

# Evaluasi Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC dan JSA pada Proyek Konstruksi Industri Kimia

(Studi Kasus: PT Sika Indonesia)

**Ridlo Putu Idaman<sup>1</sup>, Mohammad Jufriyanto<sup>2</sup>, Efta Dhartikasari Priyana<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3)</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

Jl. Sumatera No. 101 GKB Gresik 61121, Jawa Timur

Email: [adam.idaman12@gmail.com](mailto:adam.idaman12@gmail.com), [jufriyanto@umg.ac.id](mailto:jufriyanto@umg.ac.id), [eftadhartikasari@umg.ac.id](mailto:eftadhartikasari@umg.ac.id)

## ABSTRAK

Proyek pembangunan perluasan gedung PT Sika Indonesia melibatkan serangkaian aktivitas berisiko tinggi seperti pekerjaan di ketinggian dan penggunaan alat berat, sehingga menuntut adanya evaluasi risiko yang sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi risiko kecelakaan kerja di proyek tersebut dengan mengintegrasikan *metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) dan *Job Safety Analysis* (JSA), sebuah pendekatan yang belum banyak diterapkan pada proyek perluasan industri kimia untuk analisis yang lebih mendalam. Menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan studi kasus, dimana data primer dikumpulkan melalui observasi lapangan dan diskusi, teridentifikasi 12 aktivitas kerja utama di dua area kritis. Dari hasil penelitian, analisis menunjukkan adanya lima aktivitas dengan tingkat risiko Ekstrem, dua aktivitas berisiko Tinggi, empat sedang, dan satu rendah. Risiko dominan yang teridentifikasi adalah jatuh dari ketinggian, tertimpa material berat, dan kegagalan fungsi alat angkat angkut. Integrasi metode HIRARC dan JSA dalam penelitian ini berhasil memetakan dan memprioritaskan risiko secara komprehensif, dari level makro hingga detail operasional. Rekomendasi pengendalian yang dihasilkan menekankan pentingnya pendekatan sistemik yang tidak hanya bergantung pada Alat Pelindung Diri (APD), tetapi mencakup perbaikan prosedur kerja, peningkatan kompetensi personel, dan pengawasan yang konsisten untuk menekan risiko ke tingkat yang dapat diterima serta membangun budaya keselamatan yang berkelanjutan.

**Kata kunci:** HIRARC, JSA, Manajemen Risiko, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), Industri Konstruksi, PT SIKA Indonesia.

## ABSTRACT

*The PT Sika Indonesia building expansion project involves a series of high-risk activities such as working at heights and using heavy equipment, thus requiring a systematic risk evaluation. This study aims to evaluate the risk of work accidents in the project by integrating the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) and Job Safety Analysis (JSA) methods, an approach that has not been widely applied in chemical industry expansion projects for more in-depth analysis. Using a descriptive method with a case study approach, where primary data was collected through field observations and discussions, 12 main work activities were identified in two critical areas. From the results of the study, the analysis showed that there were five activities with an Extreme risk level, two activities with a High risk, four activities with a Medium risk, and one with a Low risk. The dominant risks identified were falling from a height, being crushed by heavy materials, and failure of lifting equipment. The integration of the HIRARC and JSA methods in this study succeeded in mapping and prioritizing risks comprehensively, from the macro level to operational details. The resulting control recommendations emphasize the importance of a systemic approach that does not rely solely on Personal Protective Equipment (PPE), but includes improving work procedures, increasing personnel competency, and consistent oversight to reduce risks to acceptable levels and build a sustainable safety culture..*

**Keywords:** HIRARC, JSA, Risk Management, Occupational Safety and Health (K3), Construction Industry, PT SIKA Indonesia.

## Pendahuluan

Kecelakaan kerja merupakan insiden yang tidak diinginkan yang terjadi di lingkungan kerja, disebabkan oleh interaksi antara kondisi tidak aman (*unsafe condition*) dan tindakan tidak aman (*unsafe action*)[1]. Sektor konstruksi secara konsisten menjadi salah satu penyumbang angka kecelakaan kerja tertinggi. Data global dari International Labour Organization menunjukkan sektor ini bertanggung jawab atas hampir sepertiga kecelakaan fatal di dunia[2]. Di tingkat nasional, Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan melaporkan ratusan ribu kasus klaim Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK) setiap tahunnya, dengan sektor konstruksi menjadi

kontributor signifikan[3]. Tingginya risiko ini disebabkan oleh sifat pekerjaan yang dinamis, penggunaan alat berat, dan lingkungan yang terus berubah, sehingga menuntut penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) yang ketat sesuai Undang-Undang No. 1 Tahun 1970.

Penyebab utama kecelakaan kerja dapat diklasifikasikan menjadi dua faktor dominan. Pertama, *unsafe action*, yang merujuk pada perilaku pekerja yang menyimpang dari prosedur keselamatan standar, seperti tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), mengoperasikan alat di luar kewenangan, atau mengambil jalan pintas yang berbahaya. Kedua, *unsafe condition*, yang mencakup segala kondisi fisik di lingkungan kerja yang berpotensi menimbulkan bahaya, misalnya mesin tanpa pelindung atau material yang diletakkan secara tidak teratur[4]. Dampak dari kecelakaan kerja dapat menimbulkan kerugian langsung berupa biaya pengobatan dan kompensasi, serta kerugian tidak langsung seperti terhentinya proses produksi, kerusakan properti, dan menurunnya citra perusahaan[5].

Penelitian ini mengambil studi kasus pada Proyek Pembangunan Perluasan Gedung PT Sika Indonesia di Gresik. Proyek ini melibatkan berbagai aktivitas berisiko tinggi seperti pekerjaan galian, pengecoran, pengangkatan material, dan pekerjaan di ketinggian. Selanjutnya, meskipun belum terdapat catatan kecelakaan fatal, observasi lapangan mengidentifikasi adanya indikator bahaya (*leading indicators*), berupa praktik *unsafe action* seperti kelalaian penggunaan APD oleh pekerja, yang bahkan telah mengakibatkan penerbitan surat peringatan (SP). Fakta ini menegaskan bahwa ketiadaan catatan kecelakaan bukan jaminan lingkungan kerja yang aman, melainkan menandakan adanya potensi risiko laten yang perlu dikelola secara proaktif sebelum bermanifestasi menjadi insiden[6].

Penelitian ini mengintegrasikan dua metode, yaitu *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) dan *Job Safety Analysis* (JSA). HIRARC digunakan untuk identifikasi bahaya dan penilaian risiko pada level makro atau lingkup proyek secara keseluruhan, sedangkan JSA digunakan untuk analisis mendalam pada pekerjaan spesifik yang teridentifikasi memiliki tingkat risiko tinggi, dengan memecah pekerjaan menjadi langkah-langkah detail untuk menemukan potensi bahaya di setiap tahapannya[7]. Secara lebih rinci, metode HIRARC, sebagaimana didefinisikan oleh DOSH Malaysia (2008), merupakan metodologi sistematis untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan peluang dan dampaknya, serta menentukan prioritas pengendalian[8]. Metode ini kemudian dilengkapi dengan JSA, yang digunakan untuk menganalisis pekerjaan spesifik berisiko tinggi secara lebih mendetail. Kombinasi kedua metode ini memungkinkan analisis yang komprehensif, mulai dari gambaran umum hingga detail operasional, untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif[9].

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan metode serupa, khususnya pada sektor konstruksi yang relevan dengan penelitian ini. Studi oleh Santoso & Sutarto (2023) pada pembangunan gedung kuliah berhasil mengidentifikasi 36 potensi bahaya, dengan risiko tertinggi adalah jatuh dari ketinggian[10]. Temuan ini sejalan dengan penelitian Cahyo & Sutarto (2022) pada pembangunan museum, yang juga menempatkan risiko jatuh dari ketinggian sebagai ancaman utama[11]. Lebih lanjut, penelitian oleh Dewantari, Umyati & Falah (2022) pada proyek *business center* mengidentifikasi 18 potensi risiko dengan spektrum yang luas, dari rendah hingga ekstrim, yang menunjukkan kompleksitas bahaya dalam proyek pembangunan gedung[12]. Selain di sektor konstruksi, metode HIRARC juga terbukti efektif di berbagai industri lain. Penelitian oleh Khudhory (2022) menggunakan metode HIRARC pada industri manufaktur pegas baja dan berhasil mengidentifikasi 18 potensi bahaya dengan 34 risiko[13]. Sementara itu, penelitian oleh Indrayani (2022) pada industri produksi tahu juga menggunakan HIRARC dan menemukan 20 potensi bahaya, di mana pengendalian yang diusulkan berfokus pada penambahan rambu K3 dan penyediaan APD[14].

Meskipun metode HIRARC dan JSA telah banyak diterapkan dalam berbagai sektor konstruksi, penelitian yang mengintegrasikan kedua metode tersebut secara spesifik pada proyek konstruksi perluasan fasilitas industri kimia masih terbatas. Proyek konstruksi industri kimia memiliki karakteristik bahaya yang berbeda dibandingkan konstruksi bangunan umum, khususnya terkait pekerjaan pengangkatan berat, pekerjaan di ketinggian, serta keterbatasan ruang kerja yang berdekatan dengan fasilitas industri aktif. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada identifikasi bahaya teknis, sementara kontribusi kelemahan prosedural dan administratif sebagai sumber utama risiko tinggi dan ekstrem belum banyak dianalisis secara mendalam. Kondisi tersebut menunjukkan adanya celah penelitian dalam penerapan analisis risiko yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mempertimbangkan aspek sistem manajemen keselamatan secara menyeluruh. Berdasarkan celah tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan integrasi metode HIRARC dan JSA secara berjenjang pada proyek konstruksi perluasan industri kimia, yang memungkinkan analisis risiko dilakukan secara sistematis mulai dari tingkat makro hingga detail operasional pekerjaan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi potensi bahaya, (2) menilai tingkat risiko pekerjaan, dan (3) merumuskan strategi pengendalian risiko melalui integrasi metode HIRARC dan JSA pada Proyek Pembangunan Perluasan Gedung PT Sika Indonesia di Gresik.

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan studi kasus untuk memberikan gambaran sistematis dan faktual mengenai potensi risiko kecelakaan kerja. Penelitian dilaksanakan dalam rentang waktu Agustus – September 2025 di lokasi proyek pembangunan perluasan gedung PT. Sika Indonesia, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Objek penelitian mencakup seluruh aktivitas pekerjaan dalam proyek, dengan fokus pengamatan pada beberapa area kerja utama, yaitu:

- **Area Sand Drying Plant**, meliputi pekerjaan seperti pengangkatan besi (*manual & mekanis*), *bending* besi, pemindahan kontainer, dan penggalian tanah.
- **Area Warehouse & TC**, mencakup aktivitas seperti pengadukan semen, pengecoran, pemasangan besi menggunakan perancah (*scaffolding*), pembobokan beton, instalasi *tower crane*, dan *erection steel structure*.

Alur penelitian ini dirancang secara sistematis sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1. di bawah ini



**Gambar 1.** Diagram alur penelitian

Pengumpulan data primer dilakukan melalui observasi langsung di lapangan dan diskusi dengan tim proyek. Data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan pendekatan terintegrasi antara HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*) dan JSA (*Job Safety Analysis*). Kerangka utama analisis mengikuti alur HIRARC, yang diawali dengan tahap Identifikasi Bahaya. Pada tahap ini, seluruh potensi bahaya di lokasi proyek diidentifikasi dan diklasifikasikan berdasarkan lima faktor: manusia, metode kerja, material, mesin, dan lingkungan. Tahap kedua adalah Penilaian Risiko, yang dilakukan secara kuantitatif untuk menentukan tingkat risiko dengan rumus Risiko = Kemungkinan (L)  $\times$  Dampak (C). Hasilnya diklasifikasikan ke dalam empat tingkatan risiko—Rendah, Sedang, Tinggi, dan Ekstrem—sesuai standar AS/NZS 4360[15].

Penentuan nilai *likelihood* dan *severity* dalam penelitian ini mengacu pada standar AS/NZS 4360 tentang manajemen risiko. Nilai *likelihood* ditentukan berdasarkan frekuensi potensi terjadinya bahaya yang diamati selama pelaksanaan pekerjaan, dengan mempertimbangkan durasi aktivitas, intensitas paparan pekerja, serta kondisi kerja di lapangan. Sementara itu, nilai *severity* ditetapkan berdasarkan tingkat keparahan dampak yang mungkin ditimbulkan apabila bahaya tersebut terjadi, termasuk potensi cedera pada pekerja dan dampaknya terhadap pelaksanaan proyek. Penilaian risiko dilakukan melalui observasi langsung di lapangan serta diskusi dengan pihak terkait, seperti pengawas lapangan dan petugas K3, untuk memastikan bahwa penilaian *likelihood* dan *severity* mencerminkan kondisi aktual pekerjaan dan meminimalkan subjektivitas penilaian. Matriks penilaian risiko yang digunakan beserta kriteria skalanya disajikan pada Tabel di bawah ini.

**Tabel 1.** Matriks dan kriteria penilaian risiko

Level	Kemungkinan (Likelihood)	1	2	3	4	5
5	Hampir Pasti (>1x / hari)	5	10	15	20	25
4	Sering Terjadi (>1x / minggu)	4	8	12	16	20
3	Mungkin Terjadi (>1x / bulan)	3	6	9	12	15
2	Jarang Terjadi ( $\geq 1x$ / tahun)	2	4	6	8	10
1	Sangat Jarang (<1x / tahun)	1	2	3	4	5
Dampak (Severity)	Tidak Signifikan (Tidak ada kerugian)	Kecil (Cedera ringan)	Sedang (Perlu rawat medis)	Berat (Cedera parah/ cacat)	Bencana (Kematian)	
Level	1	2	3	4	5	

Keterangan skala

Extreme
High
Moderate
Low

Tahap terakhir adalah Pengendalian Risiko. Dasar untuk merumuskan tindakan pengendalian dalam penelitian ini adalah Hierarki Pengendalian Risiko (*Hierarchy of Control*), sebuah pendekatan berjenjang yang memprioritaskan metode pengendalian dari yang paling efektif hingga yang paling tidak efektif. Urutan hierarki tersebut adalah: (1) Eliminasi, menghilangkan sumber bahaya secara total; (2) Substitusi, mengganti material atau proses dengan yang lebih aman; (3) Rekayasa Teknik, memodifikasi peralatan atau lingkungan kerja untuk mengurangi paparan bahaya; (4) Pengendalian Administratif, menerapkan prosedur, pelatihan, dan rambu-rambu; dan (5) Alat Pelindung Diri (APD), sebagai lapisan perlindungan terakhir. Untuk menerapkan prinsip pengendalian ini secara spesifik, digunakan metode Job Safety Analysis (JSA). Menurut OSHA (2016), JSA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi bahaya pada setiap langkah kerja. Pada penelitian ini, JSA diaplikasikan pada pekerjaan-pekerjaan yang teridentifikasi memiliki risiko tinggi oleh HIRARC. Proses JSA meliputi: (1) menguraikan pekerjaan menjadi langkah-langkah detail; (2) mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap langkah; dan (3) menentukan tindakan pengendalian spesifik berdasarkan hierarki kontrol. Dengan demikian, integrasi ini memastikan bahwa hasil analisis HIRARC yang bersifat makro dapat diturunkan menjadi prosedur kerja aman (*safe work procedure*) yang praktis melalui JSA.

## Hasil Dan Pembahasan

### Hasil Observasi Aktivitas Kerja Pembangunan Perluasan Gedung

Berdasarkan hasil observasi langsung yang dilakukan di lokasi proyek pembangunan perluasan gedung PT. Sika Indonesia, telah diidentifikasi serangkaian aktivitas kerja utama yang menjadi dasar analisis risiko dalam penelitian ini. Pengamatan difokuskan pada dua area kerja yang memiliki tingkat aktivitas tinggi dan potensi bahaya yang signifikan, yaitu area *Sand Drying Plant* dan area *Warehouse & TC*. Di area *Sand Drying Plant*, teridentifikasi lima aktivitas dominan yang meliputi pekerjaan manual dan penggunaan alat berat. Aktivitas tersebut adalah pengangkatan besi secara manual (*manual handling*), *bending* besi, pemindahan kontainer, pengangkatan besi menggunakan *crane*, dan penggalian tanah. Sementara itu, di area *Warehouse & TC*, aktivitas yang teramat lebih beragam dan melibatkan pekerjaan struktur yang kompleks. Aktivitas di area ini mencakup pengadukan semen, penggalian tanah menggunakan *excavator*, pengecoran, pemasangan besi dengan perancah (*scaffolding*), pembobokan beton (*drilling*), instalasi *tower crane*, hingga *erection steel structure*. Seluruh aktivitas yang teridentifikasi pada kedua area ini kemudian menjadi objek utama untuk tahapan identifikasi bahaya dan penilaian risiko lebih lanjut. Berikut merupakan tabel aktivitas pekerjaan berdasarkan hasil observasi yang dilakukan oleh peneliti di lokasi proyek pembangunan perluasan gedung PT. Sika Indonesia.

**Tabel 2.** Aktivitas pekerjaan pada lokasi Pembangunan perluasan gedung

No	Aktivitas
<i>Sand Drying Plant</i>	
1	Pengangkatan besi (manual handling)
2	Bending besi
3	Pemindahan container
4	Lifting besi menggunakan <i>crane (heavy equipment)</i>
5	Penggalian tanah
<i>Warehouse &amp; TC</i>	
6	Pengadukan Semen
7	Penggalian tanah menggunakan <i>excavator</i>
8	Pengecoran
9	Pasang besi menggunakan <i>scaffolding</i>
10	Pembobokan beton ( <i>drill</i> )
11	<i>Install Tower crane</i>
12	<i>Erection steel structure</i>

### Hasil Identifikasi Bahaya dan Perhitungan HIRARC

Tahap selanjutnya dalam analisis risiko adalah identifikasi bahaya (*Hazard Identification*). Proses ini dilakukan secara sistematis terhadap 12 aktivitas kerja utama yang telah diobservasi di area *Sand Drying Plant* dan *Warehouse & TC*. Berdasarkan pengamatan dan analisis, berhasil diidentifikasi serangkaian potensi bahaya yang signifikan dan diklasifikasikan ke dalam delapan sumber utama, mencakup kegagalan prosedural seperti ikatan seling yang kurang kuat dan kelebihan beban (*overload*) pada crane, hingga bahaya operasional seperti pekerja tertabrak alat berat dan jatuh dari ketinggian. Selain itu, teridentifikasi pula bahaya laten seperti postur kerja tidak ergonomis, kontak dengan bagian mesin berbahaya, paparan bahaya fisik, serta risiko galian tanah longsor. Berikut merupakan rincian hazard yang ada berdasarkan penyebabnya.

**Tabel 3.** Matriks dan kriteria penilaian risiko

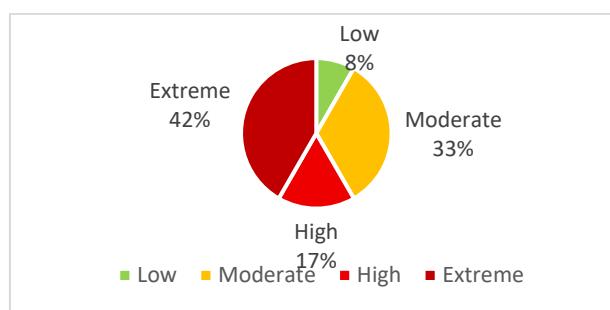
No	Sumber Bahaya (Hazard)	Penyebab
1	Ikatan seling/beban kurang kuat saat pengangkatan.	Pengikatan tidak dilakukan oleh Rigger yang bersertifikat; inspeksi alat rigging sebelum digunakan tidak dilakukan.
2	Crane mengalami kelebihan beban ( <i>overload</i> ).	Perencanaan lifting plan tidak sesuai; beban material melebihi kapasitas <i>Safe Working Load (SWL)</i> crane.
3	Pekerja tertabrak atau terjepit alat berat dan material.	Tidak adanya barikade atau spotter saat alat berat ( <i>excavator, crane</i> ) beroperasi; pekerja berada di bawah beban yang diangkat.
4	Jatuh dari ketinggian saat memasang besi atau struktur.	Full body harness tidak digunakan atau tidak dikaitkan ( <i>anchored</i> ); pemasangan <i>scaffolding</i> tidak dilakukan oleh personel yang kompeten dan tidak diinspeksi.
5	Postur kerja tidak ergonomis.	Tidak menggunakan teknik mengangkat manual yang benar; tidak memanfaatkan alat bantu (misal: molen, concrete pump) untuk pekerjaan berulang.
6	Kontak dengan bagian mesin yang berbahaya.	Pelindung mesin ( <i>machine guarding</i> ) tidak terpasang pada mesin barbending; operator tidak kompeten.
7	Paparan bahaya fisik (bising, getaran, debu).	Tidak menggunakan APD spesifik seperti pelindung telinga, sarung tangan anti-getaran, dan masker saat pembobokan beton atau pengadukan semen.
8	Galian tanah longsor.	Tidak dibuat kemiringan galian yang aman ( <i>sloping</i> ) atau tidak dipasang penahan tanah ( <i>shoring</i> ).

Setelah seluruh potensi bahaya dari setiap aktivitas kerja diidentifikasi, tahap selanjutnya dalam metodologi penelitian ini adalah melakukan penilaian risiko secara kuantitatif. Setiap bahaya yang teridentifikasi dinilai berdasarkan dua parameter utama: probabilitas kejadiannya (*Likelihood*) dan tingkat keparahan dampak yang mungkin ditimbulkan (*Severity*). Hasil perkalian kedua parameter ini menghasilkan nilai Tingkat Risiko (*Risk Level*), yang berfungsi untuk memetakan dan memprioritaskan risiko dari level rendah hingga ekstrem, sehingga tindakan pengendalian dapat difokuskan pada bahaya yang paling signifikan. Hasil perhitungan dan pemetaan risiko secara menyeluruh untuk setiap aktivitas pekerjaan yang dianalisis disajikan secara rinci pada Tabel berikut.

**Tabel 4.** Hirarc area sand drying, workshop & tower crane

No	Aktivitas Pekerjaan	Bahaya	Penilaian risiko			Risk Level
			L	C	Hasil	
1	Pengangkatan material besi (Manual Handling)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahaya ergonomi : cedera punggung dan bahu</li> <li>Besi jatuh menimpa kaki</li> </ul>	3	2	6	Moderate
2	Bending besi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tangan terjepit akibat mesin barbending</li> <li>Luka sayat akibat besi</li> </ul>	3	2	6	Moderate
3	Pemindahan Container menggunakan Tower Crane	<ul style="list-style-type: none"> <li>Container jatuh</li> <li>Tertabrak/ terjepit container</li> </ul>	2	5	10	High
4	Lifting Besi menggunakan Crane	<ul style="list-style-type: none"> <li>Besi jatuh</li> <li>Pekerja di bawah beban terangkat</li> </ul>	3	4	12	Extreme
5	Penggalian tanah	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanah longsor</li> <li>Pekerja terperosok</li> <li>Pekerja tertancap pacul</li> </ul>	3	2	6	Moderate
6	Pengadukan Semen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahaya ergonomi low back pain</li> <li>Kaki tergores sekop</li> </ul>	2	2	4	Low
7	Penggalian tanah menggunakan excavator	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pekerja tertabrak Excavator</li> <li>Pekerja tertimbun tanah</li> </ul>	3	4	12	Extreme
8	Pengecoran	Bahaya ergonomi low back pain	3	2	6	Moderate
9	Pasang besi menggunakan scaffolding	Terjatuh dari ketinggian	3	4	12	Extreme
10	Pembobkan beton (drill)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kebisingan</li> <li>Getaran berlebihan</li> <li>Terkena pecahan beton</li> </ul>	3	3	9	High
11	Install Tower crane	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pekerja terjatuh dari ketinggian</li> <li>Material terjatuh menimpa pekerja</li> </ul>	3	5	15	Extreme
12	Erection steel structure	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jatuh dari ketinggian</li> <li>Tertimpa struktur baja</li> <li>Tertabrak ayunan beban</li> </ul>	4	5	20	Extreme

Berdasarkan Tabel hasil penilaian risiko kuantitatif (HIRARC) di atas, menunjukkan distribusi tingkat risiko yang bervariasi di seluruh aktivitas kerja, yang dapat diklasifikasikan sebagaimana diagram berikut:



**Gambar 2.** Hasil distribusi penilaian risiko aktivitas kerja di area sand drying plant, warehouse, dan tower crane

Hasil penilaian risiko pada proyek ini memberikan pemahaman mendalam mengenai profil bahaya yang ada. Lima aktivitas diklasifikasikan sebagai risiko ekstrem, terutama pada pekerjaan *erection steel structure* dan aktivitas pengangkatan beban berat, sementara dua aktivitas lainnya termasuk dalam kategori risiko tinggi, seperti pemindahan material dan pekerjaan dengan scaffolding. Temuan ini tidak hanya konsisten dengan, tetapi juga memperkuat, kesimpulan dari penelitian oleh Santoso & Sutarto (2023) dan Cahyono & Sutarto (2022) yang juga menempatkan risiko jatuh dari ketinggian sebagai faktor utama dalam proyek konstruksi gedung di Indonesia[10], [11]. Yang lebih krusial untuk digarisbawahi adalah pola sistematis yang terungkap dari analisis mendalam terhadap penyebab-penyebab risiko tinggi dan ekstrem. Temuan penelitian ini secara tegas menunjukkan bahwa mayoritas akar penyebab risiko kategori tinggi dan ekstrem bukanlah berasal dari kegagalan teknis peralatan secara inheren, melainkan dari kelemahan fundamental pada aspek prosedural dan administratif dalam sistem manajemen keselamatan. Penyebab seperti "kesalahan perencanaan *lifting plan*", "kurangnya kompetensi personel (*rigger* tidak bersertifikat)", "inspeksi yang tidak memadai atau tidak dilakukan sama sekali", "tidak adanya barikade atau *spotter*", dan "*scaffolding* tidak dipasang oleh personel kompeten" secara konsisten muncul sebagai kontributor utama pada aktivitas-aktivitas berisiko ekstrem.

Pola ini mengungkapkan adanya kegagalan sistemik dalam rantai manajemen keselamatan, bukan sekadar insiden terisolasi. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kegagalan ini terjadi pada beberapa level organisasi: (1) Level strategis: tidak adanya atau lemahnya kebijakan yang mewajibkan sertifikasi kompetensi bagi personel kritis; (2) Level taktis: perencanaan kerja (*lifting plan, work method statement*) yang tidak memadai atau tidak dilaksanakan secara konsisten; dan (3) Level operasional: tidak terlaksananya inspeksi rutin dan pengawasan langsung di lapangan. Temuan ini selaras dengan penelitian yang menemukan bahwa deviasi dari prosedur kerja aman merupakan kontributor utama insiden pengangkatan material[16]. Lebih jauh lagi, pola ini mencerminkan model kecelakaan organisasi dari Reason (1997), di mana kegagalan laten dalam sistem yang mengaitkan tekanan produksi dengan seringnya prosedur inspeksi diabaikan akan menciptakan kondisi yang memungkinkan terjadinya kesalahan aktif oleh pekerja di lapangan[17]. Dengan demikian, risiko tinggi hingga ekstrem pada proyek konstruksi industri kimia lebih banyak dipengaruhi oleh kelemahan prosedural dan administratif dibandingkan kegagalan teknis peralatan. Kondisi ini menunjukkan adanya celah dalam implementasi sistem manajemen keselamatan, khususnya pada aspek perencanaan kerja, pengawasan lapangan, dan konsistensi penerapan prosedur keselamatan. Mengingat karakteristik proyek yang memiliki tingkat kompleksitas dan potensi bahaya tinggi, kelemahan sistemik tersebut berpotensi meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja dengan dampak serius.

### Hasil Pengendalian Menggunakan JSA pada Setiap Aktivitas

Setelah dilakukan penilaian risiko menggunakan HIRARC, tahap selanjutnya adalah merumuskan rekomendasi pengendalian yang efektif. Untuk menerjemahkan hasil analisis HIRARC menjadi panduan kerja yang praktis, digunakan metode *Job Safety Analysis* (JSA). Hasil analisis dituangkan dalam format tabel yang mencakup empat elemen kunci: (1) Uraian Langkah Kerja, (2) Potensi Bahaya yang mungkin timbul, (3) Dampak dari bahaya tersebut, dan (4) Rekomendasi Tindakan Pengendalian yang harus diterapkan. Tabel-tabel berikut berfungsi sebagai panduan operasional untuk memastikan setiap pekerjaan dapat dilaksanakan sesuai prosedur keselamatan yang telah ditetapkan. Berikut merupakan JSA dari pekerjaan pada area kerja. Hasil analisis dituangkan dalam format tabel yang mencakup empat elemen kunci: (1) Uraian Langkah Kerja, (2) Potensi Bahaya yang mungkin timbul, (3) Dampak dari bahaya tersebut, dan (4) Rekomendasi Tindakan Pengendalian yang harus diterapkan. Tabel-tabel berikut berfungsi sebagai panduan operasional untuk memastikan setiap pekerjaan dapat dilaksanakan sesuai prosedur keselamatan yang telah ditetapkan.

**Tabel 5.** JSA Area sand drying plant dan warehouse & tower crane

Aktivitas	No	Pekerjaan / Langkah Kerja	Potensi Bahaya	Dampak / Akibat	Tindakan Pengendalian
<b>A</b>					<b>Area Sand Drying Plant</b>
		APD Wajib Area Ini:		Helm safety, Sepatu keselamatan ( <i>Safety Shoes</i> ), Sarung tangan, Rompi visibilitas tinggi	
1	Pengangkatan material besi ( <i>Manual Handling</i> )		Bahaya ergonomi: • cedera bahu dan punggung • Besi jatuh menimpa kaki	• Nyeri otot, <i>low back pain</i> , cedera tulang belakang • Luka remuk, fraktur/patah tulang pada kaki	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sediakan alat bantu angkat seperti <i>trolley</i> atau <i>hand stacker</i>.</li> <li>• Berikan pelatihan teknik mengangkat yang benar</li> </ul>

Aktivitas		Potensi Bahaya	Dampak / Akibat	Tindakan Pengendalian
No	Pekerjaan / Langkah Kerja			
2	Bending besi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tangan terjepit mesin <i>barbending</i></li> <li>Luka sayat akibat besi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luka remuk, jari terpotong/amputasi</li> <li>Luka robek, pendarahan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(posisi kuda-kuda, punggung lurus).</li> <li>Terapkan batas beban maksimal per orang (misal: 25 kg).</li> <li>Lakukan rotasi pekerjaan untuk menghindari kelelahan otot.</li> <li>Pastikan pelindung mesin (<i>machine guarding</i>) selalu terpasang dan berfungsi dengan baik.</li> <li>Hanya operator yang kompeten dan terlatih yang boleh mengoperasikan mesin.</li> <li>Buat dan sosialisasikan SOP (<i>Standard Operating Procedure</i>) kerja aman.</li> <li>Wajib menggunakan sarung tangan anti-potong (<i>cut-resistant</i>) dan sepatu <i>safety</i>.</li> </ul>
3	Pemindahan Container menggunakan <i>Tower Crane</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Container</i> jatuh</li> <li>Tertabrak/terjepit <i>container</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kerusakan properti, cedera parah, fatal</li> <li>Cedera remuk, <i>multiple injury</i>, fatal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pastikan Operator TC dan Rigger memiliki SIO yang valid.</li> <li>Buat Lifting Plan yang disetujui sebelum pengangkatan.</li> <li>Barikade dan sterilkan area di bawah pengangkatan.</li> <li>Inspeksi alat <i>rigging</i> (<i>webbing sling, shackle</i>) sebelum digunakan.</li> <li>Pastikan beban tidak melebihi Safe Working Load (<i>SWL</i>) <i>crane</i>.</li> <li>Inspeksi <i>crane</i> secara berkala dan sebelum digunakan.</li> <li>Pastikan <i>crane</i> beroperasi di atas landasan yang stabil dan kuat.</li> <li>Gunakan tagline untuk mengarahkan ayunan beban.</li> <li>Sterilkan area agar tidak ada orang di bawah beban.</li> </ul>
4	<i>Lifting Besi</i> menggunakan <i>Crane</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Besi jatuh</li> <li>Pekerja di bawah beban terangkat</li> <li><i>Crane</i> terguling akibat <i>overloading</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kerusakan material, cedera fatal</li> <li>Tertimpa beban, cedera fatal</li> <li>Kerusakan alat berat, cedera fatal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memasang penahan pada pinggir galian untuk mencegah longsor dan jatuhnya pekerja</li> <li>Buat kemiringan galian yang aman (<i>sloping/shoring</i>)</li> <li>Jaga jarak aman antar pekerja</li> </ul>
5	Penggalian tanah	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanah longsor</li> <li>Pekerja tertancap pacul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pekerja tertimbun, asfiksia, fatal</li> <li>Luka tusuk</li> </ul>	

Aktivitas		Potensi Bahaya	Dampak / Akibat	Tindakan Pengendalian
No	Pekerjaan / Langkah Kerja			
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Menyediakan <i>acces</i> tangga untuk menuju di pekerjaan penggalian</li> <li>Gunakan sepatu <i>boots</i> dan <i>helm safety</i></li> </ul>
	B	Area Warehouse & TC		
	APD Wajib Area Ini:		<i>Helm safety</i> , Sepatu keselamatan, Sarung tangan, Masker debu, Kacamata keselamatan, Pelindung telinga, Rompi visibilitas tinggi, dan <i>Full body harness</i> (saat bekerja di ketinggian)	
6	Pengadukan Semen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahaya ergonomi (<i>low back pain</i>)</li> <li>Kaki tergores sekop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nyeri punggung bawah, cedera otot</li> <li>Luka lecet/robek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gunakan mesin molen untuk volume besar.</li> <li>Lakukan rotasi pekerjaan dan sediakan waktu istirahat yang cukup.</li> <li>Terapkan 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin) di area kerja.</li> <li>Gunakan sepatu <i>boots</i>, masker debu, dan sarung tangan.</li> </ul>
7	Penggalian tanah menggunakan <i>excavator</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pekerja tertabrak <i>Excavator</i></li> <li>Pekerja tertimbun tanah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cedera parah, fatal</li> <li>Asfiksia, cedera remuk, fatal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pastikan operator memiliki SIO yang valid.</li> <li>Jaga jarak aman dari alat berat (gunakan spotter)</li> <li>Pastikan alarm mundur &amp; lampu <i>rotator</i> berfungsi</li> <li>Terdapat helper untuk komunikasi dengan operator</li> <li>Pasang <i>Barricade</i> di area kerja</li> </ul>
8	Pengecoran	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahaya ergonomi (<i>low back pain</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nyeri punggung, cedera otot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gunakan alat bantu seperti pompa beton (<i>concrete pump</i>) dan mesin <i>trowel</i>.</li> <li>Lakukan rotasi kerja dan berikan istirahat yang cukup.</li> <li>Gunakan APD lengkap (sepatu <i>boots</i>, sarung tangan, kacamata).</li> <li>Atur ritme kerja dan lakukan peregangan</li> </ul>
9	Pasang besi menggunakan <i>scaffolding</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terjatuh dari ketinggian</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cedera parah, cacat permanen, fatal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pasang <i>mid-rail</i> dan <i>toeboard</i></li> <li>Pastikan <i>scaffolding</i> dipasang oleh sccaffolder bersertifikat dan dilengkapi <i>mid-rail</i>, <i>top-rail</i>, dan <i>toeboard</i>.</li> </ul>

Aktivitas		Potensi Bahaya	Dampak / Akibat	Tindakan Pengendalian
No	Pekerjaan / Langkah Kerja			
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wajibkan Izin Kerja Ketinggian sebelum memulai.</li> <li>• Lakukan inspeksi harian <i>scaffolding</i> (menggunakan <i>scafftag</i>).</li> <li>• Lakukan <i>toolbox meeting</i> sebelum bekerja.</li> <li>• Wajib menggunakan <i>full body harness</i> dengan <i>double lanyard</i> yang dikaitkan pada titik angkur yang kuat.</li> </ul>
10	Pembobokan beton (drill)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebisingan</li> <li>• Getaran berlebihan</li> <li>• Terkena pecahan beton</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gangguan pendengaran</li> <li>• <i>Hand-Arm Vibration Syndrome</i> (HAVS)</li> <li>• Cedera mata, luka kulit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotasi pekerjaan, gunakan peredam</li> <li>• Gunakan sarung tangan anti-getaran &amp; istirahat berkala</li> <li>• Gunakan APD lengkap termasuk <i>Earmuff</i> untuk melindungi pendengaran dan kacamata <i>safety</i> untuk melindungi mata dari pecahan beton</li> </ul>
11	Install Tower Crane	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja terjatuh dari ketinggian</li> <li>• Material terjatuh menimpa pekerja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cedera serius, fatal</li> <li>• Cedera kepala, fatal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja wajib mengikuti prosedur kerja aman</li> <li>• Barikade area kerja di bawah, pasang jaring pengaman</li> <li>• Inspeksi <i>mobile crane</i> sebelum digunakan</li> <li>• Izin Kerja Ketinggian dan Lifting Plan wajib dibuat.</li> <li>• Gunakan <i>crane &amp; rigging</i> sesuai kapasitas <i>Safe Working Load</i> (SWL)</li> <li>• Wajib menggunakan <i>full body harness</i>.</li> </ul>
12	Erection steel structure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jatuh dari ketinggian</li> <li>• Tertimpa struktur baja</li> <li>• Tertabrak ayunan beban</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cacat permanen, fatal</li> <li>• Cedera remuk, fatal</li> <li>• Cedera serius, terjatuh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wajib menggunakan <i>full body harness</i> &amp; pasang <i>lifeline</i></li> <li>• Pastikan sambungan kuat sebelum melepaskan <i>sling</i></li> <li>• Gunakan <i>tagline</i> untuk mengontrol ayunan beban</li> <li>• Gunakan <i>crane &amp; rigging</i> sesuai kapasitas <i>Safe Working Load</i> (SWL)</li> <li>• Sterilisasi <i>area erection</i> dan Pasang barricade</li> </ul>

Untuk meningkatkan ketelitian analitis, seluruh rekomendasi pengendalian yang dirumuskan melalui metode Job Safety Analysis (JSA) dipetakan secara eksplisit ke dalam hierarki pengendalian risiko. Pada level eliminasi dan substitusi, penerapan dilakukan secara terbatas mengingat karakteristik proyek konstruksi yang sedang berjalan, namun upaya pengurangan paparan bahaya diwujudkan melalui penggunaan alat bantu mekanis seperti trolley, molen, dan concrete pump untuk meminimalkan aktivitas manual handling. Pada level rekayasa teknik, pengendalian difokuskan pada modifikasi lingkungan dan sistem kerja, antara lain melalui pemasangan lifeline,

mid-rail, dan toeboard pada scaffolding, pemasangan barikade dan jaring pengaman, serta penggunaan tagline untuk mengendalikan ayunan beban saat pengangkatan material. Selanjutnya, pengendalian administratif diterapkan melalui penyusunan dan penerapan lifting plan, izin kerja ketinggian, toolbox meeting, inspeksi rutin peralatan, serta kewajiban sertifikasi kompetensi bagi personel kritis seperti operator crane dan rigger. sementara penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) ditempatkan sebagai lapisan perlindungan terakhir, sehingga pengendalian risiko lebih menekankan intervensi pada level sistem daripada perlindungan individual.

Berdasarkan rekomendasi pengendalian yang dirumuskan dalam Tabel JSA, terlihat bahwa strategi mitigasi risiko difokuskan pada risiko kategori ekstrem dan tinggi serta disusun secara sistematis mengikuti kerangka hierarki pengendalian risiko [18]. Analisis menunjukkan bahwa untuk risiko paling signifikan, pengendalian tidak bertumpu pada satu metode tunggal, melainkan bersifat multi-lapis. Sebagai contoh, pada aktivitas erection steel structure, pengendalian tidak hanya mengandalkan APD, tetapi menekankan intervensi pada level yang lebih tinggi, yaitu pengendalian rekayasa berupa pemasangan jalur penambat (lifeline) [19] dan pengendalian administratif melalui kewajiban lifting plan serta pelaksanaan toolbox meeting [20], [21]. Pendekatan terintegrasi yang mengombinasikan analisis makro (HIRARC) dan analisis mikro (JSA) ini dinilai lebih unggul dalam menghasilkan rekomendasi pengendalian yang spesifik dan dapat diimplementasikan dibandingkan penggunaan metode tunggal [22], [23].

Selain risiko katastrofik, analisis juga mengidentifikasi risiko ergonomi sebagai bahaya persisten pada kategori sedang. Meskipun dampaknya tidak sefatal jatuh dari ketinggian, risiko low back pain akibat aktivitas manual handling dan pengecoran memiliki frekuensi kejadian yang tinggi, sejalan dengan temuan Ariyanto dkk. (2024) pada sektor konstruksi [24]. Bahaya ergonomi sering kali diremehkan dalam penilaian risiko proyek konstruksi yang lebih berfokus pada keselamatan dibandingkan kesehatan kerja jangka panjang [25], sehingga menegaskan pentingnya penerapan pendekatan K3 yang holistik.

Analisis ini secara tegas mengindikasikan bahwa ketergantungan berlebihan pada APD merupakan pendekatan yang lemah[26]. Seperti yang ditemukan oleh Priolo, dkk. (2025), persepsi risiko yang rendah dan ketidaknyamanan menjadi penghalang utama kepatuhan penggunaan APD, yang menegaskan bahwa perlindungan pada level individu sangat rentan terhadap faktor psikologis[27]. Untuk mencapai penurunan risiko yang signifikan, diperlukan pendekatan sistemik yang mengintegrasikan perbaikan pada sistem kerja, peningkatan kompetensi personel, serta penguatan perilaku aman (*safety behavior*)[28]. Pada akhirnya, keberhasilan implementasi seluruh rekomendasi ini sangat bergantung pada kepemimpinan keselamatan (*safety leadership*) dari manajemen puncak dan budaya keselamatan (*safety culture*) yang positif [29]. Tanpa komitmen, sumber daya, dan pengawasan konsisten dari manajemen, rekomendasi teknis tidak akan terimplementasi secara efektif di lapangan, sebuah tantangan yang sering dijumpai dalam industri konstruksi di Indonesia[30], [31], [32]

## Simpulan

Berdasarkan analisis terhadap 12 aktivitas kerja pada Proyek Pembangunan Perluasan Gedung PT Sika Indonesia, diperoleh lima aktivitas dengan tingkat risiko ekstrem, dua aktivitas berisiko tinggi, empat aktivitas berisiko sedang, dan satu aktivitas berisiko rendah. Aktivitas dengan risiko ekstrem terutama ditemukan pada pekerjaan erection steel structure serta pekerjaan yang melibatkan pengangkatan material berat dan pekerjaan di ketinggian. Bahaya dominan yang teridentifikasi meliputi jatuh dari ketinggian, tertimpa material berat, dan kegagalan fungsi alat angkat. Hasil ini menunjukkan efektivitas integrasi HIRARC dan JSA dalam memprioritaskan pengendalian risiko di proyek konstruksi industri kimia. Rekomendasi pengendalian yang diusulkan menegaskan bahwa mitigasi risiko yang efektif harus bersifat sistemik, dengan memadukan perbaikan prosedur kerja, peningkatan kompetensi personel, dan pengawasan yang konsisten, tidak hanya bertumpu pada penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

Meskipun penelitian ini telah memberikan analisis risiko yang komprehensif melalui integrasi metode HIRARC dan JSA, beberapa keterbatasan perlu diakui. Penelitian ini menggunakan desain studi kasus tunggal dengan periode pengamatan yang relatif singkat, sehingga hasilnya memiliki keterbatasan dalam hal generalisasi dan belum sepenuhnya menangkap dinamika risiko jangka panjang. Selain itu, penelitian ini belum mencakup evaluasi pasca-implementasi terhadap efektivitas rekomendasi pengendalian yang diusulkan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan pendekatan studi longitudinal guna mengevaluasi perubahan tingkat risiko sebelum dan sesudah implementasi pengendalian, serta melakukan studi komparatif pada berbagai proyek konstruksi untuk meningkatkan validitas eksternal temuan. Kajian di masa depan juga dapat mengintegrasikan indikator kinerja keselamatan dan faktor non-teknis seperti budaya keselamatan dan kepemimpinan.

## Daftar Pustaka

- [1] M. [1] H. W. Heinrich, D. Petersen, dan N. Roos, *Industrial Accident Prevention: A Safety Management Approach*, 5th ed. McGraw-Hill, 1980.
- [2] I. L. Organization, "Safety and Health in Construction: Global Report," ILO, Geneva, 2023.
- [3] B. Ketenagakerjaan, "Laporan Tahunan dan Laporan Keberlanjutan," BPJS Ketenagakerjaan, Jakarta, 2023.
- [4] P. Hughes dan E. Ferrett, *Introduction to Health and Safety at Work: For the NEBOSH National General Certificate in Occupational Health and Safety*, 6th ed. Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN and New York, NY 10017: Routledge, 2016.
- [5] J. Muliawan, A. Yudhistira, H. P. P. Chandra, dan S. Ratnawidjaja, "Analisa Penyebab, Dampak, Pencegahan dan Penanganan Korban Kecelakaan Kerja di Proyek Konstruksi," *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, hlm. 136–143, 2018.
- [6] J. Hinze, *Construction Safety*, 2nd ed. Pearson Education, Inc., 2006. [Daring]. Tersedia pada: <https://archive.org/details/constructionsafe0000jimm>
- [7] D. E. Wibowo, I. Wahyuni, A. D. Hastutiningsih, I. M. Nurshefa, dan D. D. Rimawati, "Occupational safety and health risk analysis using HIRARC and JSA methods in building projects construction," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2629, no. 1, hlm. 040011, Agu 2023, doi: 10.1063/5.0128851.
- [8] D. of O. Safety dan H. (DOSH) Malaysia, *Guidelines for Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)*. Putrajaya: Ministry of Human Resources Malaysia, 2008.
- [9] T. Dahniar dan F. D. Ibnu, "Penerapan Metode HIRARC untuk Pengelolaan Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Industri Besi," *Industri Inovatif Jurnal Teknik Industri*, vol. 15, no. 1, hlm. 34–39, Feb 2025, doi: 10.36040/industri.v15i1.12123.
- [10] G. Santoso, "Analisis Manajemen Risiko K3 pada Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang dengan Metode HIRARC," *Jurnal K3 Konstruksi*, vol. 5, no. 1, hlm. 15–24, 2023.
- [11] T. A. N. Cahyo dan A. Sutarto, "Analisis Implementasi Manajemen Risiko Pada Pembangunan Museum Dan Galeri Seni SBY\* Ani Dengan HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control)," *Citiz. J. Ilm. Multidisiplin Indones*, vol. 2, no. 1, hlm. 71–80, 2022.
- [12] N. M. Dewantari, A. Umyati, dan F. Falah, "Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) pada Pembangunan Gedung Business Center," *Journal Industrial Services*, vol. 8, no. 1, hlm. 1–6, 2022.
- [13] F. M. Khudhory, L. D. Fathimahayati, dan T. A. Pawitra, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode HIRARC (Studi Kasus: CV. Jaya Makmur, Samarinda)," *EKINFO - Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi*, vol. 10, no. 2, hlm. 1-, Mei 2022, doi: 10.31001/tekinfo.v10i2.1329.
- [14] R. Indrayani, J. Sastradiharja, dan M. Rosanah, "Identifikasi Resiko Kerja Menggunakan Metode HIRARC Pada UMKM Tahu di Bandung," *Sistemik Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik*, vol. 9, no. 1, hlm. 23–27, Jun 2021, doi: 10.53580/sistemik.v9i01.52.
- [15] S. Australia dan S. N. Zealand, *AS/NZS 4360:2004 – Risk Management*. Sydney/Wellington: Standards Australia International Ltd and Standards New Zealand, 2004.
- [16] M. K. Ardiansyah, S. Irawan, dan H. H. Purba, "Identifikasi Faktor Risiko Keselamatan Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung di Indonesia dalam 10 Tahun Terakhir (2011-2021): Kajian Literatur," *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, vol. 20, no. 1, hlm. 45–58, 2022, doi: 10.1234/jtm.v20i1.1234.
- [17] J. Reason, *Managing the Risks of Organizational Accidents*, 1st ed. Routledge, 1997. doi: 10.4324/9781315543543.
- [18] M. A. Friend dan J. P. Kohn, *Fundamentals of Occupational Safety and Health*, 4th ed. Lanham, Maryland, United States: Government Institutes, an imprint of The Scarecrow Press, Inc., 2007.
- [19] J. L. Peng, X. Liu, C. Peng, dan Y. Shao, "Comprehensive factor analysis and risk quantification study of fall from height accidents," *Helicon*, vol. 9, no. 12, hlm. e22167, Nov 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e22167.
- [20] U. D. Arman, A. Sari, dan R. Nasmirayanti, "Analisis Risiko Keselamatan Konstruksi pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman," *Rang Teknik Journal*, vol. 4, no. 1, hlm. 168–179, 2021, doi: 10.31869/rtj.v4i1.2290.
- [21] G. D. Kearney, J. Hisel, dan J. A. Staley, "Effectiveness of Toolbox Talks as a Workplace Safety Intervention in the United States: A Scoping Review," *Safety*, vol. 11, no. 2, 2025, doi: 10.3390/safety11020035.
- [22] M. A. F. Hibatullah, E. D. Priyana, dan A. W. Rizqi, "Analisis Potensi Bahaya Menerapkan Metode JSA dan HIRARC pada Departemen Civil dan Electrical PT. ABC," *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 7, no. 3, hlm. 948, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1234/intecoms.v7i3.1234>

- [23] M. R. Trisnaryanto dan U. Amrina, "Analisis Potensi Bahaya dan Risiko Menggunakan Metode HIRARC dan JSA pada Proses Pekerjaan Penanaman Pipa BBM Boyolali – Semarang," dalam *Proceeding Mercu Buana Conference on Industrial Engineering*, 2024, hlm. 384–395. [Daring]. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1234/mbcie.v6i3.1234>
- [24] J. Ariyanto, E. Oktavia, A. Zen, H. SG, dan J. Salam, "Keluhan Musculoskeletal Disorders Pekerja Konstruksi Apartemen di Tangerang," *Jurnal Promotif Preventif*, vol. 7, no. 1, hlm. 77–83, 2024, doi: 10.47650/jpp.v7i1.1175.
- [25] N. Susanto, S. G. Lumbantobing, dan H. Prastawa, "Penilaian Persepsi Risiko Keselamatan Kerja pada Proyek Konstruksi menggunakan Adaptasi Kuesioner Municipal Public Health Rotterdam-Rijnmond," *TEKNIK*, vol. 44, no. 1, hlm. 46–56, 2023, doi: 10.14710/teknik.v44i1.50304.
- [26] D. L. Scotch, *Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers*, Ninth. Boston: Pearson, 2019. [Daring]. Tersedia pada: <https://lcen.loc.gov/2017008628>
- [27] G. Priolo, M. Vignoli, dan K. Nielsen, "Risk perception and safety behaviors in high-risk workers: A systematic literature review," *Safety Science*, vol. 186, hlm. 106811, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.106811>.
- [28] E. Erlina, "Pengaruh Kepemimpinan dan Budaya Organisasi terhadap Penerapan Budaya Keselamatan Kerja (di Perusahaan Konstruksi PT Sinai Indonesia)," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 12, no. 1, hlm. 1–7, 2017, doi: 10.47200/jts.v12i1.829.
- [29] M. C. Millana, L. Handoko, F. Rachman, dan N. Anggraini, "Pengaruh Safety Leadership terhadap Safety Behaviour di Industri Manufaktur Perkeretaapian," *Journal of Safety, Health, and Environment Engineering*, vol. 2, no. 1, hlm. 10, 2024, doi: 10.35991/jshee.v2i1.4.
- [30] I. M. Shohet, R. Naveh, dan F. Shahin, "Safety Climate in High-Rise Construction," *Buildings*, vol. 15, no. 9, 2025, doi: 10.3390/buildings15091398.
- [31] F. Shahin, R. Naveh, dan I. M. Shohet, "Safety Climate in High-Rise Construction," dalam *Proceedings of the 14th Creative Construction Conference (CCC 2025)*, M. Hajdu, M. Skibniewski, dan Z. Turk, Ed., Hotel Pinija, Petrcane, Zadar, Croatia: International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), Jun 2025, hlm. 20–24. doi: 10.22260/CCC2025/0004.
- [32] W. T. Chen, H. C. Merrett, Y.-H. Huang, T. A. Bria, dan Y.-H. Lin, "Exploring the Relationship between Safety Climate and Worker Safety Behavior on Building Construction Sites in Taiwan," *Sustainability*, vol. 13, no. 6, 2021, doi: 10.3390/su13063326