

Analisis Potensi Bahaya dan Resiko dengan Metode HIRARC di Industri Semen

Annisa Maulidya*, Taufiq Ihsan

Departemen Teknik Lingkungan, Universitas Andalas, Padang

*Koresponden email: annisamaulidya@eng.unand.ac.id

Diterima: 30 Juli 2025

Disetujui: 13 Agustus 2025

Abstract

Hazard identification is a crucial factor in assessing potential risks that may arise from work activities. When conducting a hazard risk assessment using the HIRARC method, it is essential to outline the stages of activity, the likelihood of occurrence, and the severity to evaluate the level of risk involved. Through risk observation and evaluation, the extent of risks that could lead to work-related accidents can be determined. This study aims to identify potential hazards, assess risks, and implement risk controls applicable in the Indarung IV area of PT Semen Padang. The findings indicate that the kiln coal mill and cement mill areas are high-risk zones. In the kiln coal mill area, there are 10 potential hazards, with 8 activities classified as moderate risk and 2 as high risk. In the cement mill area, 5 potential hazards were identified, along with 3 moderate-risk activities and 2 high-risk activities. Risk control measures include the use of personal protective equipment (PPE) appropriate to the hazards, such as earplugs in the kiln coal mill area and masks in the cement mill area; the implementation of work procedures; and supervision during the work process.

Keywords: *hazard identification, risk assessment, risk control, hirarc, cement industry*

Abstrak

Identifikasi bahaya merupakan salah satu faktor penting untuk mengetahui potensi resiko yang dapat terjadi akibat suatu aktivitas pekerjaan. Dalam melakukan penilaian resiko bahaya dengan metode HIRARC membutuhkan tahapan kegiatan, peluang kejadian, dan tingkat keparahan sehingga level resiko yang dapat terjadi dapat ditentukan. Melalui observasi dan evaluasi resiko bisa menentukan besarnya resiko yang berdampak pada kecelakaan kerja. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi bahaya, penilaian resiko, dan pengendalian resiko yang dapat dilakukan di area Indarung IV PT. Semen Padang. Hasil penelitian menunjukkan pada area *kiln coal mill* dan *cement mill* merupakan area yang memiliki resiko tinggi. Pada area *kiln coal mill* ditemukan sebanyak 10 potensi bahaya, 8 kegiatan dengan resiko moderate dan 2 kegiatan dengan resiko tinggi. Pada area *cement mill* ditemukan sebanyak 5 potensi bahaya, 3 kegiatan dengan resiko moderate dan 2 kegiatan dengan resiko tinggi. Pengendalian resiko yang dilakukan berupa penggunaan APD yang sesuai dengan jenis bahaya seperti penggunaan earplug pada area *kiln coal mill* dan penggunaan masker pada area cement mill, pelaksanaan prosedur atau instruksi kerja dan melakukan pengawasan selama proses pekerjaan.

Kata Kunci: *Identifikasi bahaya, penilaian resiko, pengendalian resiko, hirarc, industri semen*

1. Pendahuluan

Dalam melakukan pekerjaan pada suatu industri seringkali terjadi kesalahan dan kelalaian yang dapat memperbesar peluang resiko yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja. Hal ini dapat mengganggu produktivitas pekerja dan industri sehingga diperlukan suatu penilaian resiko untuk pencegahan kecelakaan. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan suatu pendekatan multidisiplin yang bertujuan untuk mengenali, menilai, dan mengendalikan potensi bahaya di lingkungan kerja maupun yang ditimbulkan oleh aktivitas kerja, guna melindungi kesehatan dan kesejahteraan para pekerja. Penilaian risiko bahaya kerja merupakan salah satu langkah kunci dalam menangani masalah analisis risiko K3 [1].

Menurut data dari BPJS Ketenagakerjaan Republik Indonesia, jumlah kasus kecelakaan kerja di Indonesia menunjukkan tren peningkatan setiap tahunnya sejak 2016 hingga 2022. Pada tahun 2016, tercatat sebanyak 101.367 kasus kecelakaan kerja. Jumlah ini meningkat menjadi 123.040 kasus pada tahun 2017, lalu naik lagi menjadi 173.415 kasus pada tahun 2018. Pada tahun 2019, angka tersebut bertambah menjadi 182.835 kasus. Tren kenaikan terus berlanjut pada tahun 2020 dengan 221.740 kasus, kemudian menjadi 234.370 kasus pada tahun 2021, dan mencapai puncaknya pada tahun 2022 dengan total 297.725

kasus. Tingginya angka kecelakaan dapat dianalisis dengan mengidentifikasi setiap proses yang beresiko menggunakan metode HIRARC [2].

Penilaian potensi bahaya dilakukan dengan cara observasi dan wawancara. Observasi dilakukan dengan survei ke lapangan ke area studi yaitu kiln coal mill dan cement mill. Wawancara dilakukan kepada *key informan* yang bertugas sebagai *supervisor* dan operator di area studi. Berdasarkan hasil survei awal, diperoleh informasi kecelakaan kerja yang pernah terjadi di area studi seperti pekerja terjatuh dari ketinggian yaitu lantai 2 area Siklon preheater pada tahun 2021, pekerja tersandung dan terjatuh di lantai kerja, dan pekerja sesak napas akibat debu di area kerja. Pengumpulan data awal menunjukkan perlu dilakukan identifikasi bahaya, penilaian resiko, dan pengendalian resiko di area PT. Semen Padang untuk mengurangi angka kecelakaan kerja yang terjadi.

Dalam segi K3, insiden yang tidak terduga atau tidak diharapkan dalam kegiatan industri sering kali menjadi penyebab kecelakaan kerja. Dengan memberikan perlindungan fisik dan psikologis kepada setiap karyawan, tujuan utama penerapan K3 yaitu terciptanya lingkungan kerja yang aman dan sehat, demi meningkatnya produktivitas [3]. Produktivitas karyawan akan meningkat di tempat kerja yang aman dan sehat, yang selanjutnya akan memengaruhi efektivitas organisasi [4]. Kinerja karyawan dan produktivitas bisnis akan dipengaruhi oleh penerapan program keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang efisien [5].

2. Metode Penelitian

Desain Studi dan Partisipan

Penelitian ini merupakan studi kualitatif yang dilaksanakan di salah satu perusahaan semen yang berlokasi di Sumatera Barat, Indonesia. Subjek dalam penelitian ini mencakup seluruh pekerja yang berada di area *kiln coal mill* dan *cement mill*. Pengumpulan data dilakukan melalui metode observasi dan wawancara, di mana wawancara akan dilakukan terhadap para supervisor serta para pekerja di area tersebut. Pekerja di area PT. Semen Padang ini adalah pekerja tetap yang memiliki *shift kerja* secara bergantian (sistem *rolling*) sehingga semua pekerja pernah berada di *shift* pagi, *shift* siang atau *shift* malam.

Instrumen Studi

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini mencakup informasi mengenai kasus kecelakaan kerja, alur atau tahapan proses kerja di area *kiln coal mill* dan *cement mill*, jumlah tenaga kerja yang terlibat, serta literatur atau referensi ilmiah yang mendukung jalannya penelitian.. Sementara data primer meliputi observasi (kegiatan identifikasi bahaya atau potensi terjadinya bahaya, pencatatan proses dan prosedur kerja) dan wawancara untuk memperoleh informasi terkait proses analisis dan evaluasi dengan metode HIRARC. Wawancara yang dilakukan terhadap supervisor dan pekerja bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai faktor-faktor yang menjadi penyebab munculnya bahaya, seberapa sering bahaya tersebut terjadi, serta sejauh mana tingkat keparahan dari bahaya yang dimaksud.

$$Risk Level = Likelihood \times Severity \quad \text{Pers. 1}$$

dimana :

Risk level : Level resiko (sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah)
Likelihood : Peluang terjadinya resiko / kemungkinan terjadinya resiko
Severity : Tingkat keparahan resiko.

Analisis Data

Analisis data dilakukan berdasarkan ketentuan *likelihood*, *severity* dan *risk level* pada metode HIRARC. Berikut ketentuan *likelihood* berdasarkan metode HIRARC. Menurut [6] HIRARC adalah pendekatan terstruktur untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko serta teknik pengendalian risiko yang diterapkan dalam menilai seluruh proses maupun operasi secara terstruktur. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa setiap potensi bahaya dapat dikenali, risiko yang timbul dapat diminimalkan dan langkah-langkah pengendalian yang tepat dapat diterapkan untuk mengurangi risiko tersebut. Melalui penerapan HIRARC, variabel-variabel risiko dalam suatu aktivitas kerja dapat diidentifikasi secara mendetail. **Tabel 1** dan **2** berikut menjabarkan sistem penilaian yang ada pada Australia Standard/ New Zealand Standard No 4360 (AS/NZS 4360).

Tabel 1. Metode Penilaian Resiko Berdasarkan *Likelihood*

Tingkat	Kategori	Uraian
1	Jarang (<i>Rare</i>)	Suatu kejadian yang kemungkinan terjadinya sangat kecil dan hanya muncul dalam situasi luar biasa atau setelah waktu yang sangat lama.
2	Tidak Mungkin (<i>Unlikely</i>)	Kejadian yang kecil kemungkinan terjadi, dan hanya muncul dalam kondisi tertentu saja.
3	Sedang (<i>Moderate</i>)	Kejadian yang bisa muncul dalam beberapa kondisi tertentu.
4	Mungkin (<i>Likely</i>)	Kejadian yang berpotensi terjadi dalam hampir semua kondisi.
5	Hampir Pasti (<i>Almost Certain</i>)	Kejadian yang sangat mungkin terjadi dalam setiap kondisi atau dalam semua aktivitas industri/usaha.

Sumber : AS/NZS 4360

Tabel 2. Metode Penilaian Resiko Berdasarkan *Severity*

Tingkat	Kategori	Uraian
1	Tidak Signifikan (<i>Insignificant</i>)	Tidak menimbulkan cedera dan/atau kerugian materi yang sangat kecil.
2	Ringan (<i>Minor</i>)	Memerlukan pertolongan pertama dan/atau menyebabkan kerugian materi dengan tingkat sedang.
3	Sedang (<i>Moderate</i>)	Memerlukan penanganan medis yang menyebabkan waktu istirahat sementara dan/atau menimbulkan kerugian materi yang cukup besar.
4	Berat (<i>Major</i>)	Mengakibatkan cacat fisik permanen dan/atau menghentikan proses produksi serta/atau menyebabkan kerugian materi yang besar.
5	Bencana (<i>Catastrophe</i>)	Menyebabkan kematian dan/atau mengakibatkan kerugian materi yang sangat besar.

Sumber : AS/NZS 4360

Tabel 3. Matriks Nilai Resiko

Matriks Analisis Resiko			Tingkat Kemungkinan (<i>Likelihood</i>)				
			1	2	3	4	5
			<i>Rare</i>	<i>Unlikely</i>	<i>Moderate</i>	<i>Likely</i>	<i>Almost Certain</i>
Tingkat keparahan (Severity)	1	<i>Insignificant</i>	1	2	3	4	5
	2	<i>Minor</i>	2	4	6	8	10
	3	<i>Moderate</i>	3	6	9	12	15
	4	<i>Major</i>	4	8	12	16	20
	5	<i>Catastrophe</i>	5	10	15	20	25

Sumber : AS/NZS 4360

Tabel 4. Skor Resiko, Kategori, dan Tindakan

Risk Score	Kategori	Indikator Warna	Tindakan
>16	Sangat Tinggi / Ekstrem	Merah Tua	Tindakan pengendalian bahaya harus dilakukan segera dan menjadi prioritas utama karena bersifat darurat.
10-16	Tinggi	Merah	Tindakan pengendalian bahaya perlu segera dilaksanakan dan diprioritaskan secepat mungkin
5-9	Sedang	Kuning	Perlu disusun rencana pengendalian bahaya yang terstruktur dan dilakukan sesuai jadwal.
0-4	Rendah	Hijau	Risiko dapat diterima; tidak memerlukan tindakan pengendalian khusus, namun tetap perlu pemantauan rutin.

Sumber : AS/NZS 4360

3. Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya adalah proses untuk mengungkap dan memahami seluruh aktivitas yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja dalam suatu lingkungan industri. Identifikasi bahaya merupakan upaya untuk mendeteksi dan memahami keberadaan potensi bahaya dalam suatu sistem, baik itu pada peralatan, unit kerja, maupun prosedur, yang dapat menjadi penyebab kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja di lingkungan kerja. Proses ini mencakup penelaahan untuk menemukan sumber bahaya dalam setiap bagian sistem dan subsistem, serta pada setiap urutan aktivitas, sekaligus memperkirakan kemungkinan terjadinya dan dampak yang mungkin ditimbulkan dari bahaya tersebut [7]. Analisis bahaya dilakukan dengan mengamati seluruh proses atau area dari setiap aktivitas, serta mengidentifikasi sebanyak mungkin aspek yang berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan kerja pada tiap proses atau area yang telah ditentukan, baik dalam kondisi normal, tidak normal, keadaan darurat, maupun saat kegiatan pemeliharaan berlangsung [8]. Identifikasi bahaya di area *kiln coal mill* dan *cement mill* dilakukan dengan melakukan observasi dan wawancara kepada pekerja. Berikut adalah hasil identifikasi bahaya area *kiln coal mill* dan *cement mill*.

Tabel 5. Identifikasi Bahaya Area *Kiln Coal Mill*

No	Kegiatan	Potensi Bahaya	Resiko
1	Pembersihan area dan alat <i>suspension preheater</i>	Ledakan / Kebakaran	Luka bakar
2	Pembersihan dan penyetelan alat <i>bin fine coal 4K2</i>	Kebakaran Terjatuh, tergelincir	Luka bakar Cidera, keseleo
3	Perbaikan peralatan dan pengecekan <i>silo clinker</i>	Bekerja di ketinggian	Luka sedang, patah tulang
4	Pembersihan area kerja <i>coal mill</i>	Tersandung	Patah, terkilir

Tabel 6. Identifikasi Bahaya Area *Cement Mill*

No	Kegiatan	Potensi Bahaya	Resiko
1	Pemeriksaan jalur kabel power	Kebakaran, bekerja di ketinggian, debu	Luka bakar, patah, gangguan pernafasan
2	Perbaikan peralatan elevator	Terbentur dengan tangga	Luka sedang
3	Pembersihan dan perawatan alat <i>silo cement</i>	Bekerja di ketinggian, debu	Luka sedang, gangguan pernafasan
4	Pembersihan area kerja <i>cement mill</i>	Tersandung	Patah, terkilir

Penilaian Resiko

Penilaian risiko adalah suatu metode yang digunakan untuk mengukur tingkat risiko dalam suatu aktivitas kerja. Pengukuran ini umumnya didasarkan pada seberapa besar kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja serta besarnya dampak atau konsekuensi yang ditimbulkan akibat kecelakaan tersebut [9]. Tingkat risiko mencakup kategori dari yang paling rendah hingga yang paling tinggi atau parah, tergantung pada cara penanganannya. Penilaian risiko dilakukan dengan menghitung skor risiko, yaitu hasil perkalian antara tingkat kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*) dari setiap potensi bahaya yang teridentifikasi [10].

Pengendalian Resiko

Salah satu langkah penting dalam pengelolaan risiko secara menyeluruh adalah menangani potensi bahaya yang mungkin timbul di lingkungan kerja. Penanganan ini diawali dengan melakukan penilaian terhadap tingkat bahaya, yang kemudian menjadi dasar dalam menentukan strategi pengendalian risiko melalui pendekatan yang dikenal sebagai hirarki pengendalian risiko [11]. Pengendalian risiko dapat dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). (1) Eliminasi: Menghilangkan sumber bahaya sepenuhnya sehingga dampaknya tidak ada, atau risiko menjadi nol; (2) Substitusi: Mengganti bahan, peralatan, sistem, atau prosedur yang berbahaya dengan alternatif yang lebih aman atau memiliki tingkat risiko yang lebih rendah; (3) Rekayasa Teknik (*Engineering Control*): Melakukan perubahan atau modifikasi desain untuk menghilangkan atau mengurangi bahaya, misalnya dengan memperbaiki sistem ventilasi, menambahkan pelindung mesin, atau mengurangi tingkat kebisingan; (4) Pengendalian Administratif: Menetapkan kebijakan, prosedur, dan sistem kerja yang mendukung keselamatan kerja,

seperti pemasangan rambu keselamatan, pengaturan jadwal kerja atau *shift*, penyusunan standar operasional prosedur (SOP), pemeriksaan dan perawatan rutin peralatan, serta pemeriksaan kesehatan berkala bagi pekerja; (5) Alat Pelindung Diri (APD): Merupakan pilihan terakhir dalam pengendalian risiko, digunakan apabila metode sebelumnya belum cukup efektif. Contohnya meliputi pelindung kepala, wajah, tangan, pendengaran, tubuh, serta pelindung untuk tangan dan kaki. [12].

Tabel 7. Tabel HIRARC Area *Kiln Coal Mill*

Jenis Kegiatan	Bahaya	Resiko	Penilaian Resiko			Risk Score	Pengendalian
			L	S	R		
Pembersihan area dan alat <i>suspension preheater</i>	Ledakan / Kebakaran	Luka bakar	3	4	12	Tinggi	APD : baju tahan panas, Administrasi : pembuatan SOP / Instruksi kerja
Pembersihan dan penyetulan alat <i>bin fine coal 4K2</i>	Kebakaran Terjatuh, tergelincir	Luka bakar, Cidera, keseleo	3	3	9	Sedang	APD : baju tahan panas, Administrasi : pengaturan <i>shift</i> kerja.
Perbaikan peralatan dan pengecekan <i>silos clinker</i>	Bekerja di ketinggian	Luka sedang, patah tulang	3	4	12	Tinggi	APD : penggunaan <i>fullbody harness</i> , Administrasi : pemasangan rambu <i>safety</i> , pemberian training bekerja di ketinggian, pengawasan supervisor
Pembersihan area kerja <i>coal mill</i>	Tersandung	Patah, terkilir	3	2	6	Sedang	APD : <i>safety shoes, safety helmet</i> . Eliminasi: menyingkirkan material sisa pekerjaan

Tabel 8. Tabel HIRARC Area *Cement Mill*

Jenis Kegiatan	Bahaya	Resiko	Penilaian Resiko			Risk Score	Pengendalian
			L	S	R		
Pemeriksaan jalur kabel power	Kebakaran, bekerja di ketinggian, debu	Luka bakar, patah, gangguan pernafasan	3	5	15	Tinggi	APD : baju tahan panas, respirator khusus debu Administrasi : pembuatan SOP / Instruksi kerja, pemberian <i>work permit</i> , pemberian training pekerja.
Perbaikan peralatan elevator	Terbentur dengan tangga	Luka sedang	3	3	9	Sedang	APD : penggunaan <i>fullbody harness</i> , Administrasi : penggunaan LOTO (<i>Log Out Tag Out</i>), pelatihan /

Jenis Kegiatan	Bahaya	Resiko	Penilaian Resiko				Pengendalian
			L	S	R	Risk Score	
Pembersihan dan perawatan alat <i>silo cement</i>	Bekerja di ketinggian, debu	Luka sedang, gangguan pernafasan	3	4	12	Tinggi	sertifikasi pekerja APD : penggunaan <i>fullbody harness</i> , Rekayasa teknik : pengaturan sistem ventilasi Administrasi : pemberian training bekerja di ketinggian, pengawasan supervisor
Pembersihan area kerja <i>cement mill</i>	Tersandung	Patah, terkilir	3	2	6	Sedang	APD : <i>safety shoes, safety helmet</i> . Eliminasi: menyingkirkan material sisa pekerjaan

Berdasarkan penilaian resiko yang telah dilakukan diperoleh kegiatan yang memiliki resiko tertinggi pada area *kiln coal mill* adalah kegiatan pembersihan area dan alat *suspension preheater* dengan tingkat resiko sedang. Hal ini disebabkan *suspension preheater* beroperasi pada suhu yang sangat tinggi. Walaupun alat sudah dimatikan sebelum pembersihan, sisa panas pada permukaan alat dapat menyebabkan luka bakar ringan. Selain itu posisi alat yang berada pada ketinggian membuat pekerjaan pembersihan memiliki resiko terjatuh dari ketinggian. Penelitian sebelumnya menyebutkan beberapa penyebab terjadinya kecelakaan jatuh dari ketinggian adalah kegagalan menggunakan Alat Pelindung Diri (85,93%), kurangnya pengawasan dan kepemimpinan (89,84%), serta ketidakhadiran standar kerja atau ketidakmampuan mengikuti standar tersebut dengan benar dengan (85,15%) [13].

Adanya potensi debu semen saat pembersihan juga dapat menimbulkan iritasi pernapasan atau masalah kesehatan lainnya jika terhirup secara berlebihan. Dalam penelitian sebelumnya, jenis resiko kategori ekstrim yaitu pembersihan pekerjaan konstruksi yang menimbulkan debu berpotensi iritasi pada saluran pernapasan [14]. Kegiatan perbaikan peralatan dan pengecekan *silo clinker* juga memiliki resiko sedang, disebabkan pekerjaan pada ketinggian dan akses area yang sulit untuk dijangkau sehingga berpotensi jatuh dari ketinggian dan bahaya *confined space*. Saat memasuki area terbatas, pekerja juga dapat mengalami gangguan postur kerja (ergonomi) yang disebabkan oleh keterbatasan ruang gerak sehingga cenderung mengalami kelelahan dan cedera ringan.

Penilaian resiko pada area *cement mill* memiliki 2 kegiatan yang memiliki resiko tinggi yaitu kegiatan pemeriksaan jalur kabel power dan pembersihan serta perawatan alat *silo cement*. Kegiatan pemeriksaan jalur kabel power memiliki resiko tinggi karena berpotensi tersengat listrik dan jatuh dari ketinggian. Saat pemeriksaan kabel power, kemungkinan potensi kabel rusak karena aus atau tidak sesuai standar dapat memicu percikan api yang dapat menimbulkan kebakaran. Kegiatan pembersihan serta perawatan *silo cement* memiliki resiko tinggi karena memiliki potensi terjatuh dari ketinggian. Hal ini disebabkan kegiatan pembersihan berlangsung cukup rumit akibat adanya tumpukan material semen pada dinding silo, hopper, dan jalur keluar masuk yang sudah tersumbat sejak lama. Pembersihan secara manual seperti menggunakan *scraper*, palu, atau peralatan mekanis (*rotary cleaner*) dapat menyebabkan cedera jika alat digunakan secara tidak hati-hati.

Peningkatan keselamatan kerja di PT. X memerlukan tindakan yang komprehensif dan perbaikan berkelanjutan. Meningkatkan monitoring secara berkelanjutan untuk mendeteksi dan merespon potensi bahaya yang akan datang dan mempersiapkan langkah mitigasinya. Selanjutnya, penilaian risiko melibatkan evaluasi dampak dan kemungkinan bahaya yang teridentifikasi, menentukan sifat eksploitasi bahaya tersebut, dan menilai konsekuensi terhadap integritas operasional dan keamanan data. Setelah fase penilaian risiko, langkah-langkah keamanan yang kuat perlu diterapkan [15].

4. Kesimpulan

Industri semen yang berlokasi di wilayah Padang telah melaksanakan analisis potensi bahaya dan pengendalian risiko melalui metode HIRADC. Dari hasil analisis tersebut, teridentifikasi 15 jenis aktivitas kerja di area *kiln*, *coal mill*, dan *cement mill* pada Indarung IV, yang masing-masing mengandung risiko bahaya. Dari seluruh risiko yang ditemukan, 11 di antaranya termasuk dalam kategori risiko sedang, sementara 4 lainnya tergolong dalam kategori risiko tinggi. Upaya pengendalian yang diterapkan oleh perusahaan mengikuti prinsip hirarki pengendalian, yaitu melalui eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, serta penggunaan alat pelindung diri (APD). Tingkat risiko bahaya dapat diturunkan dari kategori tinggi menjadi sedang melalui penerapan langkah-langkah pengendalian yang tepat, seperti penggunaan *full body harness* saat bekerja di ketinggian, pengawasan langsung oleh *supervisor*, penyusunan SOP atau instruksi kerja yang jelas, penerbitan *work permit*, serta penyelenggaraan pelatihan guna meningkatkan kesadaran dan pengetahuan pekerja terhadap potensi bahaya di tempat kerja.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Lingkungan atas dukungan dana penelitian yang diberikan berupa dana RKAT Fakultas Teknik Universitas Andalas No. B/87/UN16.09/SPK/PT.01.03/RKAT-UNAND/2025, serta kepada seluruh rekan di PT. X atas kontribusi berupa pengetahuan dan keahlian yang sangat berharga dalam mendukung kelancaran penelitian ini.

6. Referensi

- [1] Liu, R., Liu, H. C., Shi, H., & Gu, X. (2023). Occupational health and safety risk assessment: A systematic literature review of models, methods, and applications. In *Safety Science* (Vol. 160). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106050>
- [2] Ulimaz, A. (2022). Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Stasiun Loading Ramp dengan Metode HIRARC di PT. XYZ. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(3), 268–279. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i3.573>
- [3] S. Sari, Hayati, A. Dzaki and W. Juliansyah, "Analisis Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja Pada Pabrik Tahu Bapak Paimin dengan Metode HIRA," *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 10, pp. 2-7, 2023.
- [4] C. D. Yogama, Z. Djunaidi, and F. F. Rahmawati, "Implementasi Program Pelaporan Unsafe Action & Unsafe Condition Di PT XYZ," *PREPOTIF J. Kesehat. Masy.*, vol. 6, no. 1, pp. 231–243, 2022, doi: 10.31004/prepotif.v6i1.2933.
- [5] J. Shadiq, T. Sukwika, and I. Basrman, "Strategi Penerapan Keselamatan Kesehatan Kerja Pada Cabang Perusahaan Pergudangan: Menggunakan Metode Analisis SWOT Dan AHP," *Jambura J. Heal. Sci. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 899–909, 2023, doi: 10.35971/jjhsr.v5i3.20176.
- [6] Sofyan and Maulana, "Analisis Bahaya dan Risiko K3 Dengan Metode HIRARC Pada Area Dieshop di PT XYZ Plant 2.," *SISTEMATIK (Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik)*, pp. 21-26, 2022.
- [7] Firmansyah, M. N., Pratama, R. C., & Bojonegoro, U. (2022). Analisis Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Dengan Metode Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Pada Unit Kiln di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Sistem Industri (JTMSI)*, 1(2).
- [8] Awang Surya, Alvian A, dan Izar Mahmud, "Analisis Resiko Kecelakaan Pekerjaan Install Panel System Pada Proyek Transmart Malang," *TEKNOSAINS : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, vol. 8, no. 2, hlm. 73–79, Jul 2021, doi: 10.37373/tekno.v8i2.108.
- [9] E. Kartika, E. Purnawati Rahayu, K. Zaman, Herniwanti, and Nopriadi, "Analisis Manajemen Risiko dengan Metode AS/NZS 4360:2004 pada Tangki Timbun Minyak di Riau Risk Management Analysis with AS/NZS 4360:2004 Method on Oil Storage Tank at Riau," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 7, no. 1, pp. 218–226, 2022.
- [10] Radityazty Dahayu Nurhayati, & Yayok Suryo Purnomo. (2023). Analisis Risiko K3 dengan Metode HIRADC pada Industri Pengolahan Makanan Laut di Jawa Timur. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(3), 450–461. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i3.1883>
- [11] O. Saputra, G. Putra, J. Alue Peunyareng, dan A. Barat, "Analisis Potensi Bahaya di Area Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Metode HIRARC di PT. Beurata Subur Persada," *Serambi Engineering*, vol. VII, no. 2, 2022.
- [12] Ihsan, T., Hamidi, S. A., & Putri, F. A. (2020). Penilaian Risiko dengan Metode HIRADC Pada Pekerjaan Konstruksi Gedung Kebudayaan Sumatera Barat. *Jurnal Civronlit Unbari*, 5(2), 67. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v5i2.67>

-
- [13] Zermane, A., Mohd Tohir, M. Z., Baharudin, M. R., & Mohamed Yusoff, H. (2022). Risk assessment of fatal accidents due to work at heights activities using fault tree analysis: Case study in Malaysia. *Safety Science*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105724>
- [14] Muflihah Darwis, A., Furqaan Nai'em, M., Thamrin, Y., Noviponiharwani, Rahmadani, S., & Amin, F. (2021). Safety risk assessment in construction projects at Hasanuddin University. *Gaceta Sanitaria*, 35, S385–S387. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.10.057>
- [15] Gholamizadeh, K., Zarei, E., Gualtieri, L., & Marchi, M. De. (2025). Advancing occupational and system safety in Industry 5.0: Effective HAZID, risk analysis frameworks, and human-AI interaction management. In *Safety Science* (Vol. 184). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106770>