

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan analisis menggunakan 3 metode antara lain *Fault Tree Analysis*, *Event Tree Analysis* dan *Bow-Tie Analysis* dengan data perolehan hasil wawancara kepada sepuluh narasumber didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. *Fault Tree Analysis*

Pada analisis FTA dengan menggunakan wawancara semi terstruktur dan wawancara terstruktur (kuesioner) menghasilkan 41 faktor kejadian tumpahan limbah B3 yang selanjutnya dianalisis menggunakan algoritma (*Method of Obtaining Cut Sets*) MOCUS menghasilkan 22 kejadian dasar penyebab tumpahan limbah B3. Dari 22 kejadian maka dilakukan penyebaran kuesioner yang menghasilkan 6 nilai probabilitas faktor pemicu terbesar antara lain. Dengan perolehan nilai probabilitas 0,055 yaitu kemasan yang tidak layak, minimnya keahlian operator dalam mengendalikan *forklift*, Ceroboh saat mengangkat dan menurunkan kemasan dan sempitnya lahan penyimpanan. Nilai probabilitas 0,054 instruksi *helper* kurang jelas dan probabilitas 0,051 yaitu *staff* merasa kelelahan.

- b. *Event Tree Analysis*

Pada analisis *Event Tree Analysis* merepresentasikan urutan kejadian yang paling eksklusif berdasarkan data jumlah kecelakaan didukung dengan wawancara terstruktur kepada sepuluh narasumber untuk menentukan kejadian penting. Terdapat 4 *pivotal event* antara lain: kondisi kemasan baik, dokumen pengangkutan limbah B3 lengkap dan sesuai, keahlian operator *forklift* dan kesesuaian jenis limbah dengan kemasan. selanjutnya ETA akan menganalisis konsekuensi *Event Tree Analysis* pada *Risk Matrix* sebagai penentuan dari *Likelihood Index* dan *Severity Index* (SI) Tahapan akhir akan menghitung *Risk Index* (RI). Metode ETA menghasilkan 5

Output yang menunjukkan posisi hirarki setiap risiko. *Output* A hingga E antara lain, *Output* A, B, C dan D berada di daerah tingkat hijau yang memiliki tingkat *Low Risk*. Sehingga tergolong dalam risiko pemantauan dan pengawasan kerja, sementara *Output* E berada pada area risiko berwarna kuning yang berarti bahwa *Output* tersebut memiliki tingkat *Medium Risk* perlu tindakan seperti *review* prosedur atau Standar Operasional Prosedur tumpahan.

c. *Bow-Tie Analysis*

Pada analisis BTA akan menggambarkan diagram terdiri atas metode FTA yang menghasilkan 6 daftar ancaman pada cabang bagian kiri dengan nilai probabilitas tertinggi dan metode ETA akan menunjukkan 3 konsekuensi pada cabang bagian kanan. Pada daftar ancaman menghasilkan 10 pencegahan dan 6 faktor penghalang serta daftar konsekuensi menghasilkan 12 pencegahan dan 4 faktor penghalang. Menghasilkan 3 pengendalian risiko dari masing-masing mitigasi antara lain: eliminasi, substitusi dan pengendalian administrasi.

2. Berdasarkan penyebab tumpahan limbah B3 maka menghasilkan bahaya dan risiko, hal ini disesuaikan sesuai dengan jenis kelas bahaya beracun dan korosif pada masing-masing kelas memiliki bahaya, risiko dan mitigasi penanganan yang berbeda.
3. Bahwa pada evaluasi penerapan Standar Operasional Prosedur (SOP) terkait *Emergency Response Plan at CTS* yang mengacu pada standar ISO 10013:2021 tentang sistem manajemen mutu panduan informasi yang terdokumentasi terdapat ketentuan yang belum terpenuhi terkait tidak adanya penerapan instruksi kerja terkait aktivitas penanganan tumpahan limbah B3 pada saat proses pengangkutan di Depo Cibitung *Transfer Station* (CTS).
4. Dari hasil analisis, dapat diberikan rekomendasi mitigasi penanganan tumpahan limbah B3 berdasarkan masing-masing kelas bahaya, menghasilkan rekomendasi jangka pendek dan jangka panjang pada masing-masing penyebab tumpahan berdasarkan hirarki pengendalian, menghasilkan nilai matriks risiko tumpahan probabilitas tingkat keparahan, memberikan faktor penghalang dari mitigasi yang direncanakan dan pembuatan instruksi kerja

terkait penanganan tumpahan limbah B3 pada saat proses pengangkutan di Depo Cibitung *Transfer Station* (CTS).

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka saran yang dapat diberikan terkait penelitian sebagai berikut :

1. Perusahaan Prasadha Pamunah Limbah Industri dapat mempublikasi serta sosialisasi instruksi kerja terkait penanganan tumpahan limbah B3 pada saat proses pengangkutan di Depo Cibitung *Transfer Station* (CTS). Perusahaan Prasadha Pamunah Limbah Industri dapat memperbaiki faktor penghalang dari mitigasi penanganan tumpahan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).
2. Kepada peneliti lanjutan dapat menggunakan metode lainnya sebagai tingkat perbandingan penilaian risiko tumpahan limbah B3. Adapun juga penelitian yang lebih spesifik terkait tumpahan limbah B3 berdasarkan semua karakteristik jenis limbah B3.

DAFTAR PUSTAKA

- Adzkia, E. Y. (2023). Gambaran Pengelolaan Limbah Medis Bahan Berbahaya Dan Beracun Di Bagian Kesehatan Lingkungan Rsi Ibnu Sina Padangpanjang. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Aji, S., & Hesti Wardhani, D. (2024). Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan Teknologi Insinerasi pada Fasilitas Pengelolaan Limbah Terpadu (FPLT) Kawasan Medan. JPPII, 2(1), 17–25. <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24112>
- Alamsyah, R., Kusuma Ningrat, N., & Hilman, M. (n.d.). Identifikasi Resiko Kecelakaan Kerja Pada *Home* Industri Pembuatan Keripik Pisang Dengan Metode *Hazard Identification And Risk Assessment* (Hira) Di Cisaga Kota Ciamis (Vol. 01, Issue 02). <http://k3pelakan.blogspot.co.id/2011/>
- Alijoyo, A., Wijaya, B., & Jacob, I. (2021). *Fault Tree Analysis* Teknik Penilaian Risiko Berbasis Iso 31010.
- Alizadeh, S. S., & Moshashaei. P. (2015). *The Bowtie method in safety management system: A literature review. Scientific Journal of Review.*
- Amin, N. F., Garancang, S., & Abuawas, K. (2023). Konsep Umum Populasi Dan Sampel Dalam Penelitian. Jurnal Pilar, 14.
- Antonius, A., Bobby, W., & Intan, J. (2021). *Event Tree Analysis.*
- Anwar, M. F. N. (2024). Penerapan Metode *FTA ETA Dan Bow-Tie Analysis* Terhadap Proses *Hull Construction* Pada Pembangunan Kapal Bantu Rumah Sakit Di Galangan Kapal Surabaya.
- Ardana, D. N. (2024). Analisis Keterlambatan Proses Trucking pada Pengiriman Barang Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* dan *Event Tree Analysis.*
- AS/NZS 4360. (2004). *Australian/New Zealand Standard Risk Management.*
- Berliantari, E. N., Zuliana, A., Yanuar, I., & Triadi, I. (2024). Efektivitas Pengaruh Penyimpanan Sementara dan Pengelolaan Limbah B3 Berdasarkan Hukum Lingkungan Di Indonesia. Jurnal Dunia Ilmu Hukum Dan Politik, 2(3).

- Berlina, P. N., Murti, R. H. ayu, & Utomo, W. D. (2023). Kajian Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) PT. X . *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(2), 400–408.
- Bloomberg. (2021, April). *The Forgotten Shipping Pallet Stages a Pandemic-Era Rally*.
- Brown, K. R., VanBerkel, P., Khan, F., & Amyotte, P. R. (2021). *Application of bow tie analysis and inherently safer design to the novel coronavirus hazard. Process Safety and Environmental Protection*.
- Cibitung Transfer Station. (2018). Laporan Pelaksanaan UKI Dan Upl Kegiatan Operasional Tempat Penampungan Sementara Limbah Industri Bahan Berbahaya Dan Beracun Cibitung Transer Station.
- Ciptaningayu, T. N. (2017). *Management Of Laboratory Hazardous Waste in ITS Campus*.
- Ericson, C. A., John Wiley, & Sons, I. (2005). *Hazard Analysis Techniques for System Safety*.
- Eun-Soo Hong, In-Mo Lee, Hee-Soon Shin, Seok-Woo Nam, & Jung-Sik Kong. (2009). *Quantitative risk evaluation based on event tree analysis technique: Application to the design of shield TBM. Tunneling and Underground Space Technology*.
- Fathovani, K. B., Supriyadi, & Nalhadi, A. (2024). Perencanaan Pengendalian Risiko Bahaya Pada Aktivitas Kerja Water Treatment Plant Menggunakan Bow Tie Analysis. *Jurnal Teknik Industri ITN Malang*, .
- Health and Safety Executive. (2013). *Rider-operated lift trucks: Operator training and safe use. Approved Code of Practice and guidance* (edisi 3).
- Hidayat, N. A. (2016). Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Kegiatan Bongkar Muat Petikemas Di Terminal Berlian Tanjung Perak Surabaya.
- Hutabarat, E. S. (2019). *Transportasi Darat Agreement for Transport of Dangerous Goods by Road (ADR)*. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 21(2), 10110. <https://doi.org/10.25104/jptd.v21i2.1330>

- Ichtiakhairi, T. H., & Sudarmaji. (2015). Pengelolaan Limbah B3 Dan Keluhan Kesehatan Pekerja Di PT. INKA (Persero) Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1), 118–127.
- IEC 60300-3-9. (1995). *Risk Analysis of Technological Systems* (Vol. 72).
- Kevin Allars. (2008). *Guidance for the storage of liquids in intermediate bulk containers. In IBC GUIDANCE.*
- LIU, Z., JIA, L., & DONG, S. (2024). Penilaian Risiko Proses Bongkar Muat Minyak Mentah Menggunakan Jaring Petri Berwarna Stokastik yang Terintegrasi dengan Faktor Risiko. *Teknik Mesin*, 31, 70–78.
- Mukti, A. D., Panjaitan, L., & Lukas. (2024). Pencegahan Keadaan Darurat Industri Kimia Studi Kasus PT.XYZ. *Proceeding Mercu Buana Conference on Industrial Engineering*, 6(1), 94–101.
- Nolan, D. P. (2017). *Fire Pump Arrangements at Industrial Facilities (Third Edition).* ScienceDirect.
- NSF International ISO 45001. (2018). *Occupational Health and Safety Management Systems Migration Guide.*
- Nursabrina, A., Joko, T., & Septian, O. (2021). Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri Di Indonesia Dan Potensi Dampaknya. *Jurnal Riset Kesehatan*.
- Penangsang, Y., & Basuki, M. (2024). Mitigasi Risiko Operasional Pembangunan Kapal Baru di Galangan Kapal Surabaya Menggunakan Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan BTA (*Bowtie Analysis*).
- Peraturan Menteri Nomor 6. (2021). Tata Cara Dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun.
- Perpem KLHK No.52 Th 2012. (2012). Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3).
- Prabowo, S. H., Misbah, & Anggita, R. (2023). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Pembongkaran Unit Gas Kompresor Di Fasilitas Produksi Migas Menggunakan Bowtie. *Seminar Nasional Teknik Sipi*, 1(1).

- Prasadha Pamunah Limbah Industri. (2024). Profil Perusahaan Prasadha Pamunah Limbah Industri.
- Pungki, R. (2017). Identifikasi Kecelakaan Kerja Pada Kegiatan Loading Dan Unloading Di PT.Pertamina Patra Niaga Terminal Bahan Bakar Semarang Group Pengapon Dengan Metode *Fault* Dan *Event Tree Analysis*.
- Putra, R. E. P., Wijaya, A. U., Gandryani, F., & Indriastuti, D. E. (2022). Pertanggungjawaban Hukum Bagi Perusahaan Yang Membuang Limbah B3 Dalam Tinjauan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Putri, C. N. (2022). Analisis Pengurusan Dokumen Izin Bongkar Muat Barang Berbahaya Di Terminal Tank Vopak Tanjung Priok Oleh PT. Orela Bahari Mandiri.
- Qodriyah, Q. L., Rohman, N., Zuhriyah, F., & T, L. A. (2024). *Indonesian Journal of Port and Shipping Management Analysis of Deviations in the Transport of Hazardous and Toxic Waste (B3) by SB. Cramoil Equity in the Batam Special KSOP Working Area*.
- Ramzali, H., Lavasani, M. R. M., & Ghudousi, J. (2015). *Safety barriers analysis of offshore drilling system by employing Fuzzy Event Tree Analysis. Saftey Science Journal, 49–59*.
- Refaul, F., Faisal Khan, Rehan Sadiq, Paul Amyotte, & Brian Veitch. (2009). *Handling data uncertainties in event tree analysis. Elsevier*.
- Rianti, L., & Rahmansyah, D. (2022). *The Treatment of Toxic and Hazardous Material Waste at the Landfill of PT. Baturona Adimulya Musi Banyuasin Regency, South Sumatra Province. Jurnal Cakrawala Ilmiah, 2(4)*.
- Rizal, N. A. P. (2022). Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).
- Rodhiyah, S. C. T., Amrullah, H. N., & Disrinama, A. M. (2023). Pengaplikasian Metode *Bowtie* Dalam Analisis Risiko Kesehatan Terhadap Bahaya Penerangan Pada Alat Berat di Perusahaan Terminal Petikemas. *Conference On Safety Engineering And It's Application*.

- Safitri, A., Mafulla, D., Nichlah Miftahul, Roykhan, R. M., & Absor. (2024). Analisis Identifikasi Risiko, Penilaian Risiko Dan Pengendalian Risiko Pada CV Sinar Jaya Mandiri. *Jurnal Ilmia Keuangan Akuntansi Bisnis*, 3(2), 513–518.
- Saputri, R. S. M. (2018). *The Planning of Health, Safety, Environment (Hse) Management System on Soho PT. Samator Surabaya Upper Structure Construction*.
- Shibyan, M. A. (2024). Analisis Potensi Bahaya Pada Ruang Produksi Menggunakan Metode *Hazard Identification Risk Assessment Risk Control (Hirarc) Dan Fault Tree Analysis (FTA)* (Studi Kasus: Cv. Vintage And Recycle Iron).
- Sirait, N. M., & Susanty, A. (2022). Analisis Risiko Operasional Berdasarkan Pendekatan *Enterprise Risk Management (ERM)* Pada Perusahaan Pembuatan Kardus di CV Mitra Dunia Palletindo. Teknik Universitas Diponegoro.
- Sohag Kabir. (2017). *An overview of Fault Tree Analysis and its application in model based dependability analysis. Expert Systems with Applications*.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Manajemen*. Bandung: Alfabeta.
- Tagueha, W. P., Mangare, J. B., & Arsjad, T. T. (2018). Manajemen Resiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Sipil Statistik*, 6(11), 907–916.
- Tami. (2022). Tumpahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Tresnawati, S., Ekawati, N., & Siddiq, M. F. (2024). Microcontroller-based Forklift Path Following Robot Prototype. 04, 3. <https://doi.org/10.31763/iota.v4i3.733>
- Vikaliana, R., & Melani, W. (2024). Analisis Risiko Pergudangan Menggunakan Metode *Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)* di Perusahaan Pengeboran Minyak dan Gas. *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, 5(3), 245–257. <https://doi.org/10.47065/tin.v5i3.5356>
- Yasin, M., Garancang, S., & Hamzah, A. A. (2024). Metode dan Instrumen Pengumpulan Data (Kualitatif dan Kuantitatif). *Journal of International Multidisciplinary Research*, 2.

Zefri, R., Wulandari, D. A., & Suripin. (2022). Analisis Risiko Kegagalan Bendungan Paselloreng Dengan Metode Pohon Kejadian (Event Tree) . Jurnal Teknik Sipil, 8(2), 149–160.

Zurheide, F. T., Hermann, E., & Lampesberger, H. (2021). pyBNBowTie: *Python library for Bow-Tie Analysis based on Bayesian Networks*.