

Penggunaan Metode HIRARC dan Diagram *Fishbone* dalam Analisis Risiko K3 pada Industri Baja Karbon

Nurul Ilmi^a, Vio Apri Juanda^b, Mega Cattleya PA Islami^{c*}

^{a,b} Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Batam, Jl. Gajah Mada, Vitka, Sekupang, Kota Batam

^c Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294

* Corresponding author: mega.cattleya.ti@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Kecelakaan adalah kejadian tidak terduga dan tidak diharapkan yang mengakibatkan penderitaan dan kerugian material dari paling ringan sampai paling berat. Terdapat kasus kecelakaan yang terjadi dalam proses *pickling* di PT XYZ dari mulai cedera ringan dan berat. Sehingga dibutuhkan identifikasi terhadap faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) dan *fishbone* diagram. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan identifikasi faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja di bagian *pickling*, serta melanjutkannya dengan melakukan mitigasi risiko dan pengendalian risiko. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pada proses *pickling* di PT XYZ terdapat 12 potensi bahaya dengan 9 potensi berada di level sedang dan 3 potensi di level tinggi dan hasil pengendalian risiko dengan metode HIRARC dapat mengurangi tingkat potensi bahaya pada proses *pickling* yaitu menjadi 9 potensi bahaya berada di level rendah dan 3 berada di level tinggi.

Kata Kunci: HIRARC, Diagram *Fishbone*, *Pickling*.

ABSTRACT

An accident is an unexpected and unexpected event that results in suffering and material loss from the lightest to the heaviest. There are cases of accidents that occur during the pickling process at PT XYZ from minor to serious injuries. It is necessary to identify the factors that cause work accidents using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) and fishbone diagram approach. The aim of this research is to identify the factors that cause work accidents in the pickling section and continue this by carrying out risk mitigation and risk control. Based on the research results, it was found that in the pickling process at PT XYZ has 12 potential hazards with 9 potential at medium level and 3 potential at high level and the results of risk control using the HIRARC method can reduce the level of potential hazards in the pickling process, namely 9 potential hazards at low level and 3 at high level.

Keywords: HIRARC, *Fishbone Diagrams*, *Pickling*.

1. Pendahuluan

Kecelakaan adalah kejadian tidak terduga dan tidak diharapkan mengakibatkan penderitaan dan kerugian material dari paling ringan sampai paling berat [1];[2];[3]. Dua faktor yang menjadi penyebab utama yaitu adanya kelalaian manusia dan kondisi lingkungan yang tidak sesuai dengan standar keselamatan dan kesehatan kerja. Keselamatan dan kesehatan kerja adalah tindakan untuk meminimalisir terjadinya tindakan yang mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja, hal ini dapat terjadi pada setiap kondisi pekerjaan [4];[5];[6]. Upaya pengendalian risiko dalam lingkungan kerja, teknologi, dan besarnya risiko kecelakaan kerja tergantung dari jenis industri. Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan sebuah kondisi dari suatu pekerjaan yang baik, aman, dan sehat bagi lingkungan pekerjaan maupun sekitarnya [7];[8];[9]. Perusahaan dalam melakukan aktivitas produksi, harus bisa meminimalisir terjadinya suatu kondisi yang menjadi sumber bahaya. Sumber bahaya harus dapat diidentifikasi, di evaluasi kemudian dilakukan mitigasi untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) mampu mewujudkan budaya kerja yang baik, motivasi dan pembinaan terhadap karyawan akan pentingnya keselamatan kerja [10];[11];[12].

PT XYZ bergerak dibidang jasa industri untuk berbagai pekerjaan mengenai material logam, khususnya proses *Weld Overlay* dan *Lining* pada pipa baja karbon untuk keperluan industri. Masalah dari penelitian ini adalah berdasarkan data kecelakaan kerja di PT XYZ pada tahun 2022, diketahui terdapat beberapa kasus kecelakaan yang terjadi dalam proses *pickling*. Proses *pickling* adalah aktivitas merendam logam dasar kedalam larutan asam dalam waktu dan konsentrasi yang disesuaikan untuk pembersihan dan mendapatkan permukaan logam yang diinginkan. Kasus kecelakaan yang terjadi pada proses ini meliputi cedera ringan dan cedera berat. Beberapa diantaranya yaitu terjepit pipa, terkena bahan kimia, hingga paparan kebisingan. Kasus kecelakaan kerja yang terjadi pada proses *pickling* disebabkan oleh kurangnya kesadaran karyawan terhadap keselamatan kerja pada proses *pickling*. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan identifikasi faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja di bagian *pickling*, serta melanjutkannya dengan melakukan mitigasi risiko dan pengendalian risiko yang mungkin terjadi merupakan langkah yang sangat penting dalam upaya meningkatkan keamanan dan kesehatan kerja di lingkungan industri. Seiring dengan banyaknya kasus kecelakaan yang sering terjadi, dapat dilakukan analisis guna mengetahui faktor-faktor yang menimbulkan terjadinya risiko kecelakaan kerja. Upaya pengendalian risiko dari bahaya yang teridentifikasi yang diharapkan dapat meminimalisir tingkat kecelakaan kerja yang terjadi pada bagian *pickling*. Identifikasi terhadap faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) dan *fishbone* diagram.

Metode HIRARC merupakan rangkaian usaha pencegahan dan pengurangan potensi terjadinya kecelakaan kerja, menghindari dan meminimalkan risiko yang terjadi secara tepat dengan cara menghindari dan meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan kerja serta pengendaliannya dalam rangka melakukan proses kegiatan sehingga prosesnya menjadi aman [13];[14];[15]. Identifikasi bahaya, penilaian risiko dan pengendaliannya merupakan bagian sistem manajemen risiko yang merupakan dasar dari Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (SMK3), yang terdiri dari identifikasi bahaya (*hazard identification*), penilaian risiko (*risk assessment*) dan pengendalian risiko (*risk control*) [16];[17];[18]. Selain itu, penggunaan diagram *fishbone* dapat menunjukkan akar permasalahan dari suatu kecelakaan yang terjadi [19];[20];[21]. Penyebab yang dihasilkan tidak hanya penyebab langsung, melainkan juga penyebab tidak langsung yang mendukung terjadinya suatu kecelakaan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)*

Pelaksanaan K3 merupakan salah satu bentuk upaya mewujudkan tempat kerja yang aman, sehat, dan bebas polusi, guna mengurangi dan bebas dari kecelakaan dan penyakit akibat kerja, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) adalah salah satu upaya atau bentuk usaha yang wajib dilakukan oleh pekerja dalam proses melaksanakan pekerjaannya atau lingkungan kerja guna tercapainya keselamatan dan kesehatan kerja (K3) agar tujuan pekerjaan dilakukan tidak mengancam atau membahayakan dirinya. Selain itu, penerapan K3 merupakan salah satu bentuk upaya untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat, dan bebas polusi, guna mengurangi dan/atau bebas dari kecelakaan kerja dan penyakit terkait pekerjaan, sehingga meningkatkan lapangan kerja, efisiensi dan produktivitas [22];[23];[24].

2.2 *Kecelakaan Akibat Kerja*

Kecelakaan adalah suatu kejadian yang terjadi tiba-tiba dan tidak terduga, seringkali mengakibatkan cedera, kerusakan, atau bahkan kematian. Kecelakaan dapat terjadi dalam berbagai konteks, termasuk di jalan raya, lingkungan kerja, rumah, atau tempat lainnya. Kecelakaan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kesalahan manusia, kondisi lingkungan yang buruk, ketidakpatuhan terhadap peraturan keselamatan, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut. Oleh karena itu, keselamatan dan pencegahan kecelakaan menjadi sangat penting dalam upaya untuk mengurangi risiko terjadinya kecelakaan. Dalam konteks Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), upaya pencegahan kecelakaan melibatkan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan implementasi tindakan pengendalian risiko yang sesuai untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan di lingkungan kerja. Selain itu, pelatihan, kesadaran, dan pematuhan terhadap praktik keselamatan kerja juga merupakan faktor penting dalam mengurangi risiko kecelakaan.

Tujuan utama dari upaya pencegahan kecelakaan adalah melindungi keselamatan dan kesehatan individu serta mencegah kerusakan pada aset, properti, atau lingkungan [25];[26];[27]. Dalam banyak kasus, kecelakaan dapat dihindari atau risikonya dapat dikurangi melalui perencanaan, pemahaman akan bahaya, dan tindakan preventif yang tepat. Oleh karena itu, keselamatan dan pencegahan kecelakaan harus menjadi prioritas dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari, baik di jalan raya, di tempat kerja, maupun di lingkungan lainnya.

2.3 *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)*

Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) adalah proses yang digunakan dalam manajemen risiko dan keselamatan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai risiko yang terkait dengan bahaya tersebut, dan mengimplementasikan langkah-langkah pengendalian risiko [28];[29];[30]. Ini adalah bagian penting dari upaya untuk menjaga lingkungan kerja yang aman dan untuk melindungi karyawan serta aset perusahaan dari potensi bahaya atau kecelakaan. Tujuannya untuk mencegah terjadi kecelakaan kerja dengan meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja. aplikasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang efektif dapat dihasilkan melalui perencanaan yang baik, yang mencakup identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko. Variabel-variabel risiko akan di dapatkan dengan menggunakan metode HIRARC setelah itu penilaian risiko dan pengendalian risiko dapat dilakukan guna mengurangi paparan bahaya yang terdapat pada setiap proses pekerjaan. tiga langkah utama dalam HIRARC:

- a) Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*): Ini adalah langkah awal dalam HIRARC, di mana tim K3 atau personel yang terlibat mengidentifikasi semua potensi bahaya yang ada dalam aktivitas atau proses kerja. Bahaya ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk peralatan, bahan kimia, lingkungan kerja, tindakan manusia, dan faktor-faktor lainnya. Identifikasi bahaya harus komprehensif dan melibatkan pengumpulan informasi dari berbagai sumber, seperti studi literatur, pengamatan lapangan, dan wawancara dengan pekerja.
- b) Penilaian Risiko (*Risk Assessment*): Setelah bahaya diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menilai risiko yang terkait dengan masing-masing bahaya. Penilaian risiko melibatkan evaluasi sejauh mana bahaya tersebut dapat menyebabkan cedera atau kerugian, serta sejauh mana karyawan terpapar bahaya tersebut. Penilaian risiko sering menggunakan matriks risiko atau kriteria tertentu untuk menentukan tingkat risiko (misalnya, tinggi, sedang, rendah). Hasil penilaian risiko digunakan untuk memprioritaskan risiko dan menentukan langkah-langkah pengendalian yang diperlukan.

Tabel 1
Skala *Likelihood*

Skala	Uraian	Deskripsi
1	Sangat jarang terjadi	Almost never
2	Mungkin dapat terjadi	Unlikely
3	Kadang-kadang dapat terjadi	Possible
4	Sering terjadi	Likely
5	Selalu terjadi	Almost certain

Tabel 2
Skala *Severity*

Skala	Uraian	Deskripsi
1	Tidak mengganggu proses pekerjaan, tidak ada cedera/luka, kerugian finansial kecil,	Negligible
2	Penanganan P3, tidak terlalu memerlukan bantuan dari luar, kerugian finansial sedang	Minor
3	Mebutuhkan perawatan medis, terganggunya pekerjaan, kerugian finansial cukup besar	Moderate/Serious
4	Hilang hari kerja, cacat permanen/sebagian, kerusakan lingkungan yang sedang, kerugian finansial yang besar	Major
5	Meninggal dunia, cacat permanen/serius, kerusakan lingkungan yang parah, kerugian finansial yang sangat besar	Catastrophic

- c) Pengendalian Risiko (*Risk Control*): Setelah risiko dinilai, tindakan pengendalian risiko harus diambil untuk mengurangi atau menghilangkan bahaya atau risiko. Tindakan pengendalian risiko ini mencakup perubahan dalam prosedur kerja, pemilihan peralatan pelindung diri, pelatihan karyawan, pengawasan, perbaikan teknis, dan tindakan pengendalian lainnya yang sesuai. Kombinasi dari berbagai tindakan pengendalian risiko ini dapat membantu perusahaan mengurangi potensi bahaya dan risiko secara signifikan. Namun, penting untuk terus memantau dan meninjau tindakan pengendalian ini untuk memastikan bahwa mereka tetap efektif dan sesuai dengan perubahan yang mungkin terjadi di lingkungan kerja. Kesadaran, pemahaman, dan keterlibatan karyawan juga berperan penting dalam menjalankan tindakan pengendalian risiko dengan baik. Tujuan utama dari tindakan pengendalian risiko adalah mengurangi atau menghilangkan potensi bahaya sehingga risiko kerja menjadi lebih rendah. Ini adalah langkah yang sangat penting dalam menjaga keselamatan dan kesehatan karyawan, melindungi aset perusahaan, dan mematuhi peraturan keselamatan dan lingkungan yang berlaku.

		Consequences				
		Insignificant (1) No injuries / minimal financial loss	Minor (2) First aid treatment / medium financial loss	Moderate (3) Medical treatment / high financial loss	Major (4) Hospitalable / large financial loss	Catastrophic (5) Death / massive financial loss
Likelihood	Almost Certain (5) Often occurs / once a week	Moderate (5)	High (10)	High (15)	Catastrophic (20)	Catastrophic (25)
	Likely (4) Could easily happen / once a month	Moderate (4)	Moderate (8)	High (12)	Catastrophic (16)	Catastrophic (20)
	Possible (3) Could happen or known it to happen / once a year	Low (3)	Moderate (6)	Moderate (9)	High (12)	High (15)
	Unlikely (2) Hasn't happened yet but could / once every 10 years	Low (2)	Moderate (4)	Moderate (6)	Moderate (8)	High (10)
	Rare (1) Conceivable but only on extreme circumstances / once in 100 years	Low (1)	Low (2)	Low (3)	Moderate (4)	Moderate (5)

Gambar. 1. Risk Matrix

Dengan mengikuti pendekatan HIRARC secara sistematis, perusahaan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, melindungi karyawan, dan mengurangi risiko terjadinya kecelakaan. HIRARC juga membantu dalam pengembangan program keselamatan kerja yang efektif dan efisien, serta memastikan bahwa tindakan pengendalian risiko yang diambil sesuai dengan tingkat risiko yang teridentifikasi.

2.4 Fishbone Diagram

Diagram *fishbone*, juga dikenal sebagai diagram Ishikawa atau diagram tulang ikan (*fishbone diagram* atau Ishikawa diagram), adalah alat visual yang digunakan untuk menggambarkan penyebab-penyebab atau faktor-faktor yang berhubungan dengan suatu permasalahan atau masalah tertentu secara grafik dan terstruktur [31];[32];[33]. Diagram ini ditemukan oleh Kaoru Ishikawa, seorang ahli manajemen kualitas asal Jepang, dan sering digunakan dalam berbagai bidang, termasuk manufaktur, bisnis, dan bidang lainnya, sebagai alat analisis dan perbaikan. Ciri khas dari diagram fishbone adalah bentuknya yang menyerupai tulang ikan, dengan garis tengah yang menggambarkan masalah atau permasalahan yang akan diidentifikasi penyebab-penyebabnya. Garis ini kemudian bercabang menjadi "tulang" yang mewakili kategori atau faktor-faktor potensial yang dapat menyebabkan masalah tersebut. Faktor-faktor ini sering dikelompokkan dalam beberapa kategori utama, yang bisa disesuaikan dengan konteks masalahnya. kategori yang umum digunakan dalam diagram fishbone meliputi:

- Man* (Manusia): Faktor-faktor yang terkait dengan peran manusia, seperti keterampilan, pelatihan, atau perilaku
- Machine* (Mesin): Faktor-faktor yang terkait dengan peralatan atau mesin yang digunakan dalam proses
- Method* (Metode): Faktor-faktor yang terkait dengan prosedur atau metode kerja
- Material* (Bahan): Faktor-faktor yang terkait dengan bahan atau materi yang digunakan dalam proses
- Measurement* (Pengukuran): Faktor-faktor yang terkait dengan pengukuran atau pemantauan
- Environment* (Lingkungan): Faktor-faktor yang terkait dengan kondisi lingkungan atau faktor eksternal lainnya

Setiap "tulang" kategori, Anda dapat menambahkan cabang-cabang tambahan yang menggambarkan penyebab khusus atau faktor-faktor yang lebih rinci. Ini membantu dalam mengidentifikasi penyebab potensial masalah dan memberikan pandangan yang lebih mendalam tentang akar masalahnya. Diagram *fishbone* adalah alat yang berguna dalam analisis penyebab-masalah (*root cause analysis*) dan perbaikan proses. Dengan menyajikan penyebab-penyebab potensial secara visual, tim atau individu dapat lebih mudah mengidentifikasi faktor-faktor yang perlu diatasi atau diperbaiki untuk mengatasi masalah tersebut.

3. Metode Penelitian

Peneliti melakukan studi literatur dan observasi lapangan sebagai studi pendahuluan. Studi literatur merupakan studi kepustakaan dengan melihat referensi-referensi penelitian yang serupa sebagai dasar dilaksanakannya penelitian ini. Observasi lapangan berguna sebagai referensi penelitian, dengan dilakukannya observasi lapangan, peneliti dapat menemukan masalah-masalah yang terjadi pada perusahaan serta dapat mengidentifikasi risiko kecelakaan kerja pada perusahaan tersebut.

Dalam penelitian ini menggunakan 2 metode. Sebelum menggunakan metode dilakukan teknik pengumpulan data dimana digunakan untuk mendapatkan informasi dan data agar tujuan penelitian dapat dicapai. Berikut adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini: observasi, *brainstorming*, kuisioner, dan dokumentasi. Untuk mengetahui nilai dari seberapa sering terjadinya (*likelihood*) dan seberapa tinggi tingkat keparahan (*severity*) yang ada pada setiap kejadian atau setiap potensi bahaya, peneliti melakukan wawancara (*brainstorming*) kepada kepala bagian *pickling* di PT XYZ. Selanjutnya teknik pengolahan data merupakan tahap lanjutan dari pengumpulan dan identifikasi data yang telah diperoleh. Maka teknik pengolahan dan analisis data ditunjukkan untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya kecelakaan dengan menggunakan metode yang tepat. Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengolahan dan analisis data dengan HIRARC: Identifikasi penyebab kecelakaan dengan metode *hazard identification*, perhitungan nilai risiko dengan skala *severity* dan *likelihood*, serta menentukan nilai risiko berdasarkan *risk matrix*, sedangkan langkah tambahan menggunakan *fishbone* untuk membantu menentukan faktor, dan yang terakhir penentuan rekomendasi usulan-usulan perbaikan dengan *risk control*.

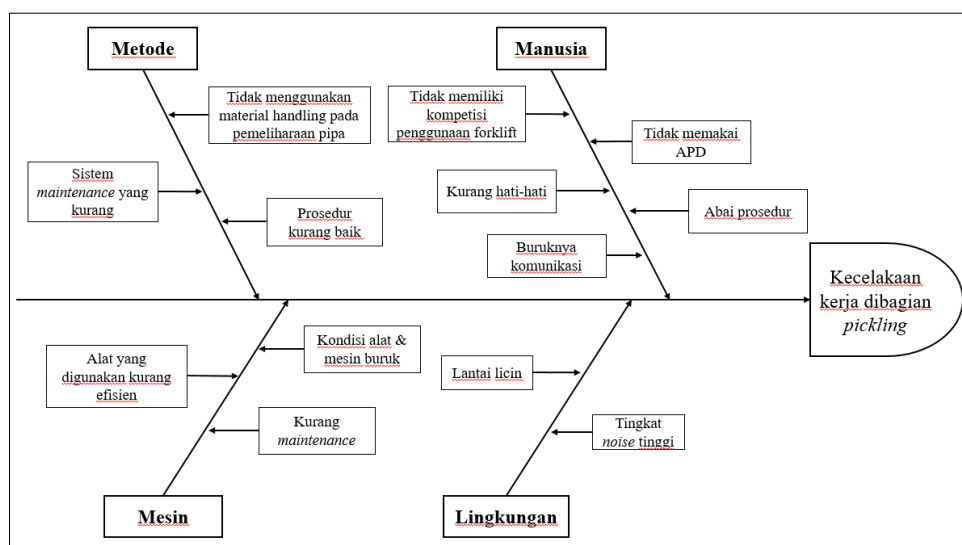
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Temuan Potensi Bahaya (*Risk Level*)

Hasil dari penilaian risiko terhadap keselamatan dan kesehatan kerja dengan menggunakan metode HIRARC sesuai dengan perangkaan yang telah dilakukan dengan menggunakan kemungkinan (*Likelihood*) dan keparahan (*Consequences*) yang kemudian disimpulkan dengan menggunakan matriks risiko (*Risk Matrix*) yaitu disimpulkan pada point temuan potensi bahaya (*Risk Level*). Setelah dilakukannya serangkaian analisis menggunakan metode HIRARC maka dapat ditemukan potensi bahaya pada bagian *pickling*. Pada bagian *pickling* di PT XYZ memiliki rata-rata potensi bahaya (*risk level*) sedang yaitu dengan dibuktikan dari hasil pengalian antara kemungkinan serta keparahan yang hasilnya yaitu 9, dengan nilai kemungkinan 3 dan keparahan 3. Untuk *probability* masuk dalam level 3, yang berarti kategori sedang, yang berarti kecelakaan terjadi sekali setahun. Sedangkan untuk keterangan angka 3 pada tabel keparahan, termasuk dalam kriteria serius yang berarti bisa terjadi cedera berat tetapi tidak menimbulkan cacat tetap serta kerugian finansial sedang dan kerugian hilangnya hari kerja di bawah 3 hari. Hal ini juga berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan oleh peneliti selama 3 bulan kepada *expert judgment* di PT XYZ.



Gambar. 2. Matrix Penilaian Risiko



Gambar. 3. Diagram fishbone Bagian Pickling

4.2 Pengendalian Risiko terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Tindakan pencegahan yang dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja di masa yang akan datang, yaitu dengan cara sebagai berikut:

Tabel 3
 Pengendalian Risiko pada Proses Pickling

No	Proses	Hazard	Pengendalian	L	C	R	Level
1	Menempatkan pipa ke rak pencucian dengan OHC	Tertimpa & terbentur saat pengangkatan pipa	Operator OHC harus kompeten dan memiliki SIO forklift	2	3	6	sedang
2	Memasukan Chemical (Derustit 4021) ke wadah	Terhirup chemical	Operator menggunakan respirator khusus chemical	2	2	4	rendah
		Terkena chemical	Menggunakan sarung tangan karet	2	2	4	rendah
3	Memasukan Chemical ke dalam pipa	Tangan terkena chemical dan terhirup chemical	Menggunakan masker dan sarung tangan karet	2	2	4	rendah
		Terpeleset	Pastikan area kerja bersih dari genangan air	2	2	4	rendah
4	Membersihkan pipa dengan Brush	Terkena percikan chemical	Menggunakan masker dan sarung tangan karet	2	2	4	rendah
		Terjepit pipa	Komunikasi <i>team</i>	2	2	4	rendah

No	Proses	Hazard	Pengendalian	L	C	R	Level
		Terpeleset	Pastikan area kerja bersih dari genangan air	2	2	4	rendah
5	Mencuci pipa dengan air bertekanan	Terkena air bertekanan	Komunikasi <i>team</i>	2	2	4	rendah
6	Mengeringkan pipa dengan kompresor	Paparan kebisingan	Menggunakan ear plug/earmuff	2	2	4	rendah
7	Menggulingkan pipa	Tangan terjepit pipa	Menggunakan APD dan berkomunikasi <i>team</i>	2	3	6	Sedang
8	Mengangkat pipa dengan OHC	Tertimpa pipa	Operator OHC harus kompeten dan memiliki SIO forklift	2	3	6	sedang

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pengendalian risiko pada proses *pickling* di PT XYZ didapatkan: nilai risiko bahayanya menurun dari sebelum adanya pengendalian, nilai risiko bahaya sebelumnya yaitu berada di rata rata level sedang, setelah pengendalian nilai rata rata risiko bahayanya menjadi rendah yaitu didapati 9 nilai risikonya rendah dan 3 nilai risikonya sedang. Nilai ini dihasilkan dari nilai kemungkinan di kali dengan nilai keparahan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa pada proses *pickling* di PT XYZ terdapat 12 potensi bahaya dengan 9 potensi bahaya yang berada di level sedang dan 3 potensi bahaya berada di level tinggi dan hasil pengendalian risiko terhadap keselamatan dan kesehatan kerja dengan menggunakan metode *Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) sudah dapat mengurangi tingkat potensi bahaya pada proses *pickling* yaitu menjadi 9 potensi bahaya berada di level rendah dan 3 berada di level tinggi.

Pustaka

- [1] B. Abdelwahed, "A review on building progressive collapse, survey and discussion," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 11, 2019, doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00264.
- [2] M. Manganta *et al.*, "Traffic Accident Rate in Makassar City To cite this version : HAL Id : hal-03090307 Traffic Accident Rate in Makassar City," vol. 8, no. 4, pp. 150–154, 2021.
- [3] A. R. Kristiawan Rolan, "Faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja pada area penambangan batu kapur unit alat berat pt. semen padang.," *J. Bina Tambang*, vol. 5, no. 2, pp. 11–21, 2019.
- [4] M. Jahangoshai Rezaee, S. Yousefi, M. Eshkevari, M. Valipour, and M. Saberi, "Risk analysis of health, safety and environment in chemical industry integrating linguistic FMEA, fuzzy inference system and fuzzy DEA," *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, vol. 34, no. 1, pp. 201–218, 2020, doi: 10.1007/s00477-019-01754-3.
- [5] J. Min, Y. Kim, S. Lee, T. W. Jang, I. Kim, and J. Song, "The Fourth Industrial Revolution and Its Impact on Occupational Health and Safety, Worker's Compensation and Labor Conditions," *Saf. Health Work*, vol. 10, no. 4, pp. 400–408, 2019, doi: 10.1016/j.shaw.2019.09.005.
- [6] I. Mindhayani, "Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Metode Hazop Dan Pendekatan Ergonomi (Studi Kasus: UD. Barokah Bantul)," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 31–38, 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3544.
- [7] J. O. Crawford *et al.*, "Musculoskeletal health in the workplace," *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.*, vol. 34, no. 5, 2020, doi: 10.1016/j.berh.2020.101558.
- [8] A. Woźny, "Selected problems of managing work safety - Case study," *Prod. Eng. Arch.*, vol. 26, no. 3, pp. 99–103, 2020, doi: 10.30657/pea.2020.26.20.

- [9] T. N. Sari, M. Pradipto, and S. Hartini, "Sosialisasi Perbaikan Metode Kerja Dengan Prinsip 5S Berdasarkan Identifikasi Hazard Di CV. Epen Garage X Azizskip," *JATI EMAS (Jurnal Apl. Tek. dan Pengabd. Masyarakat)*, vol. 5, no. 1, p. 9, 2021, doi: 10.36339/je.v5i1.378.
- [10] R. Azzemou and M. Nouredine, "Applying Sustainable Model for Behavior Prevention during and Post COVID-19 Crisis," *Int. J. Occup. Environ. Saf.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–10, 2022, doi: 10.24840/2184-0954_006.002_0001.
- [11] E. Belage, S. L. Croyle, A. Jones-Bitton, S. Dufour, and D. F. Kelton, "A qualitative study of Ontario dairy farmer attitudes and perceptions toward implementing recommended milking practices," *J. Dairy Sci.*, vol. 102, no. 10, pp. 9548–9557, 2019, doi: 10.3168/jds.2018-15677.
- [12] E. S. A. Zebua, E. Telaumbanua, and A. Lahagu, "Pengaruh Program Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Motivasi Kerja Karyawan Pada Pt. Pln (Persero) Up3 Nias," *J. EMBA*, vol. 10, no. 4, pp. 1417–1435, 2022.
- [13] I. P. A. Brihaspati, "HSSE (Health , Safety , Security , and Environment) Knowledge Program Prioritization Using Kepner-Tregoe Model in PT . Pertamina EP Regional 2 Zone 7," vol. 8, no. 5, pp. 76–87, 2023.
- [14] J. Mahaboon, S. Yimthiang, D. Waeyeng, and S. Darnkachatarn, "Hazard Identification and Job Safety Analysis for Improving Occupational Health and Safety in Fishing Net Sinking Process in Southern Thailand," *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 14, no. 4, pp. 201–211, 2022, doi: 10.30880/ijie.2022.14.04.015.
- [15] M. T. Santa Yoviana Putri, dan Fuad Mahfud Assidiq S.T., "Analisa Bahaya dan Risiko Kecelakaan Kerja pada Pemeliharaan Alat Container Crane (CC)," *Semin. Sains dan Teknol. Kelaut.*, no. November, pp. 45–49, 2021.
- [16] M. Niciejewska and O. Kiriliuk, "Occupational health and safety management in 'small size' enterprises, with particular emphasis on hazards identification," *Prod. Eng. Arch.*, vol. 26, no. 4, pp. 195–201, 2020, doi: 10.30657/pea.2020.26.34.
- [17] I. B. Utne, B. Rokseth, A. J. Sørensen, and J. E. Vinnem, "Towards supervisory risk control of autonomous ships Nomenclature AUV-Autonomous Underwater Vehicles BBN-Bayesian Belief Network CPT-Conditional Probability Tables DP-Dynamic Positioning HMI-Human Machine Interface LoA-Level of Autonomy MASS-Maritime Autonomous Surface Ships PMS-Power Management System PV-Process Variables RIF-Risk Influencing Factor ROV-Remotely Operated Vehicle SA-Situation awareness SC-Safety Constraint," pp. 1–34, 2020.
- [18] T. Saputro and D. Lombardo, "Metode Hazard Identification, Risk Assessment And Determining Control (HIRADC) Dalam Mengendalikan Risiko Di PT. Zae Elang Perkasa," *J. Baut dan Manufaktur*, vol. 03, no. 1, pp. 23–29, 2021.
- [19] C. Botezatu, I. Condrea, B. Oroian, A. Hrițuc, M. Ețcu, and L. Slătineanu, "Use of the Ishikawa diagram in the investigation of some industrial processes," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 682, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/682/1/012012.
- [20] M. Yan, W. Chen, J. Wang, M. Zhang, and L. Zhao, "Characteristics and causes of particularly major road traffic accidents involving commercial vehicles in China," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 8, 2021, doi: 10.3390/ijerph18083878.
- [21] A. K. Julianto and A. Nugroho, "Analisis Kegagalan Rem Kendaraan Penumpang Menggunakan Metode Fishbone Di Bengkel Berkah Mandiri Semarang," *J. Fak. Tek. Univ. Wahid Hasyim*, vol. 1, no. 1, pp. 115–121, 2021.
- [22] B. Madhushree, "Plight of animals in human hands," *Int. J. Multidiscip. Educ. Res.*, vol. 9, no. 7, pp. 104–112, 2020.
- [23] D. Gowda V *et al.*, "Industrial quality healthcare services using Internet of Things and fog computing approach," *Meas. Sensors*, vol. 24, no. September, p. 100517, 2022, doi: 10.1016/j.measen.2022.100517.

- [24] A. Wahid, M. Munir, and A. R. Hidayatulloh, "Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC PT. SPI," *J. Ind. View*, vol. 2, no. 2, pp. 45–52, 2020, doi: 10.26905/4880.
- [25] C. Park, W. Shi, W. Zhang, C. Kontovas, and C. H. Chang, "Cybersecurity in the maritime industry: A literature review," *20th Commem. Annu. Gen. Assem. AGA 2019 - Proc. Int. Assoc. Marit. Univ. Conf. IAMUC 2019*, pp. 79–86, 2019.
- [26] K. Ostad-Ali-Askari, "Management of risks substances and sustainable development," *Appl. Water Sci.*, vol. 12, no. 4, pp. 1–23, 2022, doi: 10.1007/s13201-021-01562-7.
- [27] A. A. Cholil, S. Santoso, T. R. Syahrial, E. C. Sinulingga, and R. H. Nasution, "Penerapan Metode Hiradc Sebagai Upaya Pencegahan Risiko Kecelakaan Kerja Pada Divisi Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap," *J. Bisnis dan Manaj. (Journal Bus. Manag.)*, vol. 20, no. 2, pp. 41–64, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.uns.ac.id/jbm/article/view/54633>
- [28] M. Ismail Iqbal, O. Isaac, I. Al Rajawy, S. Khuthbuddin, and A. Ameen, "Hazard identification and risk assessment with controls (HIRAC) in oil industry-A proposed approach," *Mater. Today Proc.*, vol. 44, no. March, pp. 4898–4902, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.11.800.
- [29] C. F. Wong, F. Y. Teo, A. Selvarajoo, O. K. Tan, and S. H. Lau, "Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) for Mengkuang Dam Construction," *Civ. Eng. Archit.*, vol. 10, no. 3, pp. 762–770, 2022, doi: 10.13189/cea.2022.100302.
- [30] N. I. Mardlotillah, "Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Area Confined Space," *Higeia*, vol. 4, no. Special 1, pp. 315–327, 2020, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/higeia%0AManajemen>
- [31] Z. Xu and Y. Dang, "Automated digital cause-and-effect diagrams to assist causal analysis in problem-solving: a data-driven approach," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 17, pp. 5359–5379, 2020, doi: 10.1080/00207543.2020.1727043.
- [32] J. Aust and D. Pons, "A systematic methodology for developing bowtie in risk assessment: Application to borescope inspection," *Aerospace*, vol. 7, no. 7, 2020, doi: 10.3390/AEROSPACE7070086.
- [33] Andri Nasution and Meilani Aritonang, "Analisis Penyebab Timbulnya Cacat Dan Solusi Perbaikan Pada Produk Jerry Can Menggunakan Fault Tree Analysis (Studi Kasus Di PT. ACI)," *Talent. Conf. Ser. Energy Eng.*, vol. 2, no. 3, 2019, doi: 10.32734/ee.v2i3.777.