermaga

Risiko kapal menabrak tepi dermaga terdapat 4 *root case* yaitu tidak ada alat komunikasi antar pekerja dan awak kapal, tidak terdapat alat ukur kecepatan arus air sungai, tidak terdapat alat ukur kecepatan angin dan rubber tender pada dermaga masih kurang (**Gambar 4**)

Pengendalian risiko merupakan langkah yang dalam keseluruhan manajemen risiko. Strategi dalam pengendalian risiko dilakukan dengan beberapa cara, yaitu menekan *likelihood*, menekan konsekuensi dan pengalihan risiko (**Ponda & Fatma, 2019**). Salah satu cara untuk mengendalikan risiko dengan menggunakan hirarki pengendalian risiko. Hirarki pengendalian merupakan suatu hirarki yang dilakukan berurutan sampai dengan tingkat risiko atau bahaya berkurang menuju titik yang aman. Hirarki pengendalian tersebut antara lain ialah eliminasi, substitusi, rekayasa *engineering*, administrasi dan alat pelindung diri (**Widiastuti et al., 2019**).

Pengendalian hirarki eliminasi risiko pekerja terserempet atau ditabrak pengguna jalan raya yaitu penebalan jalur penyeberangan (*zebra cross*), pengendalian hirarki substitusi yaitu pembuatan jembatan penyeberangan, pengendalian hirarki rekayasa teknik yaitu penambahan *warning sign* dan lampu lalu lintas, dan pengendalian hirarki administratif yaitu evaluasi khusus pekerja (satpam dermaga) minimal 2 kali dalam 6 bulan. Pengendalian hirarki rekayasa teknik pada risiko pekerja terhimpit atau terjepit badan kapal yaitu penambahan pagar pembatas, penambahan *walkie talkie*, dibuat drainase di sisi sudut dermaga, penyelesaian konstruksi dermaga, dan disediakan wadah untuk ceceran BBM yang tersisa di selang. Pengendalian hirarki administratif yaitu prosedur kerja yang lebih aman sesuai dengan SOP pengaliran BBM. Pengendalian hirarki rekayasa teknik pada risiko kapal pengangkut menabrak tepi dermaga yaitu penambahan *walkie talkie*, penambahan alat ukur arus air sungai, penambahan alat ukur anemometer, penambahan *rubber fender* pada tepi dermaga.

Penelitian ini mempunyai kesamaan dalam penggunaan metode dengan penelitian **Prakoso (2016)**. Metode HAZOP digunakan untuk mengetahui level risiko dan penyimpangan yang terjadi serta memberikan rekomendasi perbaikan menggunakan metode FTA. Perbedaannya adalah penelitian ini memberikan rekomendasi perbaikan khusus untuk risiko tertinggi saja agar perusahaan lebih terfokus untuk memperbaiki risiko dengan level tertinggi terlebih dahulu. Perbedaan lainnya adalah pada penelitian tersebut menggunakan *node* atau titik peninjauan sedangkan pada penelitian ini tidak menggunakan *node*.

KESIMPULAN

Penilaian risiko pada divisi P2 dan divisi HSE yang didapatkan pada pengaliran BBM dari kapal pengangkut ke tangki timbun menggunakan metode HAZOP mendapatkan 47 risiko dengan 2 risiko dengan level tinggi dan 1 risiko dengan level ekstrim. Rekomendasi perbaikan dengan level risiko tertinggi yaitu untuk level risiko ekstrim dengan risiko pekerja terserempet atau ditabrak pengguna jalan raya terdapat usulan pencegahan risiko berupa pembuatan jembatan penyeberangan, dilakukan evaluasi untuk satpam minimal 2 kali dalam 6 bulan, penebalan jalur penyeberangan (*zebra cross*), pemberian *walkie talkie*, *warning sign* dan lampu lalu lintas. Level risiko tinggi dengan risiko pekerja terhimpit atau terjepit badan kapal terdapat usulan pencegahan risiko berupa penambahan pagar pembatas, pemberian *walkie talkie*, penataan posisi selang yang benar (digulung), disediakan wadah untuk ceceran BBM yang tersisa di selang, dan dibuat drainase di sisi sudut dermaga. Level risiko tinggi dengan risiko. Kapal pengangkut menabrak tepi dermaga terdapat usulan pencegahan risiko berupa penambahan *walkie talkie*, penambahan alat ukur kecepatan arus air, dan penambahan alat ukur Anemometer, dan penambahan *rubber fender* pada tepi dermaga.

Penggunaan metode FTA pada penelitian ini hanya sampai dengan memberikan rekomendasi perbaikan untuk perusahaan terkait, maka penelitian selanjutnya dapat dibuat jangkauannya lebih luas dengan menggunakan simulasi perbaikan agar rekomendasi perbaikan dapat diterima oleh perusahaan terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, C., Tambunan, W., & Gunawan, S. (2019). Analisis Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Dengan Metode Hazard and Operability Study (Hazop). *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, 4(2), 61–70. <http://dx.doi.org/10.33021/jmem.v4i2.825>
- Budi, M. S. P., & Gusmarwani, S. R. (2021). Hazard Operability Study (HAZOP): Salah Satu Metode Untuk Mengidentifikasi Bahaya Dalam Manajemen Risiko. *Jurnal Inovasi Proses*, 6(2), 44–49. <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/JIP/article/view/3759>
- Dunjó, J., Fthenakis, V., Vilchez, J. A., & Arnaldos, J. (2010). Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review. *Journal of Hazardous Materials*, 173(1), 19–32. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.08.076>
- Fitri, S. D., Setyowati, D. L., & Duma, K. (2019). Implementasi Manajemen Risiko

- Berdasarkan ISO 31000: 2009 pada Program Perawatan Mesin di Area Workshop PT. *Faletahan Health Journal (FHJ)*, 6(1), 16–24. <https://journal.lppm-stikesfa.ac.id/index.php/FHJ/article/view/40>
- Fuentes-Bargues, J. L., González-Cruz, M. C., González-Gaya, C., & Baixauli-Pérez, M. P. (2017). Risk Analysis of a Fuel Storage Terminal Using HAZOP and FTA. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 14, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/ijerph14070705>
- Haslindah, A., Andrie, A., Aryani, S., & Hidayat, F. N. (2020). Penerapan Metode HAZOP Untuk Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Bagian Produksi Air Minum Dalam Kemasan Cup Pada PT. Tirta Sukses Perkasa (CLUB). *Journal Industrial Engineering & Management (JUST-ME)*, 1(1), 20–24. <http://journal-uim-makassar.ac.id/index.php/JUSTME/article/view/511>
- Hidayat, A. A. (2020). Analisis Program Keselamatan Kerja dalam Usaha Meningkatkan Produktivitas Kerja dengan Pendekatan HIRARC dan FTA (Studi Kasus: PT Mitra Karsa Utama). *SIJIE Scientific Journal of Industrial Engineering*, 1(2), 1-6. <http://jim.unindra.ac.id/index.php/sijie/article/view/86>
- Lee, W. S., Grosh, D. L., Tillman, F. A., & Lie, C. H. (1985). Fault Tree Analysis, Methods, and Applications & A Review. *IEEE Transactions on Reliability*, R-34(3), 194–203. <https://doi.org/10.1109/TR.1985.5222114>
- Marhavilas, P. K., Filippidis, M., Koulinas, G. K., & Koulouriotis, D. E. (2020). An expanded HAZOP-study with fuzzy-AHP (XPA-HAZOP technique): Application in a sour crude-oil processing plant. *Safety Science*, 124, 104590. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104590>
- Ningsih, S., & Hati, S. (2019). Analisis Resiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Menggunakan Metode HAZOP Pada Bagian Hidrotest Manual Di PT. Cladtek Bi Metal Manufacturing. *Journal of Applied Business Administration*, 3(1), 29–39. <https://doi.org/10.30871/jaba.v3i1.1288>
- Ponda, H., & Fatma, N. F. (2019). Identifikasi Bahaya, Penilaian dan Pengendalian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Departemen Foundry PT. Sicamindo. *Jurnal Teknik Industri Heuristic*, 16 (2), 62-74. <https://doi.org/10.30996/he.v16i2.2968>
- Prakoso, A. B. (2016). Hazard And Operability Study (HAZOP) Dan Safety Integrity Level (SIL) Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Pada Fuel Gas Superheat Burner Unit Ammonia PT. Petrokimia Gresik [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. In *Skripsi*. <https://repository.its.ac.id/42178/>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *Six sigma handbook*. McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071840538>
- Retnowati, D. (2017). Analisa Risiko K3 Dengan Pendekatan Hazard and Operability Study (Hazop). *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(1), 41-46. <http://dx.doi.org/10.51804/tesj.v1i1.67.41-46>
- Setiawan, E., Tambunan, W., & Kuncoro, D. K. R. (2019). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Hazard Analysis Risk Analysis of Occupational Safety and Health Using Hazard Analysis Method Musthofa, Msc. *Vol*, 3(1), 95–103. <https://doi.org/10.31289/jime.v3i1.2525>
- Supriyadi, S., Nalhadi, A., & Rizaal, A. (2015). Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko K3 pada Tindakan Perawatan & Perbaikan Menggunakan Metode HIRARC (Hazard Identification and Risk Assesment Risk Control) pada PT. X. *Prosiding Seminar Nasional Riset Terapan| SENASSET*, 281–286. <https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/senasset/article/view/474>
- UNSW Health and Safety. (2008). *Risk Management Program*. Canberra: University of New South Wales. <https://safety.unsw.edu.au/risk-management-program>
- Widiastuti, R., Prasetyo, P. E., & Erwinda, M. (2019). Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko untuk Mengendalikan Risiko Bahaya di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa. *Industrial Engineering Journal of the University of Sarjanawiyata Tamansiswa*, 3(2), 51-63. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/IEJST/article/view/6704>