

Buku Referensi Total Feb 25.docx

by Lab Bahasa Universitas Panca Marga

Submission date: 21-Feb-2025 08:16PM (UTC-0500)

Submission ID: 2590919428

File name: Buku_Referensi_Total_Feb_25.docx (1.17M)

Word count: 39176

Character count: 261733

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku referensi, yang berjudul “Teknik Analisa K3 (JSA, HIRARC, HAZOP, FMEA, FTA, RCA & 5 *Whys* serta *Bowtie Analysis*)”, dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun sebagai panduan bagi para praktisi, akademisi, mahasiswa, serta siapa pun yang ingin memahami dan menerapkan metode analisis risiko dalam bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

Dalam dunia industri yang terus berkembang, keselamatan kerja menjadi aspek yang tidak bisa diabaikan. Kecelakaan kerja tidak hanya berdampak pada keselamatan individu, tetapi juga dapat menimbulkan kerugian besar bagi perusahaan dan lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan metode yang tepat dalam menganalisis, mengevaluasi, dan mengendalikan risiko agar potensi bahaya dapat diminimalkan secara efektif.

Buku ini membahas secara sistematis lima metode utama dalam analisis risiko K3, yaitu:

1. *Job Safety Analysis (JSA)* – Menganalisis bahaya dalam setiap tahapan pekerjaan secara spesifik.
2. *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC)* – Mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menentukan langkah pengendalian.

3. ⁶⁴ *Hazard and Operability Study* (HAZOP) – Menganalisis deviasi dalam sistem operasional untuk mengidentifikasi potensi kegagalan.
4. ¹¹⁸ *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) – Menentukan mode kegagalan dalam sistem serta dampaknya terhadap keselamatan kerja.
5. ³ *Fault Tree Analysis* (FTA) – Menggunakan pendekatan logika untuk menelusuri penyebab utama suatu kecelakaan atau kegagalan sistem.
6. *Root Cause Analysis & 5 Whys* – Menggunakan pendekatan sistematis, analitis, dan berbasis pertanyaan.
7. *Bowtie Analysis* – Menggunakan pendekatan visual, proaktif, berbasis risiko, pencegahan, mitigasi, dan manajemen keselamatan terpadu.

Harapan kami, ¹¹⁶ buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi pembaca dalam menerapkan strategi analisis K3 yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. ⁴ Kami menyadari bahwa dalam penyusunan buku ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran ³⁷ yang membangun sangat kami harapkan demi penyempurnaan edisi berikutnya.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang luas dan turut serta dalam ⁶ menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, dan produktif.

Tanah Jawa, Februari 2025

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 DASAR - DASAR KESELAMATAN DAN	
KESEHATAN KERJA (K3)	1
1.1. Regulasi Terkait K3	1
1.1.1. Regulasi K3 di Indonesia (Pical, 2024).....	1
166 a. Undang-Undang	1
b. Peraturan Pemerintah (PP).....	2
c. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan (Permenaker).....	2
1.1.2. Standar Internasional K3 (Setiawan, 2023)	3
1.2. Analisis Risiko dalam Sistem Kerja	4
1.2.1. Tujuan Analisis Risiko dalam K3	4
1.2.2. Metode Analisis Risiko	5
109 1. Job Safety Analysis (JSA).....	5
2. Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC)	5
22 3. HAZOP (Hazard and Operability Study).....	6
4. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)	6
5. Fault Tree Analysis (FTA).....	7

6. <i>Root Cause Analysis</i> (RCA).....	7
7. <i>Bowtie Analysis</i>	8
1.2.3. Implementasi Analisis Risiko dalam Sistem Kerja.....	9
BAB 2 JOB SAFETY ANALYSIS	11
2.1. Definisi <i>Job Safety Analysis</i> (JSA).....	11
2.2. Tahap-tahap dalam <i>Job Safety Analysis</i> (JSA)	12
2.3. Manfaat <i>Job Safety Analysis</i> (JSA)	16
2.4. Kelemahan <i>Job Safety Analysis</i> (JSA)	18
2.5. <i>Job Safety Analysis</i> Cocok Diterapkan dalam Beberapa Bidang	19
2.6. Beberapa Contoh Kasus K3 dengan Analisis JSA.....	20
2.6.1. Kasus: Pekerjaan Pemasangan <i>Scaffold</i> di Proyek Konstruksi.....	20
2.6.2. Kasus: Kecelakaan Kerja Pengangkatan Beban Berat.....	25
2.7. Perbandingan Tingkat Resiko Awal dan Resiko Residual	35
BAB 3 HAZARD IDENTIFICATION, RISK ASSESSMENT AND RISK CONTROL (HIRARC)	41
3.1. Definisi <i>Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control</i> (HIRARC)	42
3.1.1. <i>Hazard Identification</i> (Identifikasi Bahaya).....	42
3.2. Tahap-tahap dalam <i>Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control</i> (HIRARC)	53

3.2.1.	¹⁶² <i>Hazard Identification</i> (Identifikasi Bahaya).....	53
3.2.2.	<i>Risk Assessment</i> (Penilaian Risiko)	57
3.2.3.	<i>Risk Control</i> (Kontrol Risiko).....	58
3.3.	Manfaat HIRARC (Magdalena dkk., 2022; Nurmahmudi dkk., 2023)	60
3.4.	⁵⁹ Kelemahan <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control</i> (HIRARC) (Priyanka & Basaria, 2023; Raza, 2023)	62
3.5.	³⁴ Aplikasi <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control</i> (HIRARC)	64
3.6.	³⁴ Beberapa Contoh Kasus K3 dengan Kelemahan <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control</i> (HIRARC).....	68
3.6.1.	Ledakan di Pabrik Kimia	68
3.6.2.	Pekerja Jatuh dari Ketinggian di Proyek Konstruksi.....	69
3.6.3.	Paparan Bahan Kimia Berbahaya di Laboratorium.....	69
3.6.4.	Kebakaran di Gudang Penyimpanan	70
3.6.5.	Cedera Ergonomi pada Pekerja Kantor	71
3.6.6.	Kecelakaan Alat Berat di Pertambangan....	71
3.7.	Perbandingan Tingkat Resiko awal dan Resiko Residual	72
3.7.1.	Risiko Awal (<i>Initial Risk</i>) (Fauziyah dkk., 2021)	72

3.7.2.	Risiko Residual (<i>Residual Risk</i>) (Uayan dkk., 2024)	73
3.7.3.	Perbandingan Tingkat Risiko Awal dan Residual	74
3.7.4.	Kalkulasi Tingkat Risiko Awal dan Residual	74
3.7.5.	Keefektifan Pengendalian dalam Menurunkan Risiko	75
BAB 4	HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP)	77
4.1.	Definisi <i>Hazard and Operability Study (HAZOP)</i> ..	78
4.2.	Tahap-tahap dalam <i>Hazard and Operability Study (HAZOP)</i>	80
4.3.	Manfaat dan Kelebihan <i>Hazard and Operability Study (HAZOP)</i>	87
4.4.	Kelemahan <i>Hazard and Operability Study (HAZOP)</i>	89
4.5.	Aplikasi <i>Hazard and Operability Study (HAZOP)</i>	91
4.6.	Contoh Kasus K3 dengan Analisis <i>Hazard and Operability Study (HAZOP)</i>	93
BAB 5	FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)	100
5.1.	Definisi <i>Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i>	100
5.2.	Tahap-tahap dalam <i>Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i>	103
5.3.	Penerapan <i>FMEA</i> dalam K3.....	105

	185	
5.4. Manfaat dan Kelebihan <i>Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i>		106
5.4.1. Manfaat FMEA dalam K3		107
5.4.2. Kelebihan FMEA dalam K3		108
5.5. Kelemahan <i>Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i>	38	110
5.6. Aplikasi <i>Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i> dalam K3	38	111
BAB 6 <i>FAULT TREE ANALYSIS (FTA)</i>		116
6.1. Definisi <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i>		117
6.2. Tahap-tahap dalam <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i>		119
1. Menentukan <i>top event</i> (kejadian yang tidak diinginkan).....		120
2. Mengidentifikasi penyebab langsung dan dasar dari <i>top event</i>		120
3. Menyusun diagram pohon kesalahan (<i>Fault Tree Diagram</i>)		120
4. Menganalisis jalur kegagalan (<i>Failure Paths</i>)		121
5. Menilai probabilitas terjadinya kegagalan.....		121
6. Menentukan tindakan pencegahan dan perbaikan.....		121
7. Implementasi dan evaluasi hasil		122
6.3. Penerapan FTA dalam K3		122
1. Identifikasi kejadian tidak diinginkan dalam K3.....		123

2. Mengidentifikasi penyebab kegagalan.....	123
3. Menyusun diagram pohon kesalahan (<i>Fault Tree Diagram</i>)	125
4. Menilai risiko dan probabilitas kejadian	127
5. Menentukan tindakan pencegahan dan mitigasi risiko.....	127
6. Implementasi dan pemantauan	128
6.4. Manfaat dan Kelebihan FTA.....	129
6.4.1. Manfaat <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) dalam K3.....	129
6.4.2. Kelebihan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) dibanding Metode Lain	130
6.5. Kelemahan FTA.....	132
1. Membutuhkan data yang akurat dan lengkap	132
2. Tidak mempertimbangkan faktor waktu dan perubahan sistem.....	132
3. Kompleksitas dalam analisis sistem yang besar.....	133
4. Sulit menangani kegagalan yang bersifat multikausal	133
5. Tidak memperhitungkan dampak manusia dan faktor sosial secara mendalam	133
6. Tidak memberikan solusi langsung	134
6.6. Aplikasi FTA	134
BAB 7 <i>ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA) & 5 WHYS</i>	137

7.1.	Definisi ²⁰ Root Cause Analysis (RCA) & 5 Whys	137
7.1.1.	Root Cause Analysis (RCA).....	137
7.1.2.	Metode 5 Whys	138
7.2.	Tahap-tahap dalam ²⁰ Root Cause Analysis (RCA) & 5 Whys	140
7.2.1.	Tahapan RCA dalam Investigasi Kecelakaan Kerja (Zhang dkk., 2020)	140
7.2.2.	Tahapan 5 Whys dalam Investigasi Kecelakaan Kerja	141
7.3.	Penerapan ²⁰ Root Cause Analysis (RCA) & 5 Whys dalam K3	143
7.4.	Manfaat dan Kelebihan ²⁰ Root Cause Analysis (RCA) & 5 Whys (Yonas, 2023)	144
7.5.	Kelemahan ²⁰ Root Cause Analysis (RCA) & 5 Whys (Ito dkk., 2022)	145
7.6.	Aplikasi ²⁰ Root Cause Analysis (RCA) & 5 Whys	147
BAB 8	BOWTIE ANALYSIS	154
8.1.	Definisi Bowtie Analysis	155
8.1.1.	Bentuk Diagram Bowtie	156
8.1.2.	Elemen Utama dalam Bowtie Analysis.....	157
8.2.	Tahap-tahap dalam Bowtie Analysis	158
8.3.	Penerapan Bowtie Analysis dalam K3	160
	1. Identifikasi bahaya di tempat kerja	161
	2. Analisis Ancaman dan Peristiwa Puncak	161
	3. Menetapkan Pengendalian Pencegahan (Preventive Barriers).....	161

4. Menentukan Konsekuensi dan Pengendalian Mitigasi	162
5. Implementasi dan Pemantauan Keefektifan Sistem K3.....	162
8.4. Manfaat dan Kelebihan <i>Bowtie Analysis</i>.....	163
1. Memberikan pemahaman visual yang jelas	163
2. Meningkatkan kesadaran dan pemahaman risiko.....	164
3. Mencegah kecelakaan dengan identifikasi risiko sejak dini.....	164
4. Memudahkan identifikasi kelemahan dalam sistem keselamatan	165
5. Fleksibel dan dapat diterapkan di berbagai industri	165
6. Meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan.....	166
7. Mempermudah pengambilan keputusan dalam manajemen risiko.....	166
8.5. Kelemahan <i>Bowtie Analysis</i>.....	167
8.6. Aplikasi <i>Bowtie Analysis</i>	171
BAB 9 PERBANDINGAN METODE ANALISIS K3	176
BAB 10 PENUTUP	190
10.1. Kesimpulan	191
10.2. Saran	193
DAFTAR PUSTAKA.....	197

LAMPIRAN BEBERAPA STUDI KASUS SESUAI METODE
MANAJEMEN RISIKO K3 223

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Potensi bahaya pengumpulan dan pemeriksaan komponen <i>scaffold</i> dan tindakan pengendalian.....	22
Tabel 2.2	Potensi bahaya pemasangan tiang utama <i>scaffold</i> dan tindakan pengendalian	22
Tabel 2.3	Potensi bahaya pengencangan dan pemasangan palang penahan dan tindakan pengendalian.....	23
Tabel 2.4	Potensi bahaya penyusunan dan pengamanan platform kerja dan tindakan pengendalian.....	23
Tabel 2.5	Potensi bahaya memastikan kestabilan <i>scaffold</i> sebelum digunakan dan tindakan pengendalian.....	23
Tabel 2.6	Langkah pengendalian potensi bahaya pemasangan <i>scaffold</i>	24
Tabel 2.7	Identifikasi tugas kerja pengangkatan beban berat	26
Tabel 2.8	Potensi bahaya kerja pengangkatan beban berat	28
Tabel 2.9	Tingkat risiko masing-masing potensi bahaya kerja pengangkatan beban berat	29
Tabel 2.10	Tindakan pengendalian potensi bahaya kerja pengangkatan beban berat	31

Tabel 2.11	Tingkat risiko dan risiko residual setelah tindakan pengendalian.....	33
Tabel 2.12	Perhitungan risiko residual setelah tindakan pengendalian.....	33
Tabel 2.13	Perbandingan risiko awal dan risiko residual....	35
4 Tabel 3.1	Matriks tingkat risiko.....	58
Tabel 3.2	Hirarki pengendalian risiko	59
Tabel 3.3	Perbandingan tingkat risiko awal dan residual.....	74
Tabel 4.1	Kata kunci dalam HAZOP beserta fokus analisis	84
Tabel 4.2	Peristiwa dan penyebab penyimpangan.....	94
Tabel 4.3	Penyebab utama, subjek dan konsekuensi penyimpangan.....	95
Tabel 4.4	Evaluasi penyimpangan.....	95
Tabel 4.5	Gambaran metode LOPA, FMEA dan <i>bowtie analysis</i> melengkapi metode HAZOP	97
Tabel 5.1	Penerapan FMEA dalam K3.....	105
Tabel 5.2	Tabel analisis mode kegagalan menggunakan FMEA	112
Tabel 8.1	Tabel ancaman dan pencegahan peristiwa pekerja jatuh	172
Tabel 8.2	Tabel konsekuensi dan mitigasi peristiwa pekerja jatuh	173
Tabel 9	Tabel Perbandingan Metode Analisis Risiko dalam K3.....	179

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Risk hierarchi</i>	15
Gambar 2.2	Grafik perbandingan risiko awal dan risiko residual.....	36
Gambar 2.3	Grafik Penurunan <i>Likelihood</i> dan <i>Severity</i>	37
Gambar 2.4	Diagram lingkaran distribusi risiko awal dan akhir	39
Gambar 6.1	Diagram pohon kesalahan hubungan sebab-akibat.....	124
Gambar 6.2	Diagram pohon kesalahan hubungan sebab-akibat.....	125
Gambar 8.1	Bentuk diagram <i>bowtie</i>	156

BAB 1**DASAR - DASAR KESELAMATAN
DAN KESEHATAN KERJA (K3)**

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah aspek penting dalam dunia kerja yang bertujuan untuk melindungi pekerja dari risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Implementasi K3 tidak hanya meningkatkan kesejahteraan pekerja, tetapi juga membantu efisiensi dan produktivitas perusahaan (Trismawati & Utomo, 2023). Prinsip dasar K3 mencakup berbagai aspek yang harus diterapkan di tempat kerja untuk menciptakan lingkungan yang aman dan sehat. Diantaranya adalah pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja, kepatuhan terhadap regulasi dan standart K3, partisipasi dan kesadaran karyawan, peningkatan berkelanjutan dalam K3.

1.1. Regulasi Terkait K3

Setiap negara memiliki regulasi khusus mengenai K3 yang harus dipatuhi oleh perusahaan. Beberapa regulasi yang umum digunakan adalah:

1.1.1. Regulasi K3 di Indonesia (Pical, 2024)**a. Undang-Undang**

1. Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja, mengatur kewajiban perusahaan dalam menerapkan langkah-langkah keselamatan bagi pekerja.

2. ²⁴ Undang-Undang No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan, menegaskan hak pekerja untuk mendapatkan perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja.
 3. ⁴² Undang-Undang No. 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi Undang-Undang
- b. Peraturan Pemerintah (PP)
1. PP No. 50 Tahun 2012 ¹⁸² tentang penerapan Sistem Manajemen K3 (SMK3), mewajibkan perusahaan dengan lebih dari 100 pekerja untuk menerapkan SMK3.
 2. ¹⁰² Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang (Perpu) Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja.
 3. ⁷⁹ PP No. 28 Tahun 2024 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan, mengatur ²⁰⁶ tentang kesehatan kerja dan lingkungan kerja yang layak bagi pekerja.
- c. ⁵³ Peraturan Menteri Ketenagakerjaan (Permenaker)
1. Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang K3 Lingkungan Kerja, menentukan standar kesehatan lingkungan kerja, termasuk paparan zat kimia, kebisingan, dan suhu.
 2. ¹⁸ Permenaker No. 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri (APD), mengatur kewajiban perusahaan dalam

menyediakan APD bagi pekerja sesuai dengan jenis pekerjaan.

3. Permenaker No. 9 Tahun 2016 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja dalam Pekerjaan di Ketinggian, mengatur prosedur dan standar keselamatan dalam pekerjaan di ketinggian.

1.1.2. Standar Internasional K3 (Setiawan, 2023)

Selain regulasi nasional, banyak perusahaan mengadopsi standar internasional untuk meningkatkan sistem K3 mereka, yaitu:

1. ISO 45001:2018 (*Occupational Health and Safety Management System*), standar global untuk sistem manajemen K3 yang menggantikan OHSAS 18001.
2. OHSAS 18001 (*Occupational Health and Safety Assessment Series*), Standar sebelumnya yang digunakan untuk sistem manajemen K3 sebelum digantikan oleh ISO 45001.
3. ILO Convention No. 155 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja, konvensi dari *International Labour Organization* (ILO) yang menjadi pedoman global untuk perlindungan tenaga kerja.

Regulasi K3 sangat penting untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat. Di Indonesia, regulasi ini diatur dalam berbagai undang-undang, peraturan pemerintah, dan peraturan menteri. Selain itu, standar internasional seperti ISO 45001 juga sering digunakan untuk memastikan kepatuhan

terhadap praktik keselamatan global. Penerapan regulasi ini tidak hanya melindungi pekerja tetapi juga meningkatkan efisiensi dan produktivitas perusahaan.

1.2. Analisis Risiko dalam Sistem Kerja

Analisis risiko dalam sistem kerja merupakan proses sistematis untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan atau penyakit akibat kerja (Trismawati & Nanlohy, 2024, hlm. 8). Dengan melakukan analisis risiko, perusahaan dapat mengurangi insiden yang tidak diinginkan, meningkatkan efisiensi operasional, dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

1.2.1. Tujuan Analisis Risiko dalam K3

Analisis risiko adalah metode untuk mengevaluasi kemungkinan bahaya yang terjadi dalam suatu pekerjaan, menilai dampaknya, dan menentukan langkah pengendalian yang tepat untuk mencegah kecelakaan atau cedera. Tujuan utama dari analisis risiko dalam sistem kerja adalah (Fachrezi, 2021):

1. Mencegah kecelakaan kerja dengan mengidentifikasi sumber bahaya lebih awal.
2. Mengurangi dampak risiko terhadap pekerja dan perusahaan.
3. Memastikan kepatuhan terhadap regulasi K3 yang berlaku.

4. Meningkatkan produktivitas dengan menciptakan lingkungan kerja yang aman.
5. Mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.
6. Meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi gangguan kerja akibat insiden.
7. Memastikan kepatuhan terhadap regulasi dan standar K3.

1.2.2. Metode Analisis Risiko

Metode yang digunakan dalam analisis risiko yaitu :

1. *Job Safety Analysis (JSA)*
JSA (Job Safety Analysis) adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi potensi bahaya dalam setiap langkah kerja, menilai risikonya, dan menentukan langkah pengendalian yang tepat guna mencegah kecelakaan dan cedera (Ikhsan, 2022). JSA digunakan untuk meningkatkan keselamatan kerja dengan memastikan bahwa setiap tugas dilakukan dengan cara yang aman dan sesuai prosedur. Metode yang digunakan untuk menganalisis langkah-langkah kerja dengan mengidentifikasi bahaya di setiap tahapan pekerjaan dan menentukan langkah mitigasi.
2. *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC)*
HIRACS (Hazard Identification, Risk Assessment, and Control System) adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, dan

menentukan tindakan pengendalian yang tepat dalam suatu lingkungan kerja (Triswandana, 2020). Metode ini digunakan untuk memastikan bahwa semua potensi risiko dapat dikendalikan dengan efektif guna mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja. HIRACS sering diterapkan dalam berbagai industri sebagai bagian dari manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Metode yang menggabungkan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko dalam satu pendekatan terstruktur.

- 28
3. HAZOP (*Hazard and Operability Study*)
HAZOP (*Hazard and Operability Study*) adalah metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan masalah operasional dalam suatu sistem atau proses industry (Sobirin & Faritsy, 2023). HAZOP dilakukan secara sistematis dengan pendekatan berbasis tim, di mana setiap tahapan proses dianalisis menggunakan kata kunci tertentu untuk menemukan kemungkinan penyimpangan dari kondisi normal yang dapat menimbulkan risiko. Metode ini sering digunakan dalam industri kimia, minyak dan gas, serta manufaktur untuk meningkatkan keselamatan dan keandalan operasi.
- 27
4. *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)
FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) adalah metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi,

mengevaluasi, dan mencegah potensi kegagalan dalam suatu sistem, proses, atau produk dengan menilai dampaknya serta menentukan tindakan mitigasi yang diperlukan (Sabaraya & Prastawa, 2024). Metode ini membantu meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional. Teknik yang mengevaluasi potensi kegagalan dalam suatu sistem dan dampaknya terhadap operasional serta keselamatan kerja.

7
5. *Fault Tree Analysis (FTA)*

FTA (*Fault Tree Analysis*) adalah metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama suatu kegagalan atau kejadian yang tidak diinginkan dengan menggunakan pendekatan berbasis diagram pohon (Wicaksono & Yuamita, 2022). Metode ini membantu dalam mengevaluasi hubungan antara berbagai faktor penyebab dan menentukan langkah mitigasi untuk mencegah kegagalan tersebut. Pendekatan berbasis diagram pohon yang mengidentifikasi penyebab utama kegagalan atau kecelakaan.

26
6. *Root Cause Analysis (RCA)*

RCA (*Root Cause Analysis*) adalah suatu metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah atau kejadian yang tidak diinginkan (Amrillah dkk., 2024). Dalam konteks Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), RCA sering diterapkan untuk

menganalisis kecelakaan atau insiden kerja dengan tujuan mencegah terulangnya kejadian serupa di masa depan. Tujuan utama RCA adalah menemukan penyebab mendasar dari suatu insiden, bukan hanya mengatasi gejala yang muncul. Dengan memahami akar permasalahan, perusahaan dapat menerapkan tindakan perbaikan yang efektif guna meningkatkan keselamatan kerja dan efisiensi operasional.

7. *Bowtie Analysis*

⁵³
Bowtie Analysis adalah metode manajemen risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan bahaya dalam suatu sistem atau lingkungan kerja (Sukmadiningtyas & Fathoni, 2024). Metode ini menggambarkan hubungan antara bahaya, penyebab, konsekuensi, serta pengendalian pencegahan dan mitigasi dalam bentuk diagram menyerupai dasi kupu-kupu (*bowtie*). *Bowtie Analysis* banyak digunakan dalam industri konstruksi, minyak & gas, manufaktur, dan sektor lain yang memiliki risiko tinggi. Sebagai contoh, dalam proyek konstruksi, bahaya seperti "jatuh dari ketinggian" dianalisis dengan menetapkan langkah-langkah pencegahan (misalnya penggunaan APD dan pagar pengaman) serta mitigasi (misalnya pelatihan evakuasi dan kesiapan tim medis). Metode ini membantu perusahaan memahami dan mengelola risiko secara

sistematis, meningkatkan keselamatan kerja, serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi K3

1.2.3. Implementasi Analisis Risiko dalam Sistem Kerja

Agar analisis risiko berjalan efektif, perusahaan harus menerapkan langkah-langkah berikut (Priana, 2024):

1. Identifikasi bahaya yaitu menentukan ⁶⁷potensi bahaya dalam suatu pekerjaan.
2. Penilaian risiko yaitu menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan dan dampaknya.
3. Pengendalian Risiko yaitu menerapkan langkah-langkah pencegahan dan perlindungan.
4. Melibatkan seluruh pemangku kepentingan, dalam hal ini termasuk didalamnya manajemen, pekerja, dan tim K3 harus berperan aktif dalam analisis risiko.
5. Menggunakan data historis kecelakaan yaitu evaluasi data kecelakaan sebelumnya dapat membantu mengidentifikasi pola risiko.
6. Menerapkan pelatihan dan sosialisasi bahwa semua pekerja harus memahami bahaya kerja dan cara menghadapinya.
7. Melakukan pemantauan dan evaluasi berkala karena risiko dalam sistem kerja dapat berubah, sehingga analisis risiko harus diperbarui secara berkala.
8. Mengintegrasikan dengan Sistem Manajemen K3 (SMK3) untuk memastikan bahwa analisis risiko menjadi bagian dari kebijakan keselamatan perusahaan.

75

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah aspek krusial dalam dunia kerja yang bertujuan untuk melindungi pekerja dari bahaya dan memastikan lingkungan kerja yang aman. Prinsip dasar K3 meliputi pencegahan kecelakaan, kepatuhan terhadap regulasi, partisipasi pekerja, dan perbaikan berkelanjutan. Regulasi K3 yang berlaku, baik nasional maupun internasional, harus diikuti oleh perusahaan.

Selain itu, analisis risiko memainkan peran penting dalam sistem K3, membantu perusahaan mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan bahaya kerja. Dengan penerapan K3 yang baik, perusahaan dapat meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan pekerja serta mengurangi potensi kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Analisis risiko dalam sistem kerja adalah langkah penting dalam penerapan K3 yang bertujuan untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan potensi bahaya di lingkungan kerja. Dengan menerapkan metode yang tepat seperti JSA, HIRARC, atau FMEA, perusahaan dapat mengurangi insiden kecelakaan, meningkatkan keselamatan kerja, dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi.

Penerapan analisis risiko yang efektif harus didukung oleh keterlibatan seluruh pihak, pemantauan berkala, dan integrasi dengan kebijakan K3 agar menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif.

*****TS*****

BAB 2

¹² **JOB SAFETY ANALYSIS**

2.1. Definisi *Job Safety Analysis* (JSA)

²
Job Safety Analysis (JSA) adalah suatu metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang terkait dengan setiap langkah dalam suatu pekerjaan tertentu dan menetapkan tindakan pengendalian untuk meminimalkan atau menghilangkan risiko yang ada (Ikhsan, 2022). JSA bertujuan untuk meningkatkan keselamatan kerja dengan memecah pekerjaan menjadi langkah-langkah yang lebih kecil, menganalisis setiap langkah untuk mengidentifikasi bahaya yang mungkin terjadi, serta menentukan tindakan pencegahan yang tepat (Kusumastuti dkk., 2024). JSA biasanya diterapkan pada pekerjaan yang berisiko tinggi atau pekerjaan yang baru. Dengan melibatkan pekerja dan manajemen dalam proses analisis ini, JSA membantu dalam menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, meningkatkan pemahaman pekerja terhadap potensi risiko, dan mengurangi insiden kecelakaan kerja.

Metode yang sistematis ini digunakan untuk mengidentifikasi bahaya potensial yang terkait dengan setiap langkah dalam suatu pekerjaan tertentu, serta menetapkan tindakan pengendalian untuk mengurangi atau menghilangkan risiko tersebut. JSA bertujuan untuk meningkatkan keselamatan kerja dengan menguraikan pekerjaan menjadi tahapan-tahapan yang lebih kecil, menganalisis bahaya pada setiap tahap, dan

menentukan langkah-langkah pencegahan yang tepat (Kusumastuti dkk., 2024). Dalam proses ini, JSA membantu organisasi untuk mengurangi kecelakaan kerja, meningkatkan kesadaran pekerja terhadap risiko, dan memastikan bahwa langkah-langkah keselamatan diterapkan di setiap bagian dari proses kerja.

2.2. Tahap-tahap dalam ²Job Safety Analysis (JSA)

Job Safety Analysis (JSA) adalah proses sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengurangi risiko di tempat kerja (Ikhsan, 2022). Dalam penerapan JSA, terdapat beberapa tahap yang harus dilalui untuk memastikan bahwa semua aspek keselamatan diperhatikan secara menyeluruh. Tahap-tahap ini tidak hanya mencakup analisis risiko, tetapi juga melibatkan perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi. Di bagian ini, kita akan membahas secara rinci setiap tahap dalam JSA, yang akan membantu kita memahami langkah-langkah penting ⁶yang perlu diambil untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman. Dalam menjalankan analisis menggunakan JSA mengikuti langkah-langkah berikut (Hidayat & Nuruddin, 2022):

1. ¹Pemilihan pekerjaan yang akan dianalisis

Langkah pertama dalam JSA adalah menentukan pekerjaan mana yang akan dianalisis. Pekerjaan yang dipilih biasanya yang memiliki tingkat risiko yang tinggi, frekuensi kecelakaan kerja yang lebih sering, atau pekerjaan yang baru dan belum teruji keamanannya.

Contoh menganalisis pekerjaan pemasangan rangka baja di proyek konstruksi, yaitu (Simanjuntak dkk., 2022):

- a. Pekerjaan dengan tingkat kecelakaan atau insiden yang tinggi.
- b. Pekerjaan yang melibatkan bahaya fisik, kimia, atau mekanis.
- c. Pekerjaan yang melibatkan penggunaan alat berat atau mesin berbahaya.
- d. Pekerjaan yang baru dan belum pernah dilakukan sebelumnya.

2. Pecah pekerjaan menjadi langkah-langkah kecil

Setelah pekerjaan dipilih, langkah berikutnya adalah mengurai pekerjaan tersebut menjadi beberapa langkah kecil yang logis dan berurutan. Setiap langkah harus cukup detail sehingga potensi bahaya dalam setiap tahapan bisa diidentifikasi secara akurat, tetapi tidak terlalu detail yang akan memecahnya menjadi bagian-bagian yang tidak relevan. Sebagai contoh pekerjaan dalam pemasangan rangka baja, langkah-langkahnya sebagai berikut (Sari & Arsyad, 2020):

- a. Mengangkat dan memindahkan rangka baja ke lokasi kerja.
- b. Menyetel rangka pada posisi yang diinginkan.
- c. Mengencangkan baut dan memastikan stabilitas rangka.

3. Identifikasi bahaya pada setiap langkah

Setelah pekerjaan dipecah menjadi langkah-langkah kecil, ² identifikasi potensi bahaya yang terkait dengan setiap langkah. Bahaya dapat berasal dari lingkungan, peralatan, bahan, atau perilaku pekerja (Abdur Rahman & Afridah, 2023). Penting untuk mempertimbangkan segala jenis bahaya, baik yang terlihat jelas maupun yang tidak terlihat, seperti bahaya ergonomis atau paparan bahan kimia. Sebagai contoh mengangkat dan memindahkan rangka baja, potensi bahaya yang ada adalah bahaya tertimpa benda, risiko cedera otot saat mengangkat benda berat, jatuh dari ketinggian (Simanjuntak dkk., 2022).

4. Tentukan langkah pengendalian bahaya

Setelah mengidentifikasi potensi bahaya, langkah selanjutnya adalah menetapkan tindakan pengendalian untuk menghilangkan atau meminimalkan risiko. Pengendalian bahaya harus mengikuti hirarki pengendalian risiko, mulai dari eliminasi bahaya hingga penggunaan alat pelindung diri (APD) jika langkah pengendalian lainnya tidak cukup efektif. ¹ Hirarki pengendalian risiko seperti tampak dalam gambar di bawah ini (Yap & Lee, 2020):



Gambar 2.1 Risk hierarchi

Sebagai contoh mengangkat dan memindahkan rangka baja, dalam hal ini tindakan pengendaliannya adalah

- Gunakan alat bantu pengangkat seperti crane untuk meminimalkan bahaya cedera fisik.
- Pekerja menggunakan APD seperti helm, sepatu keselamatan, dan sabuk pengaman.
- Memastikan area kerja aman dari orang lain selama proses pengangkatan berlangsung.

5. Implementasi dan pemantauan

Setelah semua bahaya dan tindakan pengendalian diidentifikasi, langkah terakhir adalah mengimplementasikan JSA di tempat kerja. Setiap pekerja yang terlibat harus memahami langkah-langkah JSA yang telah dibuat dan mematuhi tindakan pengendalian yang telah

ditentukan. Supervisi dan pemantauan ¹⁷⁹ yang terus menerus harus dilakukan untuk memastikan bahwa pekerja mematuhi pedoman keselamatan yang ditetapkan. Sebagai contoh dalam hal ini supervisor harus memantau apakah pekerja mengikuti prosedur pengangkatan rangka baja dengan benar dan menggunakan APD dengan tepat.

6. Tinjauan Ulang dan Perbaikan

JSA bukanlah dokumen statis, dan ⁸ harus ditinjau ulang secara berkala. Setiap ⁸ perubahan pada proses pekerjaan atau insiden kecelakaan harus menyebabkan evaluasi ulang JSA untuk memastikan bahwa tindakan pengendalian yang telah diterapkan masih efektif dan relevan. ⁸ Metode *Job Safety Analysis* (JSA) merupakan alat penting dalam upaya mengurangi kecelakaan kerja dan meningkatkan keselamatan. Dengan menganalisis setiap langkah pekerjaan, kita dapat merancang ⁷¹ langkah-langkah pengendalian yang tepat untuk mengurangi risiko. Implementasi JSA yang efektif akan membantu ¹⁶¹ menciptakan tempat kerja yang lebih aman, produktif, dan efisien.

2.3. Manfaat *Job Safety Analysis* (JSA)

¹³ Dalam upaya menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat, ²¹¹ *Job Safety Analysis* (JSA) hadir sebagai solusi yang efektif. JSA memungkinkan kita untuk melakukan analisis

mendalam terhadap setiap langkah dalam suatu pekerjaan, sehingga risiko dapat diidentifikasi dan dikelola dengan lebih baik. Manfaat yang diperoleh dari penerapan JSA tidak hanya dirasakan oleh karyawan, tetapi juga oleh organisasi dalam hal efisiensi, produktivitas, dan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan (Fatach dkk., 2023). Beberapa manfaat JSA dan bagaimana metode ini dapat diterapkan untuk mencapai tujuan keselamatan kerja sbb (Tinambunan & Safrin, 2023):

1. Mengurangi kecelakaan kerja, dengan mengidentifikasi bahaya terlebih dahulu dan mengimplementasikan tindakan pengendalian yang tepat, JSA membantu mengurangi risiko kecelakaan di tempat kerja.
2. Peningkatan kesadaran pekerja, melalui keterlibatan pekerja dalam proses JSA, mereka lebih memahami risiko yang ada dan cara menghindarinya, sehingga meningkatkan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan.
3. Efisiensi operasional, dalam hal ini JSA membantu dalam mengidentifikasi dan menghilangkan bahaya yang dapat mengganggu alur kerja, sehingga menciptakan lingkungan kerja yang lebih efisien dan produktif.
4. Pemenuhan persyaratan hukum, karena banyak peraturan keselamatan kerja yang mengharuskan penerapan metode seperti JSA untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko di tempat kerja. Dengan menerapkan JSA, perusahaan dapat memastikan bahwa mereka memenuhi persyaratan hukum terkait K3.

2.4. Kelemahan *Job Safety Analysis* (JSA)

Job Safety Analysis (JSA) adalah pendekatan penting dalam manajemen keselamatan, tetapi seperti metode lainnya, JSA juga memiliki kekurangan. Kelemahan ini dapat mempengaruhi efektivitasnya dalam mengidentifikasi dan mengurangi risiko di tempat kerja. Beberapa faktor, seperti keterbatasan waktu, kurangnya pelatihan, dan ketidakaktifan karyawan, dapat menghambat proses JSA. Dalam bagian ini, kita akan membahas kelemahan-kelemahan JSA dan memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang bagaimana kelemahan tersebut dapat diatasi (Fitri, 2019)

- a. Memerlukan waktu untuk menganalisis setiap pekerjaan, terutama jika pekerjaan tersebut sangat kompleks atau melibatkan banyak tahapan.
- b. Ketergantungan pada pelaksanaan, meskipun JSA telah dirancang dengan baik, keberhasilannya sangat tergantung pada bagaimana pekerja mematuhi dan menjalankan prosedur yang ditetapkan. Jika pekerja lalai, risiko kecelakaan tetap ada.
- c. Perubahan lingkungan kerja, jika ada perubahan signifikan dalam pekerjaan atau lingkungan kerja, JSA yang sebelumnya dibuat mungkin tidak lagi relevan dan memerlukan revisi.

2.5. *Job Safety Analysis* Cocok Diterapkan dalam Beberapa Bidang

Job Safety Analysis (JSA) sangat cocok diterapkan dalam berbagai bidang yang terkait dengan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). Berikut adalah beberapa bidang di mana JSA dapat diterapkan secara efektif:

- a. Konstruksi: JSA sering digunakan dalam industri konstruksi untuk menganalisis risiko yang terkait dengan pekerjaan di lokasi konstruksi, seperti pengoperasian alat berat, kerja di ketinggian, dan pemindahan material (Budiharjo, 2024).
- b. Manufaktur: Dalam industri manufaktur, JSA dapat membantu mengidentifikasi bahaya yang terkait dengan mesin, proses produksi, dan penggunaan bahan kimia berbahaya (Ilmansyah dkk., 2020).
- c. Energi dan pertambangan: Sektor energi, termasuk minyak dan gas, serta pertambangan, memiliki risiko yang signifikan. JSA membantu dalam menganalisis proses pengeboran, pengangkatan, dan pengolahan material (Hasheminejad dkk., 2022).
- d. Transportasi: JSA dapat diterapkan untuk menganalisis risiko dalam pengoperasian kendaraan, pengiriman barang, dan keselamatan di tempat parkir atau terminal (Akbar dkk., 2023).
- e. Kesehatan dan layanan kesehatan: Di lingkungan medis, JSA berguna untuk mengidentifikasi risiko yang terkait dengan prosedur medis, penggunaan alat medis, dan penanganan limbah medis (Katiandagho dkk., 2024).

- f. Perhotelan dan restoran: Dalam industri ini, JSA dapat digunakan untuk menganalisis risiko yang terkait dengan dapur, layanan makanan, dan keselamatan tamu (Husen dkk., 2023).
- g. Pendidikan dan pelatihan: JSA dapat diterapkan dalam lembaga pendidikan untuk menganalisis risiko dalam kegiatan laboratorium, olahraga, dan kegiatan ekstrakurikuler (Chahyadhi dkk., 2023).
- h. Lingkungan dan manajemen limbah: JSA berguna dalam pengelolaan limbah berbahaya, termasuk pengumpulan, penyimpanan, dan pembuangan limbah dengan aman (Ramadhani dkk., 2022).

Sebagai alat yang efektif dalam manajemen keselamatan, Job Safety Analysis (JSA) memiliki fungsi yang krusial dalam mengidentifikasi bahaya dan merumuskan langkah-langkah pengendalian yang tepat. Dengan melibatkan seluruh anggota tim dalam proses JSA, kita tidak hanya melindungi kesehatan dan keselamatan pekerja, tetapi juga membangun budaya keselamatan yang kuat di tempat kerja.

2.6. Beberapa Contoh Kasus K3 dengan Analisis JSA

2.6.1. Kasus: Pekerjaan Pemasangan *Scaffold* di Proyek Konstruksi

1. Latar Belakang:

Dalam suatu proyek konstruksi, para pekerja diminta untuk memasang *scaffold* (perancah) sebagai sarana

untuk bekerja di ketinggian. Pekerjaan ini memiliki risiko tinggi karena melibatkan aktivitas di ketinggian, penggunaan alat berat, serta potensi bahaya tertimpa benda atau jatuh dari *scaffold*. Beberapa kecelakaan yang pernah terjadi pada proyek serupa melibatkan jatuhnya pekerja dari *scaffold* atau *scaffold* yang runtuh karena pemasangan yang tidak tepat.

2. Masalah K3:

- a. Pekerja bisa jatuh dari ketinggian jika *scaffold* tidak dipasang dengan benar.
- b. *Scaffold* dapat runtuh jika tidak stabil atau komponen pemasangan rusak.
- c. Bahaya tertimpa benda dari ketinggian saat pemasangan *scaffold*.
- d. Risiko cedera otot akibat mengangkat dan memindahkan komponen *scaffold* yang berat.

3. Penyelesaian dengan metode *Job Safety Analysis* (JSA) untuk pemasangan *scaffold* selayaknya memenuhi langkah-langkah berikut :

- a. Identifikasi pekerjaan: Pekerjaan pemasangan *scaffold* di ketinggian dalam proyek konstruksi.
- b. Pecah pekerjaan menjadi langkah-langkah:
 - Mengumpulkan dan memeriksa semua komponen *scaffold*.
 - Memasang tiang utama *scaffold*.

- Mengencangkan dan memasang palang penahan.
- Menyusun dan mengamankan platform kerja.
- Memastikan kestabilan *scaffold* sebelum digunakan.

c. Identifikasi potensi bahaya pada setiap langkah:

Langkah 1: Mengumpulkan dan memeriksa komponen *scaffold*

Tabel 2.1 Potensi bahaya pengumpulan dan pemeriksaan komponen *scaffold* dan tindakan pengendalian

Bahaya	Tindakan pengendalian
Cedera fisik saat mengangkat komponen <i>scaffold</i> yang berat	Gunakan teknik mengangkat yang benar, alat bantu pengangkat, serta memakai sepatu keselamatan dan sarung tangan

Langkah 2: Memasang tiang utama *scaffold*

Tabel 2.2 Potensi bahaya pemasangan tiang utama *scaffold* dan tindakan pengendalian

Bahaya	Tindakan pengendalian
Risiko <i>scaffold</i> tidak stabil, pekerja terjatuh saat memasang di ketinggian	Pastikan pondasi <i>scaffold</i> kuat dan stabil, pekerja harus menggunakan sabuk pengaman atau <i>harness</i> saat bekerja di ketinggian

Langkah 3: Mengencangkan dan memasang palang penahan

Tabel 2.3 Potensi bahaya pengencangan dan pemasangan palang penahan dan tindakan pengendalian

Bahaya	Tindakan pengendalian
Palang penahan tidak terpasang dengan benar, risiko jatuh dari <i>scaffold</i>	Gunakan alat bantu seperti kunci pas untuk memastikan semua sambungan kuat, dan pekerja harus menggunakan APD

Langkah 4: Menyusun dan mengamankan *platform* kerja

Tabel 2.4 Potensi bahaya penyusunan dan pengamanan *platform* kerja dan tindakan pengendalian

Bahaya	Tindakan pengendalian
<i>Platform</i> tidak terpasang dengan aman, risiko tergelincir	Pastikan <i>platform</i> diikat dengan kuat, dan platform dilengkapi dengan pagar pengaman di setiap sisi

Langkah 5: Memastikan kestabilan *scaffold* sebelum digunakan

Tabel 2.5 Potensi bahaya memastikan kestabilan *scaffold* sebelum digunakan dan tindakan pengendalian

Bahaya	Tindakan pengendalian
<i>Scaffold</i> tidak stabil dan bisa runtuh	Lakukan pemeriksaan akhir oleh <i>supervisor</i> yang kompeten, dan

Bahaya	Tindakan pengendalian
	pastikan <i>scaffold</i> sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku

d. Penentuan langkah pengendalian:

Tabel 2.6 Langkah pengendalian potensi bahaya pemasangan *scaffold*

No.	Tahap	Keterangan
1.	Eliminasi	Jika memungkinkan, gunakan sistem kerja lain yang lebih aman daripada <i>scaffold</i>
2.	Kontrol Teknik	Gunakan <i>scaffold</i> yang sudah sesuai standar dan dilengkapi dengan fitur keamanan seperti kunci pengaman
3.	Kontrol Administratif	Berikan pelatihan keselamatan kepada pekerja terkait prosedur pemasangan <i>scaffold</i> , serta lakukan supervisi langsung selama pemasangan
4.	APD (Alat Pelindung Diri)	Pekerja wajib menggunakan helm, sepatu keselamatan, sarung tangan, dan sabuk pengaman saat bekerja di ketinggian

e. Implementasi dan pemantauan:

Setelah JSA disusun, pekerja harus dilatih untuk memahami prosedur yang ditetapkan. *Supervisor* harus memantau pelaksanaan di lapangan untuk memastikan

pekerja mengikuti langkah-langkah pengendalian bahaya yang sudah disusun. Dengan menerapkan JSA pada pekerjaan pemasangan *scaffold*, risiko jatuh dari ketinggian, cedera fisik, dan scaffold yang runtuh dapat diidentifikasi dan dikendalikan dengan langkah-langkah yang sesuai. JSA membantu perusahaan dalam mengelola risiko secara proaktif dan memastikan bahwa keselamatan pekerja menjadi prioritas utama dalam setiap pekerjaan yang berisiko tinggi. *Job Safety Analysis* (JSA) adalah alat yang sangat efektif untuk meningkatkan keselamatan kerja dengan memecah ¹¹² pekerjaan menjadi langkah-langkah kecil, mengidentifikasi bahaya, dan menetapkan langkah pengendalian. Dengan pendekatan ini, risiko kecelakaan dapat diminimalkan, pekerja lebih waspada terhadap potensi bahaya, dan keselamatan kerja dapat ditingkatkan secara keseluruhan.

2.6.2. Kasus: Kecelakaan Kerja Pengangkatan Beban Berat

1. Kronologi Kecelakaan:

Seorang pekerja proyek konstruksi mengalami kecelakaan saat membantu mengangkat balok beton berat menggunakan *crane*. Balok tersebut jatuh dan mengenai pekerja, mengakibatkan luka serius di bagian kaki. Setelah kejadian, perusahaan melakukan investigasi dan menemukan bahwa prosedur pengangkatan tidak dilakukan sesuai standar keselamatan.

2. Metode Penyelesaian dengan JSA

Tahap 1: Identifikasi tugas, pada tahap ini, pekerjaan pengangkatan balok beton menggunakan *crane* dipecah menjadi langkah-langkah kecil. Ini penting karena memungkinkan kita untuk memahami semua elemen dari proses kerja dan mengidentifikasi bahaya pada setiap tahapannya. Detailnya adalah sebagai berikut:

Tabel 2.7 Identifikasi tugas kerja pengangkatan beban berat

Tugas	: Pengangkatan balok beton menggunakan <i>crane</i>
Langkah-langkah dalam tugas	: 1. Mempersiapkan <i>crane</i> dan memasang alat angkat (<i>sling</i>) ke balok. Dalam hal ini melibatkan pemeriksaan alat pengangkat (<i>crane</i>) dan memastikan <i>sling</i> (tali pengikat) diikatkan dengan benar ke balok beton. Kesalahan di sini bisa menyebabkan <i>sling</i> terlepas atau tidak menopang beban dengan baik. 2. Mengangkat balok beton, pada saat ini <i>crane</i> mulai mengangkat balok, potensi risiko muncul jika berat balok melebihi kapasitas <i>crane</i> atau jika operator tidak memperhatikan keseimbangan beban. Ketidakseimbangan bisa menyebabkan balok bergerak liar. 3. Memindahkan balok beton ke lokasi yang ditentukan. Pergerakan <i>crane</i> yang tidak hati-hati atau berayun berlebihan bisa membahayakan pekerja di sekitar area operasi. Faktor angin, permukaan tanah yang tidak rata, dan kurangnya

Tugas : Pengangkatan balok beton menggunakan *crane*

komunikasi antara pekerja juga bisa memperburuk situasi.

4. Menurunkan balok di area kerja. Pada tahap ini membutuhkan perhatian penuh, terutama dalam mengontrol kecepatan penurunan dan menjaga stabilitas balok. Jika tidak hati-hati, balok bisa tergelincir atau menimpa pekerja yang ada di sekitarnya.

Tahap 2: Identifikasi potensi bahaya, merupakan tahap krusial dalam pelaksanaan *Job Safety Analysis* (JSA). Pada tahap ini, setiap potensi bahaya yang ada dalam suatu proses kerja harus diidentifikasi secara detail dan sistematis. Bahaya yang tidak terdeteksi dapat berujung pada kecelakaan kerja, kerugian material, atau bahkan ancaman terhadap keselamatan jiwa. Oleh karena itu, identifikasi bahaya dilakukan dengan melibatkan seluruh pihak yang terkait, mulai dari pekerja, *supervisor*, hingga ahli keselamatan, agar tidak ada potensi bahaya yang terlewatkan, langkah ini membantu untuk:

- a. Memetakan sumber-sumber bahaya yang mungkin terjadi selama aktivitas kerja.
- b. Menilai potensi dampak yang ditimbulkan oleh bahaya tersebut.
- c. Menentukan langkah-langkah pengendalian yang tepat untuk mencegah kecelakaan atau cedera.

Dengan melakukan identifikasi bahaya yang tepat, perusahaan dapat mengurangi risiko kecelakaan dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sesuai dengan prinsip-prinsip keselamatan dan kesehatan kerja yang berlaku.

Tabel 2.8 Potensi bahaya kerja pengangkatan beban berat

No.	Bahaya pada setiap langkah	Akibat yang terjadi
1.	Pemasangan <i>sling</i> yang salah	Risiko <i>sling</i> terlepas
2.	Pengangkatan balok	Risiko ketidakseimbangan atau <i>overloading crane</i>
3.	Pemindahan balok	Risiko pergerakan <i>crane</i> yang tidak stabil atau berayun
4.	Penurunan balok	Risiko balok jatuh mendadak atau bergeser saat diturunkan

Tahap 3: Untuk menilai tingkat risiko, dua faktor utama digunakan: *Likelihood* (kemungkinan) dan *Severity* (keparahan).

- a. *Likelihood* (L): Kemungkinan kejadian terjadi (Skala 1-5)
 - Mengukur seberapa sering suatu kejadian bisa terjadi. Skala 1-5, dengan 1 berarti "jarang terjadi" dan 5 berarti "sangat sering terjadi."
 - Misalnya, kesalahan dalam memasang *sling* bisa diberi nilai 3 karena terjadi cukup sering di berbagai proyek jika tidak ada kontrol ketat.

b. *Severity* (S): Tingkat keparahan akibat dari kejadian tersebut (Skala 1-5)

- Mengukur tingkat dampak dari kejadian tersebut. Skala 1-5, dengan 1 berarti "dampak minimal" dan 5 berarti "dampak fatal atau kerugian besar."
- Misalnya, jika balok beton jatuh, ini bisa mengakibatkan cedera fatal, sehingga diberi nilai 4 atau 5.

c. *Risk Rating* (R) = *Likelihood* × *Severity* (Sakti & Nuryanto, 2024)

- Nilai *Risk Rating* (R) dihasilkan dari perkalian *Likelihood* dan *Severity*: $R=L \times SR = L \times S$
- Jika penilaian risiko menunjukkan nilai tinggi, misalnya di atas 12, maka tindakan mitigasi harus segera dilakukan (Sakti & Nuryanto, 2024). Jika berada pada nilai sedang (5-10), langkah pengendalian yang lebih hati-hati diperlukan, dan jika rendah (di bawah 5), masih dianggap dapat diterima dengan pengendalian rutin.

Tabel 2.9 Tingkat risiko masing-masing potensi bahaya kerja pengangkatan beban berat

No.	Langkah	Potensi bahaya	<i>Likelihood</i>	<i>Severity</i>	<i>Risk Rating</i>	Keterangan
1.	Pemasangan <i>sling</i> salah	<i>Sling</i> terlepas	3	4	12	Cukup sering terjadi dan bisa fatal

No.	Langkah	Potensi bahaya	Likelihood	Severity	Risk Rating	Keterangan
2.	Pengangkatan balok	<i>Overloading crane</i>	2	5	10	Jika <i>crane</i> melebihi kapasitas, berisiko tinggi
3.	Pemindahan balok	<i>Crane</i> tidak stabil	3	3	9	Bisa menyebabkan ayunan atau jatuh
4.	Penurunan balok	Balok bergeser	2	4	8	Bisa menyebabkan kecelakaan kaki atau tangan

Tahap 4: Kontrol risiko dan tindakan pengendalian, setelah bahaya teridentifikasi dan risiko telah dinilai, langkah berikutnya dalam ⁸⁷ *Job Safety Analysis* (JSA) adalah menetapkan kontrol risiko dan tindakan pengendalian yang tepat. Tahap ini bertujuan ³⁹ untuk mengurangi atau menghilangkan potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan atau kerugian (Hibatullah dkk., 2024). Tindakan pengendalian risiko harus diterapkan secara sistematis dan terencana untuk memastikan bahwa risiko yang dihadapi dalam suatu proses kerja dapat diminimalkan hingga tingkat yang dapat diterima. Terdapat beberapa jenis kontrol risiko yang dapat diterapkan, mulai dari penghilangan bahaya, penggantian dengan alternatif yang lebih aman, hingga penggunaan alat pelindung diri (APD) sebagai langkah terakhir. Hirarki

pengendalian risiko digunakan sebagai pedoman untuk menentukan prioritas dalam penerapan tindakan pengendalian, dengan mengutamakan solusi yang paling efektif. Tujuan utama dari kontrol risiko dan tindakan pengendalian ini adalah (Hibatullah dkk., 2024):

- a. Menjamin keselamatan pekerja dengan meminimalkan eksposur terhadap bahaya.
- b. Menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif.
- c. Mematuhi standar keselamatan yang ditetapkan oleh peraturan perundang-undangan.

Melalui penerapan tindakan pengendalian yang tepat, risiko kecelakaan dan cedera dapat dikendalikan secara efektif, sehingga keselamatan dan kesehatan kerja dapat terwujud dengan optimal.

Tabel 2.10 Tindakan pengendalian potensi bahaya kerja pengangkatan beban berat

No.	Langkah	Potensi Bahaya	Tindakan Pengendalian	Residual Risk
1.	Pemasangan <i>sling</i> salah	Menggunakan <i>sling</i> yang sesuai dan diverifikasi oleh supervisor. Pelatihan operator crane	6	
2.	Pengangkatan balok	Memastikan <i>crane</i> sesuai kapasitas dan melakukan pengangkatan bertahap untuk menghindari <i>overloading</i>	5	
3.	Pemindahan balok	<i>Crane</i> dioperasikan oleh tenaga ahli dengan pemeriksaan pra-pengangkatan. Area kerja	4	

No.	Langkah	Potensi Bahaya	Tindakan Pengendalian	Residual Risk
		disterilkan dari pekerja lain		
4.	Penurunan balok	Menggunakan penyangga sementara dan memastikan area aman dari personil	3	

Tahap 5 : Implementasi dan pemantauan :

- a. Operator *crane* dan *rigging crew* diberikan pelatihan ulang tentang prosedur keselamatan.
- b. Inspeksi rutin dilakukan untuk memastikan *crane* dalam kondisi baik, *sling* tidak rusak, dan kapasitas pengangkatan *crane* tidak dilampaui.
- c. *Supervisor* lapangan wajib melakukan pengawasan langsung selama pengangkatan berlangsung.
- d. Penggunaan PPE seperti helm, sepatu *safety*, dan sarung tangan diwajibkan selama pekerjaan berlangsung.
- e. *Briefing* keselamatan sebelum pekerjaan dimulai: Semua pekerja, terutama operator *crane* dan *rigging crew*, harus dilatih ulang mengenai prosedur JSA.
- f. Pengawasan lapangan: *Supervisor* wajib memantau secara langsung, memastikan semua langkah pengendalian risiko diterapkan dan tidak ada penyimpangan.
- g. Pemeriksaan alat sebelum digunakan: *Sling*, *crane*, dan alat bantu lainnya harus diperiksa setiap hari sebelum digunakan. Jika ada kerusakan atau keausan, alat tersebut harus segera diganti.

Tahap 6 : Perhitungan risiko residual (setelah kontrol), setelah tindakan pengendalian dilakukan, risiko residual di setiap langkah akan berkurang, dengan memperhitungkan bahwa pengendalian yang efektif dapat menurunkan nilai *likelihood* atau *severity* (Rahman dkk., 2022):

Tabel 2.11 Tingkat risiko dan risiko residual setelah tindakan pengendalian

No.	Langkah	Risiko Awal (R)	Tindakan Pengendalian	Risiko Residual
1.	Pemasangan <i>sling</i> salah	12	Memastikan pemasangan <i>sling</i> benar	6
2.	Pengangkatan balok	10	Pembatasan kapasitas <i>crane</i>	5
3.	Pemindahan balok	9	<i>Operator</i> berpengalaman, area steril	4
4.	Penurunan balok	8	Penggunaan penyangga dan kontrol area	3

Setelah langkah-langkah pengendalian diterapkan, risiko residual dihitung ulang. Berikut adalah tabel risiko residual yang telah diperbarui setelah pengendalian diterapkan:

Tabel 2.12 Perhitungan risiko residual setelah tindakan pengendalian

No.	Langkah	Resiko awal (R)	<i>Likelihood</i> baru (L)	<i>Severity</i> baru (L)	Resiko Residual (RR)
1.	Pemasangan <i>sling</i> salah	12	2	3	6
2.	Pengangkatan balok	10	1	5	5

No.	Langkah	Resiko awal (R)	<i>Likelihood</i> baru (L)	Severity baru (L)	Resiko Residual (RR)
3.	Pemindahan balok	9	2	2	4
4.	Penurunan balok	8	1	3	3

Pada tahap ini, risiko telah berkurang dari kategori tinggi (R = 10-12) menjadi rendah atau moderat (RR = 3-6), yang menunjukkan bahwa pengendalian risiko telah berhasil diterapkan dan dapat secara signifikan mengurangi kemungkinan kecelakaan atau dampaknya. Dengan penerapan JSA secara tepat, perusahaan mampu (Fatach dkk., 2023):

1. Menurunkan risiko kecelakaan secara signifikan, dari risiko tinggi menjadi risiko moderat atau rendah setelah pengendalian diterapkan.
2. Memperbaiki prosedur kerja dan meningkatkan keselamatan pekerja dengan pelatihan ulang dan supervisi yang lebih baik.
3. Menghindari insiden di masa depan dengan monitoring berkala dan pengecekan kondisi alat serta perlengkapan keselamatan.

Dengan melakukan JSA yang teliti dan melibatkan setiap tahapan kerja dalam analisis risiko, kecelakaan di tempat kerja dapat dicegah. Mengurangi risiko melalui pengendalian teknis, administrasi, dan PPE terbukti efektif. Studi kasus ini

menunjukkan pentingnya pendekatan sistematis untuk meningkatkan keselamatan kerja dalam proyek konstruksi.

2.7. Perbandingan Tingkat Resiko Awal dan Resiko Residual

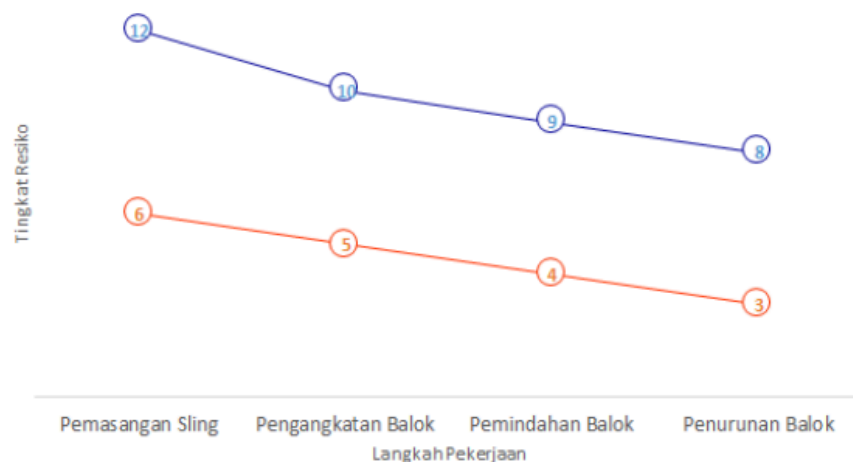
Dari analisis menggunakan *Job Safety Analysis* (JSA) dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk memberikan gambaran lebih jelas tentang perubahan tingkat risiko sebelum dan sesudah penerapan pengendalian. Grafik yang bisa dibuat misalnya grafik penurunan risiko atau grafik perbandingan risiko awal dan risiko residual. Grafik di bawah ini berasal dari table perhitungan risiko residual yang ada pada tahap 6 dalam analisis JSA. Tabel untuk perhitungan grafik adalah sbb :

Tabel 2.13 Perbandingan risiko awal dan risiko residual

No.	Langkah	Resiko awal (R)	Resiko residual (RR)
1.	Pemasangan <i>sling</i> salah	12	6
2.	Pengangkatan balok	10	5
3.	Pemindahan balok	9	4
4.	Penurunan balok	8	3

Resiko awal : resiko sebelum tindakan pengendalian diterapkan

Resiko residual : resiko setelah tindakan pengendalian diterapkan



Gambar 2.2 Grafik perbandingan risiko awal dan risiko residual

Ini adalah grafik yang menunjukkan perbandingan tingkat risiko awal dan risiko residual untuk setiap langkah pekerjaan dalam kasus pengangkatan balok beton menggunakan *crane*. Grafik ini memperlihatkan bagaimana risiko pada setiap tahap kerja berhasil berkurang setelah penerapan tindakan pengendalian:

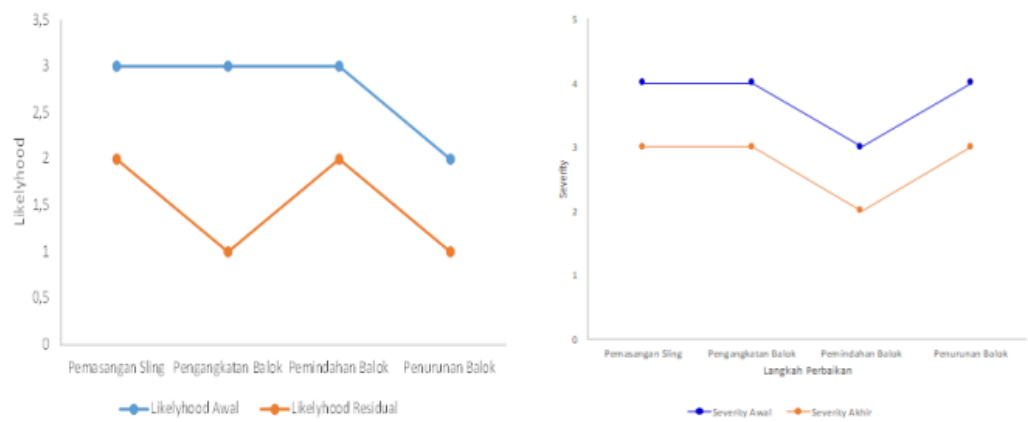
- Garis merah : Risiko awal (sebelum kontrol).
- Garis hijau : Risiko residual (setelah kontrol diterapkan).

Dalam analisis JSA (*Job Safety Analysis*), grafik perbandingan perubahan tingkat risiko ⁴⁸ adalah salah satu cara yang paling umum untuk memvisualisasikan hasilnya. Namun, ini bukan satu-satunya jenis grafik yang bisa digunakan. Ada beberapa grafik lain yang bisa memberikan wawasan lebih

mendalam, tergantung pada jenis data dan aspek yang ingin dianalisis.

Dalam analisis JSA (*Job Safety Analysis*), grafik perbandingan perubahan tingkat risiko adalah salah satu cara yang paling umum untuk memvisualisasikan hasilnya. Dalam hal ini akan dipaparkan 2 grafik seperti ulasan di bawah ini :

1. Grafik Penurunan *Likelihood* dan *Severity* (Azzahra dkk., 2022)
- Fungsi: Memisahkan antara dua komponen utama risiko, yaitu *Likelihood* (kemungkinan terjadinya bahaya) dan *Severity* (keparahan dampak).
 - Tujuan: Menunjukkan bagaimana kedua faktor tersebut berubah sebelum dan sesudah pengendalian diterapkan.
 - Grafik: Dua garis yang menunjukkan perubahan nilai *likelihood* dan *severity*.



Gambar 2.3 Grafik Penurunan *Likelihood* dan *Severity*

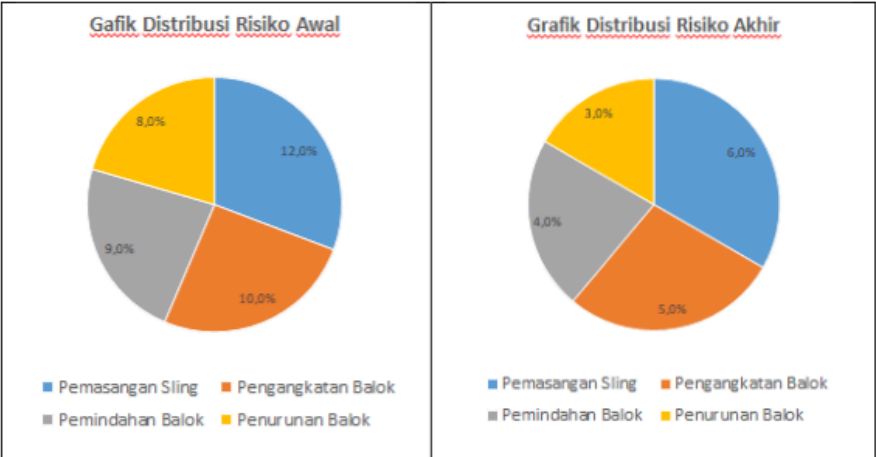
Grafik di atas menunjukkan perbandingan *Likelihood* dan *Severity* sebelum dan sesudah pengendalian:

- Grafik *Likelihood* (kiri) menunjukkan bagaimana kemungkinan terjadinya bahaya berkurang setelah penerapan pengendalian.
- Grafik *Severity* (kanan) menunjukkan bagaimana keparahan dampak berkurang setelah pengendalian diterapkan.

2. *Pie chart* untuk distribusi risiko (Azzahra dkk., 2022)

Pie chart distribusi risiko adalah alat visual yang digunakan dalam *Job Safety Analysis* (JSA) untuk menggambarkan proporsi berbagai tingkat risiko yang teridentifikasi dalam suatu proses kerja. Dengan menggunakan *pie chart*, kita dapat dengan cepat melihat bagaimana risiko tersebar di setiap tahapan pekerjaan dan memahami area mana yang memiliki tingkat risiko paling signifikan.

- a. Fungsinya adalah menggambarkan distribusi berbagai risiko pada tiap langkah pekerjaan atau area.
- b. Tujuannya untuk melihat secara proporsional di mana sebagian besar risiko terkonsentrasi.
- c. Grafik bentuk *pie chart* atau diagram lingkaran yang menunjukkan persentase risiko untuk setiap langkah.
- d. *Pie chart* untuk distribusi risiko awal menunjukkan seberapa besar proporsi risiko pada setiap langkah kerja. Dan grafik distribusi risiko akhir menunjukkan penurunan persentase risiko tiap jenis pekerjaan.



Gambar 2.4 Diagram lingkaran distribusi risiko awal dan akhir

Dengan melihat hasil pie chart distribusi risiko, kita dapat memahami dengan lebih jelas proporsi risiko yang ada pada setiap tahapan pekerjaan. Visualisasi ini memberikan gambaran konkret mengenai area ³⁸ mana yang memiliki tingkat risiko ¹⁰⁵ paling tinggi dan memerlukan perhatian khusus dalam penerapan pengendalian. Distribusi risiko yang lebih dominan pada area tertentu mengindikasikan perlunya tindakan lebih intensif untuk mengurangi potensi kecelakaan atau dampak negatif lainnya. Dengan demikian, *pie chart* ini menjadi alat penting untuk mendukung pengambilan keputusan terkait prioritas ¹⁹ pengendalian risiko yang efektif dalam *Job Safety Analysis (JSA)*.

Secara keseluruhan, *Job Safety Analysis (JSA)* adalah alat ² yang sangat penting dalam menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif. Dengan mengidentifikasi potensi bahaya, menilai risiko, dan menerapkan langkah-langkah pengendalian yang tepat, JSA membantu ² mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan dan cedera di tempat kerja.

Selain itu, analisis ini memberikan panduan yang jelas bagi pekerja dan manajemen untuk menjalankan tugas dengan aman dan sesuai prosedur.

Dengan penerapan JSA yang konsisten, perusahaan tidak hanya melindungi keselamatan para pekerjanya, tetapi juga mematuhi regulasi keselamatan dan kesehatan kerja yang berlaku. Pada akhirnya, JSA berperan penting dalam meningkatkan efisiensi operasional, menurunkan biaya akibat kecelakaan kerja, dan menciptakan budaya keselamatan yang kuat di setiap level organisasi.

*****TS*****

BAB 3

101

HAZARD IDENTIFICATION, RISK ASSESSMENT AND RISK CONTROL (HIRARC)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek penting yang tidak dapat dipandang sebelah mata dalam setiap aktivitas pekerjaan, baik di lingkungan industri, konstruksi, maupun sektor lainnya. Salah satu pendekatan yang efektif dalam mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan risiko adalah melalui metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*). Metode ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai potensi bahaya yang ada di tempat kerja, serta menentukan tingkat risiko yang terkait dengan bahaya tersebut (Marsudi & Kusnadi, 2024). Setelah itu, langkah-langkah pengendalian risiko dapat diambil untuk meminimalisir atau menghilangkan potensi bahaya yang ada, dengan tujuan akhir untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat bagi pekerja. Dalam analisis HIRARC, terdapat tiga langkah utama yang harus dilalui, yaitu: identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko (Khudhory dkk., 2022). Identifikasi bahaya mengharuskan kita untuk mengamati setiap elemen pekerjaan yang berpotensi menyebabkan kecelakaan atau gangguan kesehatan. Penilaian risiko bertujuan untuk menentukan seberapa besar kemungkinan terjadinya kecelakaan atau gangguan serta dampaknya terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja.

3.1. Definisi ¹ *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC)

Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) adalah pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengelola risiko dalam lingkungan kerja. Proses ini membantu memastikan keselamatan dan kesehatan pekerja dengan mengidentifikasi bahaya, menilai risiko yang terkait, dan menerapkan kontrol yang sesuai untuk mengurangi risiko tersebut. ⁴⁶ *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) adalah proses sistematis yang digunakan untuk mengenali bahaya di tempat kerja, menilai tingkat risiko yang ditimbulkan oleh bahaya tersebut, dan menerapkan langkah-langkah pengendalian untuk mengurangi atau menghilangkan risiko (Triswandana, 2020). Ada tiga komponen yang wajib dipahami tentang analisa tersebut akan dijelaskan rinci. ⁵⁰

⁸⁸ 3.1.1. *Hazard Identification* (Identifikasi Bahaya)

Proses mengenali semua potensi bahaya yang dapat menimbulkan cedera, penyakit, kerusakan properti, atau dampak lingkungan dalam suatu aktivitas atau lokasi kerja (Khudhory dkk., 2022). Dalam *Hazard Identification* (Identifikasi Bahaya) dalam konteks HIRARC adalah langkah awal dan krusial dalam proses keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi semua potensi bahaya yang ada di suatu lingkungan kerja atau dalam suatu aktivitas pekerjaan (Erliana & Azis, 2020). Bahaya di sini didefinisikan sebagai sesuatu yang memiliki potensi untuk menyebabkan ³

cedera, kerusakan properti, penyakit, atau bahkan dampak lingkungan (Nuryono & Aini, 2020). Adapun rincian arti dari hazard identification:

1. Tujuan identifikasi bahaya

Tujuan identifikasi bahaya adalah alasan utama atau sasaran yang ingin dicapai melalui proses mengidentifikasi potensi bahaya di tempat kerja. Tujuan ini berkaitan dengan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, mencegah kecelakaan, dan melindungi kesehatan para pekerja, memastikan pekerja tidak mengalami cedera fisik atau terkena penyakit akibat paparan faktor risiko di tempat kerja dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat. Identifikasi bahaya untuk mengantisipasi dan meminimalkan risiko, menciptakan tempat kerja yang aman, dan melindungi kesejahteraan semua pihak yang terlibat (Wahid dkk., 2020). Proses ini adalah langkah pertama dalam memastikan bahwa setiap aktivitas kerja dilakukan dengan tingkat keselamatan yang tinggi. Pada tahap ini perlu mengungkap semua jenis bahaya yang mungkin timbul dari suatu pekerjaan, alat kerja, bahan, atau lingkungan kerja (Erliana & Azis, 2020). Serta mencegah terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja dengan mengetahui potensi risiko sejak awal.

2. Komponen dalam identifikasi bahaya

Komponen dalam identifikasi bahaya adalah elemen-elemen penting yang membantu mengidentifikasi,

mengkategorikan, dan memahami potensi bahaya di tempat kerja. Komponen ini memberikan kerangka kerja untuk mengidentifikasi bahaya secara sistematis dan menyeluruh.

a. Sumber bahaya

Komponen dalam identifikasi bahaya adalah elemen-elemen penting yang membantu mengidentifikasi, mengkategorikan, dan memahami potensi bahaya di tempat kerja. Komponen ini memberikan kerangka kerja untuk mengidentifikasi bahaya secara sistematis dan menyeluruh. Identifikasi dilakukan antara lain pada (Trismawati & Utomo, 2023, hlm. 25–26):

- Fisik: Suhu ekstrem, kebisingan, getaran.
- Kimia: Bahan beracun, korosif, atau mudah terbakar.
- Biologis: Mikroorganisme, infeksi, atau kontaminasi.
- Ergonomis: Posisi kerja yang tidak nyaman, beban kerja berat.
- Psikososial: Stres kerja, konflik, atau pelecehan.

b. Kondisi bahaya

Kondisi lingkungan yang dapat memicu kecelakaan, seperti lantai licin, alat kerja rusak, atau pencahayaan kurang memadai. Kondisi Bahaya adalah keadaan atau situasi tertentu di tempat kerja yang memiliki potensi untuk menyebabkan kecelakaan, cedera, kerusakan properti, penyakit, atau dampak lingkungan (Sirat & Agung, 2023, hlm. 50–51). Kondisi bahaya ini sering kali

muncul akibat kelalaian, desain yang buruk, atau kegagalan untuk memelihara lingkungan kerja yang aman. Kondisi bahaya adalah situasi di lingkungan kerja yang meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan atau insiden karena faktor-faktor yang tidak aman. Kondisi ini biasanya terkait dengan lingkungan fisik, alat kerja, atau prosedur yang tidak memadai.

c. Aktivitas berbahaya

Aktivitas berbahaya adalah segala bentuk tugas, pekerjaan, atau kegiatan di tempat kerja yang memiliki potensi menyebabkan kecelakaan, cedera, penyakit, kerusakan alat, atau dampak negatif lainnya (Sahani & Sartika, 2024). Potensi bahaya dari aktivitas ini bisa berasal dari cara kerja, alat yang digunakan, atau lingkungan kerja tempat aktivitas tersebut dilakukan. Aktivitas berbahaya mencakup pekerjaan atau prosedur yang, jika tidak dilakukan dengan benar atau tanpa pengamanan, dapat menyebabkan risiko tinggi bagi keselamatan dan kesehatan pekerja (Salami, 2022, hlm. 237). Aktivitas berbahaya adalah bagian tak terhindarkan dari beberapa jenis pekerjaan, terutama di bidang industri, konstruksi, dan manufaktur. Namun, melalui identifikasi risiko, pengendalian, dan penerapan prosedur yang tepat, risiko yang terkait dengan aktivitas ini dapat diminimalkan. Hal ini bertujuan untuk melindungi keselamatan pekerja sekaligus

memastikan kelancaran operasional di tempat kerja. Contoh-contoh jenis aktifitas berbahaya adalah Pemasangan konstruksi atap tanpa pengaman, menggali tanpa memperhatikan stabilitas tanah, mengoperasikan forklift di area sempit tanpa panduan, pencampuran bahan kimia tanpa perlindungan, mengelas tanpa masker pelindung, memperbaiki kabel listrik tanpa mematikan aliran listrik, membersihkan tangki tanpa ventilasi yang memadai, dsb.

3. Metode ⁶⁷identifikasi bahaya

Metode **identifikasi bahaya** adalah cara atau pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengenali **potensi bahaya** di tempat kerja (Kusumastuti dkk., 2024). Metode ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua bahaya yang mungkin muncul dalam proses kerja atau lingkungan kerja dapat diidentifikasi, dianalisis, dan dikelola dengan tepat. Hal ini untuk menyelesaikan jika ada bahaya yang mungkin timbul dan membawa dampak secara menyeluruh pada perusahaan. Beberapa metode identifikasi bahaya dilakukan dengan cara (Saputra dkk., 2024, hlm. 4–6):

- a. Observasi langsung, dengan melihat langsung kondisi kerja untuk menemukan potensi bahaya. Metode identifikasi bahaya dengan observasi langsung adalah salah satu teknik untuk mengenali potensi bahaya di tempat kerja dengan cara

mengamati langsung aktivitas, lingkungan, dan kondisi kerja di lapangan (Ririh, 2021). Metode ini sangat efektif untuk mendapatkan ¹⁸³ gambaran nyata tentang apa yang sebenarnya terjadi di tempat kerja dibandingkan hanya mengandalkan data atau laporan tertulis. Metode observasi langsung adalah pendekatan praktis untuk mengidentifikasi bahaya secara menyeluruh dengan mengamati aktivitas kerja di tempat kerja. Meskipun membutuhkan waktu dan upaya lebih, hasil dari observasi ini sangat membantu dalam membuat rekomendasi pengendalian bahaya yang lebih relevan dan efektif.

- b. Diskusi dengan pekerja, untuk mengumpulkan informasi dari pekerja yang memahami risiko pekerjaan sehari-hari. Metode identifikasi bahaya dengan wawancara/diskusi dengan pekerja adalah teknik untuk mengenali ⁸¹ potensi bahaya di tempat kerja dengan cara berbicara langsung dengan pekerja atau tim yang terlibat (Amalia & Wicaksana, 2020). Metode ini melibatkan pengumpulan informasi dari mereka yang memiliki pengalaman langsung terhadap pekerjaan atau lingkungan kerja. Metode wawancara atau diskusi dengan pekerja adalah cara yang efektif untuk mengenali potensi bahaya di tempat kerja, terutama yang mungkin tidak terdeteksi melalui inspeksi atau observasi langsung. Dengan melibatkan pekerja, organisasi

dapat mengidentifikasi risiko secara lebih menyeluruh dan menemukan solusi yang praktis serta dapat diterima oleh semua pihak.

- c. Penggunaan daftar periksa (*Checklist*), menggunakan daftar bahaya umum untuk memastikan tidak ada yang terlewat. Metode identifikasi bahaya dengan Penggunaan daftar periksa (*Checklist*) adalah pendekatan sistematis untuk mengenali potensi bahaya di tempat kerja menggunakan lembar daftar yang berisi item-item atau aspek yang harus diperiksa (Sutowijoyo dkk., 2020). Checklist ini dirancang sesuai dengan aktivitas, alat, bahan, atau lingkungan kerja tertentu untuk memastikan semua aspek keselamatan dan kesehatan kerja terpantau. Metode identifikasi bahaya dengan checklist adalah cara yang praktis dan efektif untuk mengenali potensi bahaya di tempat kerja. Dengan pendekatan sistematis, metode ini memastikan semua aspek keselamatan dan kesehatan kerja diperiksa secara menyeluruh. *Checklist* juga membantu perusahaan dalam memenuhi kepatuhan terhadap standar keselamatan kerja dan menjaga lingkungan kerja yang aman.
- d. Analisis laporan kecelakaan sebelumnya, dengan mengkaji insiden yang pernah terjadi untuk menemukan pola atau bahaya yang mungkin belum teridentifikasi. Metode identifikasi bahaya dengan

cara analisis laporan kecelakaan sebelumnya adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya berdasarkan data dan informasi dari kecelakaan, insiden, atau kejadian hampir celaka (*near miss*) yang pernah terjadi di tempat kerja (Putri dkk., 2021). Dengan menganalisis laporan ini, organisasi dapat memahami penyebab dasar kecelakaan dan mengambil langkah untuk mencegah terulangnya kejadian serupa. Analisis laporan kecelakaan sebelumnya adalah metode identifikasi bahaya yang efektif untuk menemukan penyebab kecelakaan dan mengembangkan langkah perbaikan. Dengan belajar dari kejadian masa lalu, organisasi dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan mencegah terulangnya insiden yang merugikan.

Metode identifikasi bahaya yang efektif membantu organisasi untuk mengenali semua potensi bahaya secara sistematis. Dengan memilih metode yang sesuai atau menggabungkan beberapa metode, perusahaan dapat memastikan bahwa langkah-langkah pencegahan dan pengendalian risiko dilakukan secara menyeluruh, sehingga ⁸⁶ menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif.

4. Hasil dari identifikasi bahaya¹⁸

Hasil dari identifikasi bahaya dalam K3 merupakan informasi terperinci mengenai potensi bahaya yang ada di tempat kerja⁷⁷ (Asih dkk., 2021). Hasil ini menjadi dasar untuk menyusun langkah-langkah pengendalian risiko²¹⁰ demi menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat.³⁵ Hasil identifikasi bahaya juga memberikan wawasan tentang bagaimana bahaya dapat memengaruhi pekerja, proses, dan lingkungan sekitar. Hasil identifikasi bahaya adalah elemen penting dalam manajemen K3 yang membantu organisasi mengenali risiko, memahami dampaknya, dan menyusun langkah pengendalian yang efektif. Dengan memahami hasil ini, perusahaan dapat menciptakan tempat kerja yang lebih aman dan meminimalkan potensi kerugian. Identifikasi bahaya meliputi :

- a. Daftar bahaya potensial yang perlu dianalisis lebih lanjut, yaitu rangkuman bahaya yang teridentifikasi di tempat kerja, tetapi memerlukan penilaian lebih mendalam untuk memahami tingkat risiko, penyebab utama, dan dampak potensialnya. Daftar ini dibuat untuk memprioritaskan bahaya yang harus segera ditangani berdasarkan tingkat risiko dan urgensinya (Komalasari & Nasri, 2023). Daftar bahaya potensial yang perlu dianalisis lebih lanjut adalah alat penting dalam manajemen risiko K3. Dengan memilah bahaya berdasarkan urgensi dan

risiko, organisasi dapat memprioritaskan tindakan yang efektif untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman.

- ⁹⁷ b. **Pemahaman yang mendalam tentang risiko yang ada** di tempat kerja, yaitu proses mengenali, menganalisis, dan memahami bahaya dan risiko yang dapat memengaruhi keselamatan dan kesehatan pekerja, serta operasional organisasi (Mawardani & Herbawani, 2022). Pemahaman ini melibatkan pengumpulan informasi secara detail tentang potensi bahaya, kondisi yang mendukung terjadinya risiko, serta dampak yang mungkin terjadi jika risiko tersebut tidak dikelola dengan baik. Pemahaman mendalam tentang risiko di tempat kerja adalah kunci untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan efisien. Dengan mengenali, menganalisis, dan mengelola risiko secara sistematis, organisasi dapat melindungi pekerja, mematuhi peraturan, dan meningkatkan kinerja operasional secara keseluruhan.

5. Pentingnya Identifikasi Bahaya

Pentingnya identifikasi bahaya dalam K3 (¹⁴⁵ Keselamatan dan Kesehatan Kerja) terletak pada perannya **sebagai langkah awal untuk mengelola risiko** di tempat kerja. Proses ini membantu organisasi mengenali ⁸ **potensi bahaya**

yang dapat menimbulkan kecelakaan, penyakit akibat kerja, atau kerusakan properti (Lestari dkk., 2023). Dengan 93 identifikasi bahaya yang akurat, langkah pengendalian yang efektif dapat 41 dirancang untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan produktif. Identifikasi bahaya dalam K3 adalah elemen mendasar yang 13 tidak hanya melindungi pekerja dari potensi bahaya tetapi juga meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan operasional perusahaan. Dengan memahami 66 potensi bahaya dan risiko yang ada, organisasi dapat 15 menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan memenuhi kewajiban hukumnya 203 dalam menjaga keselamatan dan kesehatan kerja. Fungsi dari identifikasi bahaya yaitu (Amri Lubis dkk., 2024):

- Membantu organisasi membuat rencana pencegahan kecelakaan.
- Memberikan dasar untuk langkah berikutnya dalam HIRARC: 163 penilaian risiko dan pengendalian risiko.

Dengan melakukan Hazard Identification secara menyeluruh, perusahaan atau tim kerja dapat memastikan bahwa langkah-langkah yang diambil selanjutnya dalam HIRARC bersifat proaktif, bukan reaktif. Ada dua kegiatan yang bisa dilakukan yaitu (Amri Lubis dkk., 2024): 138

1. Risk Assessment (Penilaian Risiko)

Analisis risiko yang dilakukan dengan mengukur tingkat keparahan dan kemungkinan terjadinya

bahaya yang telah diidentifikasi, untuk menentukan prioritas pengendalian.

2. ¹ *Risk Control* (Pengendalian Risiko)

Langkah-langkah strategis ⁵ untuk mengurangi atau mengeliminasi risiko, baik melalui eliminasi bahaya, perubahan proses kerja, atau penggunaan alat pelindung diri (APD).

HIRARC digunakan dalam berbagai sektor industri sebagai bagian dari sistem manajemen ⁹⁹ Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, produktif, dan sesuai dengan peraturan perundangan.

3.2. Tahap-tahap dalam ⁴³ *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC)

3.2.1. *Hazard Identification* (Identifikasi Bahaya)

Hazard Identification (identifikasi bahaya) ¹⁶⁵ adalah proses sistematis untuk mengenali, mencatat, dan mengevaluasi potensi bahaya yang ada di tempat kerja atau pada aktivitas tertentu (Kusumastuti dkk., 2024). Proses ¹⁶⁰ ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber bahaya yang dapat menyebabkan cedera, penyakit, kerusakan properti, atau gangguan terhadap lingkungan (Erliana & Azis, 2020). Proses sistematis ini untuk mengenali bahaya yang berpotensi menimbulkan cedera, penyakit, kerusakan properti, atau dampak negatif lainnya di tempat kerja. Langkah-langkah dalam identifikasi bahaya adalah (Saputra dkk., 2024; Susanto dkk., 2024):

1. Pengamatan langsung yaitu mengamati aktivitas kerja, alat, bahan, dan lingkungan. Pengamatan langsung adalah salah satu teknik untuk menerapkan metode ini, dengan fokus pada observasi kondisi nyata di lapangan untuk mendeteksi potensi bahaya, menilai risiko, dan merancang langkah pengendalian (Ririh, 2021). Pengamatan langsung memberikan informasi faktual tentang kondisi kerja. Pengamatan / observasi langsung membantu merancang langkah pengendalian yang sesuai dengan kondisi nyata. Untuk keperluan ini gunakan *checklist* HIRARC untuk memastikan semua aspek bahaya, risiko, dan kontrol diamati. Kemudian libatkan tim lintas fungsi, seperti manajer, supervisor, dan pekerja, untuk mendapatkan perspektif yang komprehensif. Dan dokumentasikan hasil pengamatan untuk tindak lanjut dan evaluasi.
2. Konsultasi dengan pekerja dapat dilakukan dengan meminta masukan dari pekerja yang akrab dengan pekerja. Konsultasi dengan pekerja adalah langkah penting dalam ¹²⁷ mengidentifikasi bahaya, menilai risiko, dan merancang langkah pengendalian dalam sistem keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Melibatkan pekerja memungkinkan perusahaan mendapatkan wawasan praktis dari pengalaman langsung mereka di tempat kerja, sehingga menciptakan solusi yang lebih efektif dan dapat diterima (Saputra dkk., 2024, hlm. 6–7). Adakan pertemuan rutin untuk membahas potensi bahaya dan langkah pengendalian di tempat kerja dan libatkan pekerja

dari berbagai level dan departemen. Gunakan survei untuk mengumpulkan pendapat pekerja tentang kondisi K3 di tempat kerja. Dan berikan ruang untuk masukan anonim agar pekerja merasa nyaman berbicara.

3. Wawancara individu langsung dengan pekerja untuk mendapatkan informasi mendalam tentang kondisi kerja mereka. Wawancara individu adalah metode pengumpulan informasi langsung dari pekerja terkait keselamatan dan kesehatan kerja (K3) (Amalia & Wicaksana, 2020). Teknik ini bertujuan untuk menggali pandangan, pengalaman, dan masukan pekerja mengenai kondisi kerja, potensi bahaya, serta efektivitas langkah-langkah pengendalian yang ada. Wawancara individu adalah pendekatan efektif dalam sistem K3 untuk memahami kondisi kerja dari perspektif pekerja. Metode ini memungkinkan identifikasi masalah secara spesifik dan penerapan solusi yang relevan, ¹⁵⁵ sehingga menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, dan efisien.
4. Kotak saran K3 perlu di sediakan kotak saran yang memungkinkan pekerja memberikan masukan kapan saja secara anonim. Kotak saran ¹³⁷ dalam konteks keselamatan dan kesehatan kerja (K3) adalah media yang memungkinkan pekerja memberikan masukan, laporan, atau ide terkait kondisi kerja secara anonim atau terbuka. Penerapan kotak saran ¹⁰⁴ ini merupakan bagian dari upaya untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, dan produktif dengan melibatkan pekerja secara

aktif (Yusabiran dkk., 2020). Kotak saran adalah alat sederhana namun efektif dalam mendukung pelaksanaan K3. Dengan memberikan ruang bagi pekerja untuk menyampaikan masukan, perusahaan dapat mendeteksi dan mengatasi masalah lebih awal, meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi, serta ⁶ menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan nyaman. Hal ini berkontribusi langsung pada keberhasilan penerapan K3 di tempat kerja.

5. Analisis dokumen untuk mengkaji laporan kecelakaan sebelumnya, manual operasi, dan prosedur kerja. Analisis dokumen adalah proses memeriksa, mengevaluasi, dan menilai dokumen terkait K3 untuk memastikan kepatuhan terhadap standar, regulasi, dan praktik terbaik (Afredo, 2021). Tujuan utama dari analisis dokumen adalah memastikan bahwa sistem K3 yang diterapkan di tempat kerja telah terdokumentasi dengan baik, relevan, dan efektif dalam mengelola risiko. Analisis dokumen adalah elemen kunci dalam manajemen K3, yang membantu perusahaan mengidentifikasi kekurangan, meningkatkan efisiensi, dan memitigasi risiko. Dengan analisis yang terstruktur, perusahaan dapat ³⁵ menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat.
6. ³¹ Identifikasi jenis bahaya adalah proses awal dalam pengelolaan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) untuk menemukan potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan, cedera, atau gangguan kesehatan di tempat

kerja (Khudhory dkk., 2022). Proses ini penting untuk mencegah terjadinya insiden dan melindungi pekerja dari risiko yang ada.

- a. Bahaya fisik (misalnya, kebisingan, panas, atau getaran).
- b. Bahaya kimia (misalnya, paparan bahan kimia berbahaya).
- c. Bahaya biologis (misalnya, bakteri, virus, atau fungi).
- d. Bahaya ergonomis (misalnya, postur kerja yang buruk).
- e. Bahaya psikososial (misalnya, stres kerja atau tekanan waktu).

Identifikasi jenis bahaya adalah langkah pertama dalam mengelola risiko kerja. Dengan memahami berbagai jenis bahaya dan cara mengidentifikasinya, perusahaan dapat merancang langkah pengendalian yang tepat, sehingga melindungi pekerja dari cedera dan penyakit serta menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif.

66

3.2.2. Risk Assessment (Penilaian Risiko)

Risk Assessment (Penilaian Risiko) adalah proses sistematis untuk mengevaluasi tingkat risiko yang terkait dengan bahaya tertentu di tempat kerja atau dalam suatu aktivitas (Erliana & Azis, 2020). Proses ini melibatkan pengidentifikasian bahaya, analisis kemungkinan dan dampaknya, serta penentuan langkah-langkah pengendalian untuk mengurangi risiko ke tingkat yang dapat diterima. Proses

ini menganalisis dan mengevaluasi risiko yang ditimbulkan oleh bahaya yang telah diidentifikasi. Risiko dihitung berdasarkan probabilitas (kemungkinan) dan keparahan (dampak) jika bahaya tersebut terjadi. Langkah-langkah dalam penilaian resiko adalah (Sakti & Nuryanto, 2024):

a. Menentukan risiko: Menggunakan formula :

$$\text{Risiko} = \text{Probabilitas} \times \text{Keparahan}$$

b. Klasifikasi risiko:

- Risiko rendah meliputi risiko yang dapat diterima, tetapi tetap perlu dipantau.
- Risiko sedang meliputi risiko yang perlu tindakan untuk mengurangi risiko.
- Risiko tinggi meliputi risiko yang memerlukan tindakan segera untuk mencegah bahaya.

c. Untuk metode penilaian menggunakan matriks risiko atau sistem peringkat angka. Contoh matriks risiko :

Tabel 3.1 Matriks tingkat risiko

Keparahan / Kemungkinan	Rendah	Sedang	Tinggi
Ringan	1	2	3
Sedang	2	4	6
Berat	3	6	9

3.2.3. Risk Control (Kontrol Risiko)

Kontrol risiko³⁶ adalah serangkaian tindakan atau strategi yang dirancang untuk menghilangkan, mengurangi, atau

mengendalikan risiko yang diidentifikasi selama proses penilaian risiko (Magdalena dkk., 2022). Tujuannya adalah untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya bahaya atau dampak yang ditimbulkan, sehingga risiko dapat dikelola ke tingkat yang dapat diterima. Langkah-langkah untuk mengeliminasi atau meminimalkan risiko yang telah diidentifikasi dan dinilai. Strategi kontrol risiko umumnya mengikuti hirarki pengendalian risiko berikut (Yap & Lee, 2020):

Tabel 3.2 Hirarki pengendalian risiko

1. ¹⁴ Eliminasi:	Menghilangkan bahaya sepenuhnya
Contoh:	Mengganti alat atau bahan yang berbahaya dengan yang lebih aman
2. ⁵⁴ Substitusi:	Mengganti proses atau material berbahaya dengan yang kurang berbahaya
Contoh:	Menggunakan bahan kimia yang lebih aman
3. Rekayasa (<i>Engineering Control</i>):	Mengubah desain tempat kerja untuk mengurangi eksposur
Contoh:	Menambahkan ventilasi untuk mengurangi paparan bahan kimia
4. Administrasi (<i>Administrative Control</i>):	Menerapkan prosedur kerja aman atau pelatihan

Contoh:	Mengatur jadwal kerja untuk mengurangi kelelahan
5. Alat Pelindung Diri (APD):	Menggunakan APD sebagai langkah terakhir
Contoh:	Helm, sarung tangan, kacamata pelindung

3.3. Manfaat HIRARC (Magdalena dkk., 2022; Nurmahmudi dkk., 2023)

1. Mengurangi risiko kecelakaan dan cedera kerja: dengan mengidentifikasi bahaya dan mengendalikan risiko, peluang terjadinya kecelakaan kerja dapat diminimalkan.
2. Meningkatkan ¹⁷keselamatan dan kesehatan pekerja: HIRARC membantu menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat, sehingga pekerja merasa lebih nyaman dan produktif.
3. Kepatuhan terhadap peraturan K3: Proses HIRARC memastikan perusahaan memenuhi persyaratan hukum terkait Keselamatan dan Kesehatan Kerja, sehingga terhindar dari sanksi hukum atau denda.
4. Meningkatkan efisiensi operasional: Dengan mengurangi gangguan akibat kecelakaan atau penyakit kerja, ¹⁵¹operasional perusahaan berjalan lebih lancar dan efisien.
5. Mengurangi biaya akibat insiden kerja: Menghindari biaya yang timbul dari kecelakaan kerja, seperti biaya

pengobatan, kerusakan peralatan, downtime, atau klaim asuransi.

6. ¹¹ Meningkatkan reputasi perusahaan: Perusahaan yang menerapkan HIRARC dengan baik akan dipandang lebih profesional, bertanggung jawab, dan peduli terhadap keselamatan pekerjaanya.
7. Mempermudah proses audit dan sertifikasi K3: ³ HIRARC adalah bagian dari sistem manajemen K3 yang terintegrasi. Penerapan HIRARC mempermudah perusahaan dalam memperoleh sertifikasi keselamatan seperti OHSAS atau ISO 45001.
8. Meningkatkan kesadaran dan kompetensi pekerja: Melalui ¹⁴⁸ pelibatan pekerja dalam proses HIRARC, mereka menjadi lebih sadar akan pentingnya keselamatan dan belajar mengelola risiko di tempat kerja.

Dengan manfaat ini, penerapan HIRARC tidak hanya melindungi pekerja tetapi juga meningkatkan keberlanjutan dan daya saing perusahaan, karena menimbulkan beberapa pengaruh yaitu:

1. Mengurangi kecelakaan kerja: Dengan mengidentifikasi dan mengontrol bahaya, risiko kecelakaan dapat diminimalkan.
2. Kepatuhan hukum: Memenuhi persyaratan peraturan keselamatan kerja.
3. Meningkatkan produktivitas: Lingkungan kerja yang aman meningkatkan kenyamanan pekerja.

4. Mengurangi biaya: Menghindari denda, klaim asuransi, atau kerugian material.

HIRARC adalah bagian integral dari Sistem Manajemen K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) yang dirancang untuk memastikan tempat kerja aman dan sehat bagi semua pihak.

3.4. Kelemahan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) (Priyanka & Basaria, 2023; Raza, 2023)

1. Memerlukan sumber daya yang signifikan, yaitu proses HIRARC membutuhkan waktu, tenaga, dan biaya yang cukup besar, terutama untuk pelatihan, pengumpulan data, dan penerapan langkah pengendalian risiko.
2. Ketergantungan pada keahlian karena keberhasilan HIRARC sangat bergantung pada keahlian tim K3. Jika tim kurang kompeten atau tidak memahami lingkungan kerja dengan baik, identifikasi bahaya dan penilaian risiko bisa kurang akurat.
3. Subyektivitas penilaian risiko sering kali bersifat subyektif, tergantung pada pengalaman dan persepsi individu, sehingga hasilnya bisa berbeda-beda antara penilai.
4. Kurangnya dukungan manajemen, hal ini jika manajemen tidak sepenuhnya mendukung penerapan HIRARC, pengendalian risiko mungkin tidak dilakukan secara optimal, sehingga efektivitasnya berkurang.

5. Tidak selalu mengatasi risiko baru, jika HIRARC tidak diperbarui secara rutin dapat gagal mengidentifikasi bahaya baru yang muncul akibat perubahan proses, peralatan, atau lingkungan kerja.
6. Kurangnya partisipasi pekerja, terutama jika pekerja tidak dilibatkan dalam proses, informasi penting terkait bahaya atau risiko spesifik yang mereka hadapi bisa terlewatkan.
7. Implementasi pengendalian yang tidak efektif, walaupun risiko telah diidentifikasi, langkah pengendalian yang diterapkan mungkin tidak cukup efektif jika tidak sesuai dengan sifat bahaya atau tidak dilaksanakan dengan benar.
8. Tidak menghilangkan risiko secara total dan HIRARC hanya membantu mengelola risiko, tetapi tidak selalu mampu menghilangkannya sepenuhnya, terutama pada bahaya yang tidak bisa dieliminasi.
9. Matriks risiko yang terbatas, pada penggunaan matriks risiko yang sederhana kadang tidak dapat menangkap kompleksitas dari situasi tertentu, terutama pada pekerjaan dengan banyak variabel yang saling memengaruhi.
10. Ketergantungan pada data masa lalu, karena analisis sering kali didasarkan pada data kecelakaan atau insiden masa lalu, yang mungkin tidak relevan dengan kondisi atau tantangan saat ini.

3.5. Aplikasi *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC)

Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) cocok diterapkan dalam berbagai bidang pekerjaan, terutama yang melibatkan aktivitas berisiko. Berikut adalah beberapa bidang yang relevan dengan penerapan HIRARC:

1. Industri Manufaktur
 - a. Bahaya umum berupa mesin bergerak, peralatan berat, bahan kimia, listrik.
 - b. Contoh penerapan:
 - Mengidentifikasi bahaya pada lini produksi, seperti mesin tanpa pelindung.
 - Menilai risiko cedera pekerja akibat kecelakaan mekanis.
 - Mengendalikan risiko dengan pemasangan pelindung mesin dan pelatihan kerja.
2. Konstruksi
 - a. Bahaya umum pada pekerjaan di ketinggian, alat berat, bahaya listrik, material berjatuhan.
 - b. Contoh penerapan:
 - Identifikasi bahaya saat pemasangan *scaffold*.
 - Penilaian risiko jatuh dari ketinggian.
 - Kontrol risiko dengan harness keselamatan dan pelatihan kerja aman.

3. Pertambangan

- a. Bahaya umum berupa ledakan, longsor tanah, debu, kebisingan.
- b. Contoh penerapan:
 - Mengidentifikasi potensi longsor pada tambang terbuka.
 - Menilai risiko kecelakaan alat berat.
 - Mengendalikan risiko dengan penggunaan APD, penempatan rambu-rambu, dan prosedur evakuasi.

4. Transportasi dan Logistik

- a. Bahaya umum berupa kecelakaan kendaraan, pengangkutan bahan berbahaya, kelelahan pengemudi.
- b. Contoh penerapan:
 - Identifikasi bahaya pada pengemudi kendaraan logistik.
 - Penilaian risiko kelelahan akibat jam kerja panjang.
 - Pengendalian risiko melalui pengaturan jadwal kerja dan inspeksi kendaraan secara berkala.

5. Perawatan Kesehatan (Rumah Sakit)

- a. Bahaya umum dari penyakit menular, bahan kimia medis, ergonomi buruk, stres kerja.
- b. Contoh penerapan:
 - Identifikasi risiko infeksi dari pasien.
 - Penilaian risiko paparan cairan tubuh.

- Kontrol risiko dengan penggunaan alat pelindung diri (APD) dan pelatihan kebersihan.

6. Kelautan dan Perkapalan

- a. Bahaya umum berupa tenggelam, kebakaran, bahan kimia berbahaya, gelombang laut ekstrem.
- b. Contoh penerapan:
 - Mengidentifikasi bahaya pada pekerja dek kapal.
 - Menilai risiko tergelincir atau jatuh ke laut.
 - Mengendalikan risiko dengan pelampung, pengamanan dek, dan pelatihan keselamatan.

7. Energi dan Utilitas

- a. Bahaya umum dari bahaya listrik tegangan tinggi, ledakan gas, kebakaran.
- b. Contoh penerapan:
 - Identifikasi bahaya pada pekerja yang memelihara pembangkit listrik.
 - Penilaian risiko paparan listrik tegangan tinggi.
 - Pengendalian risiko melalui isolasi energi dan prosedur *Lock-Out Tag-Out* (LOTO).

8. Perkebunan dan Pertanian

- a. Bahaya umum dari mesin pertanian, bahan kimia pestisida, hewan buas, panas matahari.
- b. Contoh penerapan:
 - Identifikasi bahaya pada operator traktor.

- Penilaian risiko paparan bahan kimia pestisida.
- Kontrol risiko dengan penggunaan APD dan pelatihan penyemprotan aman.

9. Telekomunikasi

- a. Bahaya umum pada pekerjaan di ketinggian, paparan radiasi elektromagnetik, bahaya listrik.
- b. Contoh penerapan:
 - Identifikasi bahaya saat pemasangan menara telekomunikasi.
 - Penilaian risiko jatuh dari ketinggian.
 - Kontrol risiko dengan ⁶² penggunaan alat pelindung diri dan prosedur kerja aman.

10. Industri Kimia

- a. Bahaya umum akibat kebocoran bahan kimia, paparan zat berbahaya, kebakaran, ledakan.
- b. Contoh penerapan:
 - Mengidentifikasi bahaya di area penyimpanan bahan kimia.
 - Menilai risiko kebocoran atau kontaminasi.
 - Mengendalikan risiko melalui ventilasi, APD, dan sistem deteksi gas.

Penerapan HIRARC di berbagai bidang ini memungkinkan perusahaan untuk melindungi pekerja, mengurangi risiko, dan

meningkatkan efisiensi operasional sambil mematuhi peraturan keselamatan kerja.

34

3.6. Beberapa Contoh Kasus K3 dengan Kelemahan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC)

3.6.1. Ledakan di Pabrik Kimia

Kasus : Sebuah pabrik kimia mengalami ledakan akibat kebocoran gas beracun dari salah satu tangki penyimpanan.

Kelemahan HIRARC:

- Identifikasi bahaya tidak menyeluruh dan bahaya kebocoran gas tidak sepenuhnya diidentifikasi atau dimasukkan ke dalam analisis risiko.
- Penilaian risiko tidak akurat, sehingga risiko kebocoran dianggap rendah karena jarang terjadi, meskipun dampaknya sangat besar.
- Kontrol risiko tidak memadai karena sistem deteksi gas tidak dipasang, atau prosedur inspeksi tangki kurang ketat.

Dampak:

- Kerugian materi besar akibat kerusakan pabrik.
- Beberapa pekerja meninggal dan banyak lainnya terluka.

3.6.2. Pekerja Jatuh dari Ketinggian di Proyek Konstruksi

Kasus : Seorang pekerja jatuh dari scaffold yang tidak dilengkapi pengaman saat bekerja di ketinggian.

Kelemahan HIRARC:

- a. Identifikasi bahaya tidak dilakukan dengan detail:
Bahaya jatuh dari ketinggian tidak diidentifikasi dengan benar selama perencanaan proyek.
- b. Kurangnya kontrol risiko: Tidak ada harness atau pengaman yang memadai dipasang pada scaffold.
- c. Penilaian risiko diabaikan: Risiko jatuh dianggap dapat diminimalkan hanya dengan pelatihan, tanpa langkah teknis tambahan.

Dampak:

- a. Pekerja mengalami cedera serius.
- b. Proyek tertunda akibat investigasi dan denda dari pihak regulator.

3.6.3. Paparan Bahan Kimia Berbahaya di Laboratorium

Kasus : Beberapa teknisi laboratorium mengalami iritasi kulit dan gangguan pernapasan akibat paparan bahan kimia beracun.

Kelemahan HIRARC:

- a. Identifikasi bahaya yang tidak lengkap: Bahaya terkait kontak kulit dengan bahan kimia tidak diidentifikasi.
- b. Penilaian risiko tidak memadai: Risiko dianggap rendah karena bahan kimia digunakan dalam jumlah kecil.

- c. Kontrol risiko tidak diterapkan: Ventilasi ruangan tidak optimal, dan teknisi tidak diberikan APD seperti sarung tangan dan masker.

Dampak:

- a. Cedera jangka pendek dan risiko gangguan kesehatan jangka panjang bagi pekerja.
- b. Penurunan kepercayaan pekerja terhadap manajemen laboratorium.

3.6.4. Kebakaran di Gudang Penyimpanan

Kasus : Gudang penyimpanan barang elektronik terbakar akibat korsleting listrik pada salah satu perangkat.

Kelemahan HIRARC:

- a. Identifikasi bahaya yang tidak komprehensif: Bahaya korsleting listrik di gudang tidak didokumentasikan.
- b. Penilaian risiko tidak dilakukan: Risiko kebakaran tidak diukur, sehingga tindakan pencegahan seperti pemasangan sistem pemadam api otomatis tidak ada.
- c. Pengendalian risiko tidak efektif: Kabel listrik yang rusak tidak diperbaiki tepat waktu, meskipun sudah diketahui.

Dampak:

- a. Kerugian material besar akibat barang yang terbakar.
- b. Risiko kecelakaan bagi pekerja yang terlambat dievakuasi.

3.6.5. Cedera Ergonomi pada Pekerja Kantor

Kasus : Beberapa karyawan kantor mengeluhkan nyeri punggung dan leher akibat penggunaan kursi dan meja yang tidak ergonomis.

Kelemahan HIRARC:

- a. Identifikasi bahaya diabaikan: Bahaya ergonomis dianggap remeh karena tidak langsung terlihat.
- b. Penilaian risiko tidak dilakukan: Risiko gangguan kesehatan jangka panjang dari postur kerja buruk tidak dinilai.
- c. Kontrol risiko tidak diterapkan: Tidak ada upaya mengganti furnitur atau melatih pekerja tentang postur kerja yang benar.

Dampak:

- a. Penurunan produktivitas akibat keluhan kesehatan.
- b. Biaya tambahan untuk pengobatan pekerja.

3.6.6. Kecelakaan Alat Berat di Pertambangan

Kasus : Operator alat berat terluka akibat alat yang terguling di area tambang.

Kelemahan HIRARC:

- a. Identifikasi bahaya tidak dilakukan: Risiko tergulingnya alat berat di medan miring tidak diidentifikasi.
- b. Penilaian risiko tidak lengkap: Dampak kecelakaan alat berat dianggap kecil, sehingga tidak ada langkah mitigasi khusus.

- c. Kontrol risiko tidak diterapkan: Area kerja tidak diberi pembatas atau tanda peringatan di area berisiko tinggi.

Dampak:

- a. Operator terluka serius.
- b. Operasional tambang terganggu karena investigasi insiden.

Kelemahan dalam penerapan HIRARC sering terjadi akibat kurangnya perhatian terhadap detail, ketergantungan pada pengalaman semata, atau kurangnya sumber daya untuk pelaksanaan yang optimal. Untuk mencegah kasus serupa, proses HIRARC harus dilakukan secara menyeluruh, melibatkan tim yang kompeten, dan diperbarui secara berkala sesuai dengan perubahan kondisi kerja.

3.7. Perbandingan Tingkat Resiko awal dan Resiko Residual

Dalam penerapan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC), perbandingan antara risiko awal (*initial risk*) dan risiko residual (*residual risk*) menjadi bagian penting untuk menilai efektivitas pengendalian risiko yang telah diterapkan.

3.7.1. Risiko Awal (*Initial Risk*) (Fauziyah dkk., 2021)

Risiko yang ada sebelum langkah pengendalian atau mitigasi diterapkan. Ini merupakan hasil penilaian bahaya berdasarkan dua parameter utama yaitu:

- a. Kemungkinan (*Likelihood*): Seberapa besar peluang terjadinya bahaya.
- b. Keparahan (*Severity*): Seberapa besar dampak yang diakibatkan jika bahaya terjadi.

Ada karakteristik pada risiko awal, biasanya lebih tinggi karena belum ada langkah pengendalian. Digunakan sebagai dasar untuk menentukan prioritas pengendalian risiko. Sebagai gambaran bahaya jatuh dari ketinggian tanpa alat pelindung diri memiliki risiko awal tinggi (*likelihood* tinggi, *severity* tinggi).

147

3.7.2. Risiko Residual (*Residual Risk*) (Uyan dkk., 2024)

Risiko yang tersisa setelah langkah pengendalian diterapkan. Ini mencerminkan efektivitas tindakan pengendalian dalam mengurangi kemungkinan atau keparahan bahaya.

Ada karakteristik dalam risiko ini lebih rendah dibandingkan risiko awal jika pengendalian dilakukan secara efektif. Akan tetapi tetap ada karena pengendalian risiko tidak selalu dapat menghilangkan risiko sepenuhnya. Sebagai gambaran setelah pekerja memakai *harness* (alat pelindung diri), risiko jatuh dari ketinggian berkurang menjadi risiko residual dengan kemungkinan lebih rendah meskipun keparahan tetap tinggi.

3.7.3.Perbandingan Tingkat Risiko Awal dan Residual

Tabel 3.3 Perbandingan tingkat risiko awal dan residual

Aspek	Risiko Awal	Risiko Residual
Definisi	Risiko sebelum pengendalian dilakukan	Risiko yang tersisa setelah pengendalian
Tingkat Risiko	Biasanya tinggi	Lebih rendah (jika pengendalian efektif)
Tujuan Pengukuran	Menentukan tingkat bahaya dan prioritas pengendalian	Mengevaluasi efektivitas langkah pengendalian
Parameter Utama	<i>Likelihood</i> dan <i>severity</i> tanpa kontrol	<i>Likelihood</i> dan <i>severity</i> setelah kontrol
Kondisi Kontrol	Tidak ada pengendalian	Sudah ada pengendalian yang diterapkan
Contoh Situasi	Pekerja tanpa APD menghadapi bahan kimia beracun	Pekerja dengan APD dan ventilasi yang baik

3.7.4.Kalkulasi Tingkat Risiko Awal dan Residual

Risiko dihitung menggunakan rumus (Sakti & Nuryanto, 2024):

Tingkat Risiko = Kemungkinan (*Likelihood*) × Keparahan (*Severity*)

Contoh:

- Risiko Awal:
Kemungkinan : Tinggi (4)
Keparahan : Tinggi (5)
Tingkat Risiko = 4 × 5 = 20 (Kategori Tinggi)
- Risiko Residual (Setelah Kontrol):

Kemungkinan : Rendah (2)

Keparahan : Tetap Tinggi (5)

Tingkat Risiko = $2 \times 5 = 10$ (Kategori Sedang)

3.7.5. Keefektifan Pengendalian dalam Menurunkan Risiko

- a. Efektif: Jika risiko residual jauh lebih rendah dibandingkan risiko awal.
- b. Kurang Efektif: Jika risiko residual tidak jauh berbeda dari risiko awal.

Pengendalian yang efektif melibatkan pendekatan hierarki kontrol (Yap & Lee, 2020):

1. ¹⁴ Eliminasi: Menghilangkan bahaya sepenuhnya.
2. Substitusi: Mengganti dengan bahan atau proses yang lebih aman.
3. Pengendalian teknis: Menambahkan pengamanan (*guarding*, isolasi).
4. Prosedur administrasi: Pelatihan, SOP, dan jadwal kerja aman.
5. ¹⁶ APD (Alat Pelindung Diri): Langkah terakhir untuk melindungi pekerja.

Perbandingan antara risiko awal dan risiko residual adalah indikator utama untuk menilai keberhasilan sistem manajemen K3. Tujuan HIRARC adalah meminimalkan risiko ke tingkat yang dapat diterima, meskipun tidak selalu mungkin menghilang-

kannya sepenuhnya. Evaluasi berkala diperlukan untuk memastikan pengendalian tetap relevan dan efektif.

*****TS*****

BAB 4

12

HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP)

Keselamatan dan operabilitas adalah dua pilar utama yang menopang keberlanjutan dan efisiensi suatu industri, terutama di sektor yang melibatkan proses kompleks seperti minyak dan gas, kimia, hingga manufaktur. Dalam lingkungan ini, kesalahan kecil dapat berujung pada konsekuensi besar, termasuk kerugian materi, gangguan operasional, dan risiko keselamatan yang mengancam jiwa. Di sinilah *Hazard and Operability Study* (HAZOP) memainkan perannya. Sebagai metode analisis risiko yang sistematis, HAZOP dirancang untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan permasalahan operasional yang dapat terjadi dalam suatu proses atau sistem. Pendekatan ini tidak hanya memastikan bahwa sistem berjalan sesuai rencana, tetapi juga membantu mencegah terjadinya insiden yang tidak diinginkan (Sabrina & Widharto, 2019).

139

Dalam setiap langkahnya, HAZOP melibatkan kolaborasi tim multidisiplin untuk menggali risiko tersembunyi dengan menggunakan analisis mendalam berbasis kata kunci dan deviasi. Hasilnya, industri tidak hanya dapat meningkatkan keselamatan kerja tetapi juga mengoptimalkan efisiensi operasionalnya. HAZOP bukan hanya alat teknis, melainkan juga sebuah filosofi yang mengedepankan pentingnya kehati-hatian dan perencanaan matang dalam setiap aspek operasional. Dengan memahami dan menerapkan HAZOP, industri dapat

19

melangkah maju dengan rasa percaya diri, mengubah tantangan menjadi peluang, serta mewujudkan masa depan yang lebih aman dan berkelanjutan

8 4.1. Definisi *Hazard and Operability Study (HAZOP)*

HAZOP adalah metode analisis risiko sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya (*hazard*) dan masalah operasional (*operability*) dalam suatu sistem atau proses (Sobirin & Faritsy, 2023). Metode ini sering digunakan dalam industri proses, seperti minyak dan gas, kimia, dan manufaktur, untuk meningkatkan keselamatan dan keandalan operasional. HAZOP dilakukan dengan cara mengevaluasi proses berdasarkan deviasi dari kondisi operasi yang diinginkan. Evaluasi ini melibatkan analisis setiap bagian sistem menggunakan pendekatan sistematis. Metode HAZOP menggunakan pendekatan berbasis kata kunci (seperti *No, More, Less, Reverse*) untuk mengevaluasi kemungkinan deviasi dari kondisi operasi normal dan menilai konsekuensi serta penyebab dari deviasi tersebut. Dalam HAZOP menggunakan tim multidisiplin untuk mendapatkan perspektif yang beragam. Fokus pada identifikasi deviasi dari kondisi operasi yang diinginkan. Dan Dilakukan secara sistematis pada setiap bagian proses (misalnya, node, peralatan, atau tahapan operasi). Adapun tujuannya adalah:

1. Mengidentifikasi potensi bahaya yaitu mengungkap risiko yang dapat menyebabkan cedera, kerusakan properti, atau dampak lingkungan. Proses identifikasi potensi

bahaya dalam HAZOP melibatkan analisis mendalam setiap node dengan menggunakan kata kunci dan evaluasi deviasi. Dengan pendekatan sistematis ini, risiko dapat diidentifikasi lebih awal, sehingga langkah mitigasi dapat diambil sebelum insiden terjadi (Mayadilani, 2020).

2. Meningkatkan operabilitas untuk memastikan sistem atau proses berjalan sesuai desain tanpa gangguan operasional. Selain untuk mengidentifikasi potensi bahaya, *Hazard and Operability Study* (HAZOP) juga bertujuan untuk memastikan bahwa sistem atau proses dapat beroperasi secara efisien, andal, dan sesuai dengan desain yang diharapkan (Basri dkk., 2024). Meningkatkan operabilitas adalah aspek penting untuk mengurangi gangguan proses dan meningkatkan produktivitas.
3. Memitigasi risiko dengan memberikan rekomendasi untuk mengurangi risiko yang diidentifikasi. Memitigasi risiko adalah salah satu tujuan utama dari *Hazard and Operability Study* (HAZOP). Setelah mengidentifikasi potensi bahaya dan masalah operasional, langkah selanjutnya adalah menyusun strategi untuk mengurangi atau mengeliminasi risiko yang telah ditemukan (Nur, 2018). Proses mitigasi ini memastikan bahwa sistem atau proses dapat berjalan dengan aman, andal, dan sesuai dengan standar yang berlaku.

4.2. Tahap-tahap dalam *Hazard and Operability Study* (HAZOP)

Dalam setiap sistem industri yang kompleks, keselamatan dan keandalan operasional menjadi prioritas utama. Kesalahan kecil dalam proses dapat menyebabkan dampak besar, mulai dari kerugian material hingga ancaman serius terhadap keselamatan manusia dan lingkungan. Untuk mengantisipasi hal ini, *Hazard and Operability Study* (HAZOP) hadir sebagai alat analisis yang sangat efektif. Namun, keberhasilan penerapan HAZOP tidak hanya bergantung pada tujuannya, tetapi juga pada pemahaman yang mendalam tentang tahap-tahap pelaksanaannya. Setiap langkah dalam HAZOP dirancang untuk memastikan bahwa potensi bahaya dan deviasi operasional dapat diidentifikasi secara sistematis dan menyeluruh. Tahap-tahap ini mencakup perencanaan, pembentukan tim ahli multidisiplin, analisis proses secara detail, hingga pemberian rekomendasi yang bertujuan untuk meminimalkan risiko dan meningkatkan efisiensi operasional. Dengan mengikuti prosedur ini, HAZOP membantu menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, produktif, dan berkelanjutan (Restuputri & Sari, 2015). Penjelasan lebih lanjut mengenai tahap-tahap dalam HAZOP akan memberikan gambaran menyeluruh tentang bagaimana pendekatan sistematis ini dapat diimplementasikan untuk mengatasi tantangan dan risiko di dunia industri modern. Langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah:

1. **Membentuk tim HAZOP**

Membentuk tim HAZOP adalah langkah awal yang sangat penting dalam pelaksanaan *Hazard and Operability Study* (HAZOP). Tim ini bertanggung jawab untuk melakukan analisis sistematis terhadap proses atau sistem yang sedang dikaji. Keberhasilan HAZOP sangat bergantung pada kualitas dan kompetensi tim yang terlibat. Tim HAZOP harus terdiri dari anggota dengan latar belakang keahlian yang berbeda untuk mendapatkan sudut pandang yang beragam. Anggota dapat berasal dari berbagai bidang seperti teknik proses, teknik instrumentasi, keselamatan kerja, operasi, pemeliharaan, dan manajemen. Anggota tim harus memahami detail proses yang dianalisis dan memiliki pengalaman di bidang terkait. Keterampilan dalam identifikasi risiko dan pengambilan keputusan juga sangat diperlukan. Seorang fasilitator HAZOP yang independen bertugas memimpin diskusi, menjaga fokus tim, dan memastikan semua aspek proses dianalisis secara menyeluruh. Fasilitator harus memiliki keahlian komunikasi yang baik dan pemahaman mendalam tentang metode HAZOP.

2. Menentukan *node* atau bagian proses yang akan dianalisis.
- Menentukan *node* atau bagian proses adalah langkah penting dalam pelaksanaan *Hazard and Operability Study* (HAZOP) (Febriyan dkk., 2017). *Node* merupakan bagian tertentu dari sistem atau proses yang akan dianalisis

secara rinci untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan deviasi operasional. Penentuan *node* dilakukan dengan tujuan agar analisis HAZOP lebih terfokus dan sistematis, sehingga seluruh aspek proses dapat dikaji secara menyeluruh. *Node* adalah bagian spesifik dari suatu sistem atau proses yang dipilih untuk dianalisis (Ahmad & Oginawati, 2019). *Node* biasanya dipilih berdasarkan:

- a. Fungsi merupakan proses atau tahapan tertentu yang memiliki peran penting dalam sistem.
- b. Lokasi fisik yaitu bagian fisik seperti pipa, tangki, pompa, atau reaktor.
- c. Parameter operasi yaitu parameter seperti aliran, suhu, tekanan, atau level cairan.

Dalam *Hazard and Operability Study* (HAZOP), penentuan *node* dengan tepat adalah langkah krusial yang menentukan keberhasilan analisis. *Node* yang dipilih secara tepat memastikan bahwa setiap potensi bahaya dan deviasi dalam sistem atau proses dapat diidentifikasi secara menyeluruh. Sebaliknya, penentuan *node* yang kurang tepat dapat menyebabkan terlewatnya risiko penting atau pemborosan waktu pada analisis yang kurang relevan. Manfaat menentukan *node* dengan tepat adalah:

- a. Fokus analisis untuk membantu tim HAZOP untuk fokus pada bagian yang relevan dan kritis.

- b. Efisiensi waktu untuk mencegah analisis yang terlalu luas atau terlalu dangkal.
- c. Cakupan yang menyeluruh untuk memastikan tidak ada bagian penting dari sistem yang terlewat.
- d. Identifikasi bahaya yang akurat untuk mempermudah identifikasi deviasi yang spesifik pada bagian tertentu.

Penentuan node dengan tepat adalah pondasi analisis HAZOP yang sukses. Node yang dipilih secara strategis memungkinkan identifikasi bahaya yang lebih akurat, efisiensi dalam pelaksanaan, dan penerapan rekomendasi yang relevan. Dengan demikian, sistem atau proses dapat dioperasikan dengan lebih aman, efisien, dan sesuai standar keselamatan.

3. Menggunakan kata kunci seperti “lebih sedikit,” “lebih banyak,” “berhenti,” untuk menilai setiap aspek proses. ⁸³ Dalam *Hazard and Operability Study* (HAZOP), penggunaan kata kunci adalah pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi potensi deviasi dalam suatu proses. Kata kunci ini membantu tim HAZOP mengevaluasi setiap aspek operasional dan menganalisis kemungkinan penyimpangan dari parameter desain yang telah ditentukan. Kata kunci seperti “lebih sedikit,” “lebih banyak,” “berhenti,” dan lainnya berfungsi sebagai panduan untuk memeriksa berbagai potensi masalah yang mungkin terjadi pada sistem. Berikut adalah kata kunci

yang sering digunakan dalam HAZOP beserta fokus analisisnya:

Tabel 4.1 Kata kunci dalam HAZOP beserta fokus analisis

Kata Kunci	Makna dan Fokus Analisis	Contoh Deviasi
Lebih Banyak	Parameter melebihi batas normal	Tekanan lebih tinggi dari desain
Lebih Sedikit	Parameter lebih rendah dari batas normal	Aliran cairan lebih sedikit dari yang dibutuhkan
Berhenti	Proses atau aliran berhenti sepenuhnya	Pompa berhenti beroperasi
Berlawanan	Arah aliran atau operasi terbalik	Aliran balik (<i>backflow</i>) pada pipa
Sebagian	Operasi berjalan sebagian atau tidak penuh kapasitas	Pemanasan hanya sebagian pada reactor
Salah Jenis	Penggunaan material atau zat yang tidak sesuai dengan spesifikasi	Zat kimia yang salah masuk ke dalam reactor
Tidak Ada	Kondisi normal tidak terjadi atau parameter hilang	Tidak ada aliran pada jalur pipa
Lebih Cepat/Lambat	Perubahan kecepatan operasi dari normal	Aliran gas lebih cepat dari desain

Penggunaan kata kunci seperti “lebih sedikit,” “lebih banyak,” dan “berhenti” adalah inti dari metode HAZOP. Kata kunci ini membantu tim untuk menganalisis setiap

parameter proses dengan sistematis, menemukan potensi deviasi, dan memberikan solusi mitigasi yang relevan. Dengan pendekatan berbasis kata kunci, analisis HAZOP dapat menghasilkan rekomendasi yang lebih efektif untuk meningkatkan keselamatan dan operabilitas sistem.

4. Mengidentifikasi penyebab dan konsekuensi dari potensi deviasi.

Identifikasi penyebab dan konsekuensi dari potensi deviasi merupakan inti dari analisis *Hazard and Operability Study* (HAZOP) (Sandrina & Herwanto, 2023). Setelah potensi deviasi pada suatu proses atau sistem diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah mencari penyebab yang mendasari terjadinya deviasi tersebut dan memahami dampaknya terhadap keselamatan, lingkungan, operabilitas, atau efisiensi sistem. Langkah-langkah identifikasi penyebab dan konsekuensi

- a. Tinjau deviasi yang telah diidentifikasi gunakan kata kunci seperti "lebih banyak," "lebih sedikit," "berhenti," atau lainnya untuk mengidentifikasi deviasi dari parameter proses normal.
- b. Identifikasi penyebab deviasi, dalam hal ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk:
 - o Kegagalan mekanis misalnya, pompa macet, katup bocor, atau sensor rusak.

- Kesalahan operasional misalnya, kesalahan pengaturan parameter atau tindakan operator yang salah.
 - Faktor lingkungan misalnya, suhu ekstrem atau perubahan tekanan atmosfer.
 - Kesalahan desain misalnya, spesifikasi peralatan yang tidak sesuai atau tata letak yang buruk.
- c. Analisis Konsekuensi Deviasi, dampak dari deviasi bisa mencakup:
- Bahaya terhadap keselamatan meliputi risiko kecelakaan kerja, kebakaran, ledakan, atau paparan bahan kimia berbahaya.
 - Gangguan operasi, misalnya proses produksi terhenti atau berkurangnya efisiensi.
 - Dampak lingkungan, misalnya pencemaran air, udara, atau tanah akibat kebocoran bahan kimia.
 - Kerugian ekonomi meliputi biaya perbaikan, penghentian produksi, atau klaim asuransi.
- d. Dokumentasikan penyebab dan konsekuensi semua penyebab dan konsekuensi harus didokumentasikan dengan jelas untuk memudahkan tim dalam memberikan rekomendasi mitigasi yang tepat.

4.3. Manfaat dan Kelebihan *Hazard and Operability Study* (HAZOP)

Hazard and Operability Study (HAZOP) adalah metode analisis risiko yang sistematis dan terstruktur untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan masalah operasional dalam suatu proses atau sistem. Metode ini banyak digunakan di berbagai industri, terutama pada proses kimia, minyak dan gas, serta manufaktur (Vijay & Sankar, 2023). HAZOP menggunakan pendekatan terstruktur dengan kata kunci dan parameter spesifik untuk mengevaluasi setiap aspek proses. Hal ini memastikan bahwa semua potensi deviasi, penyebab, dan konsekuensinya dianalisis secara menyeluruh. Beberapa manfaat HAZOP adalah:

1. Mengidentifikasi potensi bahaya secara menyeluruh, dalam hal ini HAZOP membantu mendeteksi potensi bahaya yang mungkin tidak terlihat secara langsung (Yasmie dkk., 2024), termasuk bahaya tersembunyi yang berasal dari deviasi proses. Sebagai contoh adalah kebocoran bahan kimia beracun, risiko ledakan, atau bahaya kebakaran.
2. Meningkatkan keselamatan operasional dengan mengenali bahaya sejak dini, langkah-langkah mitigasi dapat diambil untuk meningkatkan keselamatan pekerja, fasilitas, dan lingkungan (Nur & Gusena, 2019).
3. Mencegah gangguan operasional HAZOP tidak hanya fokus pada bahaya, tetapi juga pada potensi masalah operasional, seperti kegagalan peralatan atau penurunan

efisiensi dan penyebab penurunan produksi akibat deviasi aliran atau suhu.

4. Mengurangi biaya kerugian, dengan mencegah kecelakaan dan gangguan proses, perusahaan dapat menghindari biaya perbaikan, denda lingkungan, dan kerugian finansial akibat downtime.
5. Memenuhi regulasi dan standar, banyak regulasi industri dan standar keselamatan yang mengharuskan dilakukannya studi HAZOP sebagai bagian dari manajemen risiko. Contoh: Mematuhi standar OSHA, ISO 45001, atau API.
6. Meningkatkan kepercayaan stakeholder, pelaksanaan HAZOP ³⁰ menunjukkan komitmen perusahaan terhadap keselamatan, yang dapat meningkatkan kepercayaan pekerja, masyarakat, dan regulator.
7. Memberikan rekomendasi perbaikan sistem HAZOP menghasilkan rekomendasi yang konkret untuk perbaikan desain atau prosedur operasi, sehingga sistem menjadi lebih andal.
8. Meningkatkan pemahaman tim terhadap system, proses diskusi selama HAZOP meningkatkan pemahaman tim multidisiplin tentang proses dan risiko yang terkait

¹⁴¹ HAZOP adalah metode yang sangat bermanfaat untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko dalam proses industri. Dengan pendekatan yang sistematis, melibatkan tim multidisiplin, dan berfokus pada keselamatan serta operabilitas,

HAZOP membantu perusahaan ¹³ menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, meningkatkan efisiensi operasional, dan mematuhi standar keselamatan. Kelebihannya yang fleksibel dan terstruktur menjadikan HAZOP sebagai pilihan utama untuk manajemen risiko di berbagai industri.

¹² 4.4. Kelemahan *Hazard and Operability Study* (HAZOP)

Meskipun *Hazard and Operability Study* (HAZOP) merupakan metode analisis risiko yang efektif dan komprehensif, terdapat beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Pemahaman terhadap kelemahan ini membantu organisasi mengantisipasi kendala saat melaksanakan HAZOP dan mengoptimalkan hasilnya.

- a. Waktu dan biaya, dimana memerlukan waktu dan sumber daya yang besar. Proses HAZOP sangat terperinci dan melibatkan analisis mendalam pada setiap node atau bagian proses. Hal ¹⁴⁶ ini memerlukan waktu yang cukup lama, terutama untuk sistem yang kompleks. Dampaknya pelaksanaan HAZOP dapat memperlambat proyek jika tidak direncanakan dengan baik.
- b. Tergantung pada tim, dimana keberhasilan sangat bergantung pada keahlian tim. Keberhasilan HAZOP sangat bergantung pada keahlian, pengalaman, dan pengetahuan tim yang terlibat. Jika tim tidak memiliki pemahaman yang mendalam tentang proses atau risiko, hasil analisis bisa kurang akurat. Risiko terjadinya

kesalahan identifikasi atau rekomendasi yang tidak relevan.

- c. Tidak menghitung probabilitas, fokus hanya pada identifikasi bahaya dan konsekuensi. HAZOP fokus pada identifikasi bahaya dan deviasi, tetapi tidak mencakup analisis kuantitatif seperti probabilitas terjadinya bahaya atau tingkat keparahan secara detail (Ramadhan & Momon, 2022). Dampaknya tidak memberikan gambaran lengkap tentang prioritas risiko. Pendapat atau interpretasi dari anggota tim yang terlibat dapat memengaruhi hasil analisis, terutama jika ada dominasi dari individu tertentu dalam tim.
- d. Dokumentasi yang rumit dan panjang, hasil HAZOP biasanya menghasilkan dokumentasi yang sangat rinci dan panjang, yang bisa sulit dipahami atau digunakan jika tidak diatur dengan baik. Sehingga kesulitan dalam menindaklanjuti temuan atau rekomendasi dari hasil analisis.

Walaupun HAZOP memiliki beberapa kelemahan, metode ini tetap menjadi alat yang sangat berguna untuk analisis risiko jika diterapkan dengan perencanaan dan tim yang tepat. Dengan memahami kekurangan tersebut, perusahaan dapat mengambil langkah-langkah untuk mengatasi kendala dan memaksimalkan manfaat dari pelaksanaan HAZOP.

4.5. Aplikasi *Hazard and Operability Study* (HAZOP)

Hazard and Operability Study (HAZOP) merupakan metode analisis risiko yang banyak digunakan di berbagai sektor industri untuk mengidentifikasi bahaya potensial dan memastikan operabilitas sistem. Aplikasinya dalam Berbagai Industri:

- a. Industri migas yaitu analisis pada fasilitas pengeboran minyak, kilang minyak, atau terminal gas alam cair (LNG). Mengevaluasi risiko kebocoran, ledakan, atau kerusakan peralatan (Hariyanto dkk., 2019). Memastikan keselamatan proses pemisaan gas dan cairan di kilang, dengan fokus pada tekanan, suhu, dan aliran fluida.
- b. Industri kimia dan petrokimia yaitu analisis reaksi kimia dalam reaktor, sistem perpipaan, dan tangki penyimpanan. Identifikasi bahaya seperti reaksi tak terkendali, pelepasan zat kimia berbahaya, atau kontaminasi bahan baku. Menentukan risiko akibat tekanan berlebih di reaktor kimia yang dapat menyebabkan ledakan.
- c. Industri farmasi saat mengidentifikasi risiko dalam proses formulasi, pengemasan, atau penyimpanan bahan obat. Meningkatkan kualitas produksi dengan memastikan operabilitas alat. Mencegah risiko kontaminasi silang selama produksi obat di fasilitas farmasi (Damayanti & Hasanah, 2023).
- d. Pembangkit listrik, untuk analisis pada sistem pembakaran boiler, distribusi uap, atau pengolahan air. Dan mengidentifikasi risiko kegagalan peralatan yang dapat

mengganggu operasi atau membahayakan pekerja. Contoh mencegah potensi bahaya akibat suhu berlebih pada turbin uap.

- e. Industri manufaktur, untuk mengevaluasi keselamatan mesin dan proses manufaktur dan mengidentifikasi bahaya ergonomi atau kegagalan alat (Herawati & Sunardiansyah, 2023). Contoh dalam memastikan kelayakan operasional mesin produksi untuk menghindari kecelakaan kerja.
- f. Transportasi dan logistik, diterapkan untuk analisis risiko transportasi bahan berbahaya, seperti gas bertekanan atau bahan kimia beracun. Dan meningkatkan keselamatan operasional dalam pergudangan dan distribusi. Contoh dalam kasus mencegah tumpahan bahan kimia saat pemindahan di terminal kargo.
- g. Dalam industri pertambangan digunakan untuk menganalisis proses penggalian, pengolahan material, atau transportasi hasil tambang. Mengidentifikasi bahaya seperti longsor, ledakan, atau paparan debu berbahaya. Sebagai contoh untuk mengurangi risiko ledakan di area tambang bawah tanah.

Hazop juga sangat berguna pada berbagai tahapan proses. Menggunakan HAZOP selama tahap desain awal untuk mencegah bahaya potensial sebelum sistem dibangun. Mengidentifikasi kebutuhan perlindungan tambahan pada katup tekanan tinggi di pabrik kimia. Pada tahap operasi HAZOP dapat

mengevaluasi risiko pada sistem yang sudah berjalan untuk memastikan keselamatan operasional dan mendeteksi potensi deviasi aliran fluida dalam sistem perpipaan. Jika ada tahap modifikasi HAZOP dapat berperan untuk memastikan perubahan pada proses atau peralatan tidak menimbulkan risiko baru dan analisis risiko akibat penggantian bahan bakar pada boiler di pembangkit listrik.

Sedangkan pada evaluasi kecelakaan menggunakan HAZOP untuk menganalisis akar penyebab kecelakaan atau insiden operasional. Dan menentukan penyebab kebakaran akibat kegagalan katup tekanan di tangki penyimpanan. HAZOP membantu menyusun prosedur operasi yang aman dan pelatihan untuk pekerja dan meningkatkan prosedur start-up dan shut-down di pabrik kimia.

Aplikasi HAZOP sangat luas dan dapat diterapkan pada berbagai industri serta tahap proses. Dengan fokus pada identifikasi risiko dan peningkatan operabilitas, HAZOP menjadi alat penting untuk meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan kepatuhan terhadap regulasi (Marasabessy dkk., 2020). Implementasi HAZOP yang baik memastikan sistem berjalan secara andal dan aman, memberikan manfaat jangka panjang bagi perusahaan.

4.6. Contoh Kasus K3 dengan Analisis ¹ *Hazard and Operability Study (HAZOP)*

Hazard and Operability Study (HAZOP) adalah metode identifikasi bahaya yang sistematis untuk menemukan potensi

risiko dalam suatu proses industri. Namun, metode ini memiliki beberapa kelemahan, seperti terlalu bergantung pada pengalaman tim, memakan waktu lama, dan sulit diterapkan pada skenario yang kompleks atau dinamis. Ledakan pabrik kimia akibat kegagalan identifikasi skenario kombinasi

1. Kasus:

Sebuah pabrik kimia mengalami ledakan akibat reaksi tak terduga dari bahan kimia yang bocor dan bercampur dengan zat lain. Saat HAZOP dilakukan, tim hanya menganalisis masing-masing variabel secara terpisah dan tidak mempertimbangkan skenario kombinasi antara kebocoran bahan dengan suhu lingkungan yang meningkat. HAZOP (*Hazard and Operability Study*) dapat digunakan untuk menganalisis dan mencari penyelesaian terhadap ledakan pabrik kimia akibat kegagalan identifikasi skenario kombinasi dengan pendekatan berbasis tim dengan membagi sistem menjadi *node* (bagian proses) dan menganalisis potensi penyimpangan dari kondisi normal. Dalam kasus ledakan pabrik kimia, penyimpangan yang mungkin terjadi adalah:

Tabel 4.2 Peristiwa dan penyebab penyimpangan

Peristiwa	Penyebab
Flow lebih tinggi/rendah	Kebocoran bahan kimia
Temperatur lebih tinggi/rendah	Reaksi tidak terkendali
Tekanan lebih tinggi	Risiko ledakan meningkat

Peristiwa	Penyebab
Campuran bahan tak terduga	Reaksi berbahaya terjadi

Setelah penyimpangan diidentifikasi, HAZOP mencari penyebab potensial. Dalam kasus ini, beberapa penyebab utama bisa berupa:

Tabel 4.3 Penyebab utama, subjek dan konsekuensi penyimpangan

Penyebab	Subjek	Konsekuensi yang muncul
Kesalahan operasional	Operator salah mengatur aliran bahan	a. Ledakan akibat reaksi tak terkendali b. Paparan bahan kimia berbahaya bagi pekerja c. Kerusakan peralatan dan lingkungan sekitar
Kegagalan sistem kontrol	Sensor gagal mendeteksi kenaikan tekanan	
Kurangnya pemantauan interaksi bahan	Tidak terdeteksi adanya campuran bahan reaktif	

2. Evaluasi dan Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan analisis penyebab dan konsekuensi, tim HAZOP akan menyusun tindakan pencegahan dan pengendalian:

Tabel 4.4 Evaluasi penyimpangan

Penyimpangan	Penyebab	Konsekuensi	Rekomendasi HAZOP
Aliran bahan berlebih	Operator salah buka	Campuran bahan tidak	Interlock sistem

Penyimpangan	Penyebab	Konsekuensi	Rekomendasi HAZOP
	katup	terkontrol	otomatis untuk membatasi aliran
Tekanan tinggi	Kegagalan katup pengaman	Ledakan akibat overpressure	Instalasi pressure relief valve yang lebih sensitif
Temperatur tinggi	Reaksi eksotermis tidak terkendali	Reaksi runaway ledakan	Sistem pendinginan cadangan
Campuran bahan berbahaya	Kebocoran pipa	Reaksi kimia tidak terduga	Sensor deteksi gas dan pemisahan bahan reaktif

3. Implementasi & Monitoring

Pada implementasi dilakukan peningkatan SOP (*Standard Operating Procedures*) untuk memastikan operator memahami risiko. Juga diperlukan simulasi skenario kombinasi dalam analisis HAZOP, bukan hanya skenario tunggal. Diperlukan juga integrasi dengan metode lain (LOPA atau *Bowtie Analysis*) untuk memperkuat pengendalian risiko. HAZOP membantu mengidentifikasi penyimpangan yang berpotensi menyebabkan ledakan dan memberikan rekomendasi teknis serta operasional. Namun, metode ini perlu dikombinasikan dengan pendekatan lain untuk menangani skenario kombinasi

yang kompleks. Metode ini tidak selalu efektif dalam mengidentifikasi interaksi kompleks antar variabel.

HAZOP adalah metode yang sangat berguna untuk mengidentifikasi bahaya dalam proses industri, tetapi memiliki kelemahan dalam menghadapi skenario kombinasi yang kompleks, keputusan cepat dalam kondisi darurat, perubahan lingkungan atau operasional, kesalahan manusia dalam pemeliharaan. Untuk mengatasi kelemahan ini, HAZOP sebaiknya dikombinasikan dengan metode lain seperti *Layer of Protection Analysis (LOPA)*, *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*, atau *Bowtie Analysis* agar lebih komprehensif dalam mengidentifikasi dan mengurangi risiko (Purwanto dkk., 2024). Tabel ini menunjukkan bahwa HAZOP memiliki kelemahan dalam beberapa aspek, tetapi metode lain seperti LOPA, FMEA, dan *Bowtie Analysis* dapat melengkapi analisis risiko agar lebih menyeluruh.

Tabel 4.5 Gambaran metode LOPA, FMEA dan *bowtie analysis* melengkapi metode HAZOP

Aspek Analisis	HAZOP	LOPA (<i>Layer of Protection Analysis</i>)	FMEA (<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>)	<i>Bowtie Analysis</i>
Skenario Kombinasi	Kurang efektif	Dapat mengevaluasi tingkat perlin-	Dapat menganalisis skenario kombinasi	Memetakan hubungan sebab-akibat

Aspek Analisis	HAZOP	55 LOPA (Layer of Protection Analysis)	FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)	Bowtie Analysis
		dungan tambahan		secara visual
Keputusan Cepat dalam Darurat	Tidak mempertimbangkan faktor manusia	Tidak langsung mempertimbangkan keputusan cepat	Kurang efektif dalam situasi darurat	Membantu memahami faktor risiko saat darurat
Perubahan Operasional	Kurang fleksibel	Kurang fleksibel tetapi bisa digunakan bersama HAZOP	Dapat digunakan untuk perubahan operasional	Dapat digunakan untuk perubahan lingkungan
Kesalahan Manusia dalam Pemeliharaan	Kurang fokus pada pemeliharaan	Memasukkan konsep lapisan perlindungan	Menganalisis kesalahan manusia secara sistematis	Menjelaskan pencegahan dan mitigasi kesalahan manusia

Sebagai metode analisis risiko yang sistematis, HAZOP memainkan peran penting dalam mengidentifikasi potensi bahaya dan memastikan keandalan operasional di berbagai industri, terutama di sektor kimia, minyak & gas, serta manufaktur. Meskipun memiliki keterbatasan dalam menangani skenario kombinasi dan faktor manusia, HAZOP tetap menjadi

alat yang efektif dalam mendeteksi penyimpangan proses serta merancang strategi mitigasi yang tepat. Untuk hasil yang lebih komprehensif, HAZOP sebaiknya dikombinasikan dengan metode analisis risiko lainnya, seperti LOPA, FMEA, atau Bowtie Analysis, guna menciptakan sistem keselamatan kerja yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

*****TS*****

BAB 5

94

FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)

FMEA adalah metode yang efektif untuk menganalisis dan mengurangi risiko kegagalan dalam sistem atau proses. Dengan mengidentifikasi mode kegagalan, dampaknya, serta tindakan mitigasi yang diperlukan, perusahaan dapat meningkatkan kualitas produk dan keselamatan operasional. *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) adalah metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam suatu sistem, menilai dampaknya, dan menentukan tindakan pencegahan untuk mengurangi risiko (Sabaraya & Prastawa, 2024). FMEA sering digunakan dalam industri manufaktur, otomotif, penerbangan, kesehatan, dan berbagai bidang lainnya yang membutuhkan sistem keandalan tinggi. FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) sangat bisa diterapkan dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) FMEA dapat digunakan dalam K3 untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi risiko kecelakaan serta kegagalan sistem keselamatan kerja.

7

5.1. Definisi *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA)

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan (*failure modes*) dalam suatu sistem, proses, atau produk, serta menilai dampaknya (*effects*) terhadap keselamatan, keandalan, dan kualitas. Metode ini membantu

organisasi dalam mencegah kegagalan sebelum terjadi dengan mengidentifikasi risiko, menentukan penyebabnya, serta merancang tindakan pencegahan. FMEA sering diterapkan dalam berbagai industri, seperti manufaktur, otomotif, penerbangan, kesehatan, dan keselamatan kerja (K3) untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi risiko kecelakaan. *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) memiliki banyak kelebihan dalam analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) karena dapat membantu mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi risiko sebelum kecelakaan terjadi. Kelebihan FMEA adalah:

1. Pendekatan proaktif untuk mencegah kecelakaan, karena FMEA mengidentifikasi potensi kegagalan sebelum terjadi (Cahyani & Puspitasari, 2024), sehingga memungkinkan perusahaan mengambil tindakan pencegahan. Dengan pendekatan ini, risiko kecelakaan kerja dapat dikurangi secara signifikan sebelum berdampak pada pekerja.
2. Sistematis dan terstruktur, karena FMEA menggunakan pendekatan yang sistematis, di mana setiap mode kegagalan dianalisis berdasarkan Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D). Dengan struktur yang jelas, FMEA memudahkan pengambilan keputusan dalam pengelolaan risiko K3.
3. Memprioritaskan risiko berdasarkan tingkat keparahan, dalam hal ini Risk Priority Number (RPN) digunakan untuk menentukan mana risiko yang harus diatasi terlebih dahulu (Prasetya dkk., 2021). Ini membantu manajemen

dalam mengalokasikan sumber daya dengan lebih efektif ke area yang paling berisiko.

4. Meningkatkan keselamatan dan keandalan proses kerja, dengan menerapkan FMEA, perusahaan dapat mengidentifikasi titik-titik lemah dalam sistem K3, sehingga dapat ditingkatkan lebih lanjut. Hasilnya adalah lingkungan kerja yang lebih aman dan sistem kerja yang lebih andal.
5. Dapat diterapkan di berbagai sektor industri, karena FMEA fleksibel dan dapat diterapkan di berbagai industri, seperti manufaktur, konstruksi, pertambangan, kesehatan, dan migas (S. Indrawan, 2024). Bisa digunakan untuk analisis peralatan, prosedur kerja, hingga keselamatan pekerja di lapangan.
6. Membantu kepatuhan terhadap regulasi K3. FMEA dapat membantu organisasi dalam memenuhi standar keselamatan kerja seperti:
 - ISO 45001 (Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja)
 - SMK3 (Sistem Manajemen K3 di Indonesia)
 - OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*)
7. Mengurangi biaya akibat kegagalan atau kecelakaan, dengan mencegah kegagalan lebih awal, FMEA dapat mengurangi biaya kecelakaan kerja, perbaikan peralatan, dan downtime produksi. Juga sesuai slogan lebih baik mencegah daripada mengobati—investasi dalam analisis

FMEA jauh lebih murah dibandingkan biaya akibat kecelakaan besar (Nur dkk., 2024).

8. Meningkatkan kesadaran dan keterlibatan pekerja dalam K3, karena proses FMEA melibatkan diskusi tim lintas fungsi, sehingga pekerja lebih sadar akan potensi bahaya di tempat kerja. Hal ini dapat menciptakan budaya keselamatan yang lebih baik di dalam perusahaan.

5 FMEA adalah metode yang sangat efektif untuk menganalisis dan mencegah risiko dalam K3. Dengan pendekatan proaktif, sistematis, dan berbasis prioritas, FMEA dapat meningkatkan keselamatan kerja, efisiensi operasional, serta kepatuhan terhadap regulasi K3.

5.2. Tahap-tahap dalam *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA)

FMEA dilakukan melalui beberapa langkah sistematis berikut:

- a. Identifikasi komponen atau proses yaitu menentukansistem, produk atau proses yang akan di analisis
- b. Tentukan mode kegagalan (*failure mode*), merupakan cara bentuk di mana suatu komponen dapat mengalami kegagalan. Contoh katup tidak terbuka, sensor gagal membaca data, bahan pecah
- c. Tentukan efek kegagalan (*failure effects*), yaitu melihat dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan terhadap sistem

atau pengguna. Contoh jika katup tidak terbuka, maka bahan kimia tidak mengalir yang menyebabkan kegagalan produksi

- d. Menentukan penyebab kegagalan, yaitu melakukan analisis akar penyebab menggunakan metode seperti 5 *Why's* atau *Fishbone Diagram*
- e. Menentukan tingkat resiko (RPN – *risk priority number*), untuk menilai tingkat risiko suatu kegagalan. RPN dihitung dengan rumus:

$$RPN = \text{Severity (S)} \times \text{Occurrence (O)} \times \text{Detection (D)}$$

Dimana:

- *Severity* (S) yaitu seberapa parah dampak kegagalan? (1 = tidak signifikan, 10 = sangat berbahaya)
- *Occurrence* (O) yaitu seberapa sering kegagalan terjadi? (1 = sangat jarang, 10 = sangat sering)
- *Detection* (D) yaitu seberapa mudah kegagalan dapat dideteksi? (1 = sangat mudah, 10 = sulit dideteksi)

Semakin tinggi RPN, semakin besar prioritas untuk mitigasi risiko.

- f. Menentukan tindakan pencegahan, dengan menetapkan tindakan untuk mengurangi kemungkinan kegagalan terjadi atau meningkatkan deteksi sebelum dampaknya terjadi. Sebagai contoh sensor tambahan, sistem peringatan dini, inspeksi rutin.

5.3. Penerapan FMEA dalam K3

³⁸ Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) ³¹ dapat diterapkan dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja atau gangguan kesehatan pekerja. Dengan menggunakan pendekatan FMEA, perusahaan dapat mencegah risiko bahaya sebelum terjadi, ³⁶ meningkatkan keselamatan, dan memastikan lingkungan kerja yang lebih aman (Iklimaturrizza dkk., 2024). FMEA dalam K3 digunakan untuk :

- a. menganalisis risiko kecelakaan kerja pada mesin, alat, atau proses kerja
- b. Mendeteksi potensi bahaya dalam sistem kerja sebelum kecelakaan terjadi
- c. Mengembangkan langkah-langkah pencegahan untuk meningkatkan keselamatan pekerja
- d. Memprioritaskan risiko berdasarkan tingkat keparahan, kemungkinan terjadi, dan deteksi

Contoh penerapan FMEA dalam K3 yaitu misalnya, kita ingin menganalisis risiko penggunaan mesin pemotong logam di sebuah pabrik. Proses meliputi 3 tahap seperti disajikan dalam tabel.

Tabel 5.1 Penerapan FMEA dalam K3

Proses	Mode Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN	Tindakan Pencegahan
Pemotongan logam	Pisau tumpul	Potongan tidak	7	4	3	84	Pemeriksaan rutin,

Proses	Mode Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN	Tindakan Pencegahan
		presisi, operator cedera akibat tekanan berlebih					penggantian pisau setiap bulan
Pengopera- sian mesin	Operator tidak memakai APD	Cedera tangan akibat kontak langsung dengan mesin	9	5	6	270	Training keselamatan, pemasangan sensor otomatis
Sistem listrik	Korsleting listrik	Kebakaran di area kerja	10	3	5	150	Pemeliharaan kabel rutin, pemasangan pemadam otomatis

Dari tabel ini, kita melihat bahwa operator tidak memakai APD memiliki RPN tertinggi (270), sehingga ini harus menjadi prioritas utama dalam tindakan pencegahan.

4

5.4. Manfaat dan Kelebihan *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)*

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) adalah metode yang sangat efektif dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) karena mampu mengidentifikasi, menganalisis, dan mencegah kegagalan sebelum terjadi.

5.4.1. Manfaat FMEA dalam K3

- a. ² Mengurangi risiko kecelakaan dan cedera di tempat kerja, dengan mengidentifikasi potensi kegagalan lebih awal, FMEA membantu mencegah kecelakaan dan cedera sebelum terjadi. Contoh: Dalam industri konstruksi, FMEA bisa menganalisis risiko jatuh dari ketinggian, runtuhnya *scaffolding*, atau kegagalan alat berat (Darsini dkk., 2022).
- b. ⁵² Meningkatkan kesadaran dan budaya keselamatan di tempat kerja. Dalam hal ini FMEA melibatkan seluruh tim dalam analisis risiko, sehingga meningkatkan kesadaran pekerja tentang pentingnya K3 (Syaputra dkk., 2024). Contoh: Jika operator mesin memahami potensi kegagalan karena kurangnya perawatan, mereka akan lebih disiplin dalam inspeksi rutin.
- c. Mengurangi biaya akibat kegagalan atau insiden, karena dapat mencegah kecelakaan lebih murah dibandingkan biaya pengobatan pekerja, perbaikan mesin, atau downtime produksi akibat insiden. Contoh: Mencegah kebocoran gas di pabrik kimia jauh lebih hemat dibandingkan biaya akibat kebakaran besar atau dampak kesehatan pekerja.
- d. Mempermudah kepatuhan terhadap standar dan regulasi K3, dalam hal ini FMEA membantu perusahaan mematuhi standar keselamatan seperti:
 - ⁵¹ ISO 45001 (Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja)
 - SMK3 (Sistem Manajemen K3 di Indonesia)

- OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*, AS)

Dalam industri manufaktur, FMEA dapat memastikan SOP keselamatan mesin sudah ¹³ sesuai dengan regulasi yang berlaku.

- e. Meningkatkan keandalan peralatan dan efisiensi operasional, karena dapat mengurangi kegagalan peralatan dengan deteksi dini terhadap penyebab masalah, sehingga meningkatkan keandalan operasional. Contoh: Dalam industri pertambangan, FMEA dapat mengidentifikasi potensi kegagalan rem pada alat berat sebelum menyebabkan kecelakaan.

5.4.2. Kelebihan FMEA dalam K3

- a. Pendekatan proaktif dalam keselamatan dan kesehatan kerja, dalam hal ini FMEA berfokus pada pencegahan daripada perbaikan. Hal ini memungkinkan perusahaan mengidentifikasi risiko sebelum insiden terjadi, bukan hanya menanggulangi setelah kecelakaan terjadi.
- b. Sistematis dan terstruktur karena FMEA menggunakan pendekatan yang sistematis, dengan menilai setiap kegagalan berdasarkan:
 - ⁹⁰ Severity (S) → Tingkat keparahan akibat kegagalan
 - Occurrence (O) → Seberapa sering kegagalan bisa terjadi
 - Detection (D) → Seberapa mudah kegagalan dapat dideteksi sebelum berdampak

Dengan perhitungan Risk Priority Number (RPN), manajemen bisa menentukan prioritas risiko yang harus segera ditangani.

c. Fleksibel dan dapat diterapkan di berbagai industri, antara lain:

- Konstruksi pada kasus analisis risiko jatuh, runtuhnya bangunan, dan alat berat.
- Manufaktur yaitu pada keselamatan mesin, kegagalan alat produksi, dan penggunaan APD.
- Pertambangan yaitu pada kegagalan sistem ventilasi, risiko ledakan gas, dan runtuhnya terowongan.
- Kesehatan pada analisis kegagalan dalam prosedur medis dan penggunaan alat kesehatan.

d. Memudahkan pengambilan keputusan berbasis data

Hasil FMEA memberikan data yang kuantitatif dan objektif dalam menilai risiko, sehingga membantu manajemen membuat keputusan yang lebih baik (Aisyah, 2011). Contohnya jika suatu mesin memiliki RPN tinggi akibat kurangnya pemeliharaan, manajemen bisa menjadwalkan perawatan rutin sebagai prioritas.

e. Dapat diintegrasikan dengan metode analisis risiko lainnya yaitu:

- **HAZOP (Hazard and Operability Study)** → untuk analisis kegagalan dalam sistem industri.
- *Bowtie Analysis* → untuk visualisasi hubungan antara penyebab, kegagalan, dan konsekuensinya.

- LOPA (*Layer of Protection Analysis*) → untuk menilai efektivitas lapisan pengaman dalam sistem kerja.

FMEA adalah metode yang sangat bermanfaat dalam K3 karena memberikan pendekatan proaktif, sistematis, dan berbasis data untuk ⁹⁷ mengidentifikasi dan mengurangi risiko kecelakaan. Dengan ⁴⁴ kelebihan yang fleksibel dan dapat diterapkan di berbagai industri, FMEA menjadi alat yang penting dalam menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, lebih efisien, dan lebih andal.

⁴ 5.5. Kelemahan *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA)

Meskipun *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) ¹³ memiliki banyak keunggulan dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), metode ini juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Bergantung pada Pengalaman dan Keahlian Tim. Keakuratan FMEA sangat bergantung pada keahlian dan pengalaman tim yang melakukan analisis. Jika tim tidak memiliki pemahaman mendalam tentang proses kerja dan potensi kegagalan, maka hasil analisis bisa kurang akurat (Badariah dkk., 2016). Dampaknya risiko penting bisa saja terlewat atau tidak dianalisis dengan benar. Sebagai solusi adalah melibatkan tim lintas fungsi yang memiliki keahlian berbeda dan lakukan pelatihan sebelum analisis FMEA dilakukan. Keterbatasan FMEA dalam K3, tidak mempertimbangkan kombinasi beberapa kegagalan yang mungkin terjadi bersamaan. Bergantung pada keahlian tim

dalam menilai risiko. Tidak cukup untuk skenario bencana besar (misalnya ledakan besar atau kegagalan total sistem). Untuk mengatasi keterbatasan ini, FMEA sebaiknya dikombinasikan dengan metode lain seperti:

- HAZOP untuk analisis lebih mendalam pada skenario kombinasi.
- *Bowtie Analysis* untuk memahami hubungan penyebab dan konsekuensi bahaya.
- LOPA (*Layer of Protection Analysis*) untuk menentukan lapisan perlindungan tambahan.

⁵ FMEA adalah metode yang sangat berguna dalam K3 untuk mengidentifikasi dan mengurangi risiko kecelakaan kerja. Dengan menganalisis kegagalan dan memberikan solusi mitigasi, ⁶ FMEA membantu menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan efisien.

⁴ 5.6. Aplikasi *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) dalam K3

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) merupakan ⁵⁶ metode yang banyak digunakan dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, menganalisis dampaknya, dan menentukan langkah pencegahan. FMEA dapat diterapkan di berbagai industri untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja, meningkatkan keandalan sistem, serta mengurangi kerugian akibat kegagalan. Sebuah

ilustrasi studi kasus penerapan FMEA dalam penggunaan mesin pemotong logam meliputi tahap sebagai berikut:

1. Identifikasi proses kerja, proses yang dianalisis adalah pengoperasian mesin pemotong logam di pabrik manufaktur. Tujuan ¹ mengidentifikasi potensi kegagalan yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja dan menentukan langkah mitigasi yang efektif
2. Tabel analisis mode kegagalan menggunakan FMEA

Tabel 5.2 Tabel analisis mode kegagalan menggunakan FMEA

Proses	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN	Tindakan Pencegahan
Pemotongan logam	Pisau tumpul	Kurangnya pemeliharaan	Potongan tidak presisi, cedera akibat tekanan berlebihan	7	4	3	84	Pemeriksaan rutin, penggantian pisau tiap bulan
Pengoperasian mesin	Operator tidak memakai APD	Kurangnya kesadaran K3	Cedera tangan akibat kontak langsung dengan mesin	9	5	6	270	Training keselamatan, inspeksi APD sebelum kerja
Sistem listrik	Korsleting listrik	Kabel rusak, koneksi longgar	Kebakaran di area kerja, mesin mati mendadak	10	3	5	150	Pemeliharaan kabel rutin, pemasangan pemadam otomatis
Penanganan material	Logam terpelantai	Posisi benda kerja	Cedera mata	8	3	4	96	Penggunaan kaca

Proses	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN	Tindakan Pencegahan
		tidak stabil	atau wajah akibat serpihan logam					mata pelindung, penjepit benda kerja

3. Interpretasi Hasil dan Langkah Mitigasi
- a. Kasus dengan RPN tertinggi, contohnya operator tidak memakai APD (RPN = 270)

Ini menunjukkan bahwa tidak memakai APD adalah risiko tertinggi karena kombinasi dampak fatal (S=9), kemungkinan terjadi tinggi (O=5), dan sulit terdeteksi sebelum kecelakaan (D=6).

Langkah mitigasi:

- Training keselamatan secara berkala

- Penerapan kebijakan zero tolerance terhadap pelanggaran APD

- Inspeksi APD sebelum kerja dimulai

b. Korsleting listrik (RPN = 150)

Risiko kebakaran akibat korsleting cukup tinggi, meskipun kemungkinan terjadinya lebih rendah dibanding kasus pertama.

Langkah mitigasi:

- Pengecekan rutin sistem Listrik

- Penggunaan kabel tahan panas dan pengaman listrik otomatis

113

c. Pisau mesin tumpul (RPN = 84)

- Risiko ini memiliki tingkat keparahan yang lebih rendah dibanding dua kasus di atas, tetapi tetap perlu ditangani.
- Langkah mitigasi:
 - Penggantian pisau secara berkala
 - Pelatihan pekerja tentang cara menggunakan alat dengan benar

Penerapan FMEA dalam K3 memungkinkan perusahaan menggunakan untuk mengidentifikasi dan memitigasi risiko kecelakaan sebelum terjadi (Rizal dkk., 2022). Dari studi kasus ini, terlihat bahwa tidak memakai APD adalah risiko utama yang harus segera diatasi. Dengan menerapkan langkah-langkah pencegahan berdasarkan nilai RPN, keselamatan kerja dapat ditingkatkan secara signifikan. FMEA dapat diterapkan dalam berbagai industri untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi risiko kecelakaan kerja. Dengan mengidentifikasi mode kegagalan utama dan menentukan langkah mitigasi, perusahaan dapat meningkatkan keselamatan kerja, efisiensi operasional, dan kepatuhan terhadap regulasi K3.

Penerapan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan pendekatan yang sistematis dan proaktif untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, serta memitigasi risiko sebelum terjadi kecelakaan atau kegagalan sistem. Dengan menganalisis potensi kegagalan sejak tahap perencanaan, metode ini dapat

meningkatkan keandalan operasional, mengurangi ³³kecelakaan kerja, serta menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan efisien (Prisilia & Purnomo, 2022). Oleh karena itu, integrasi FMEA dalam manajemen K3 bukan hanya sekadar kepatuhan terhadap regulasi, tetapi juga investasi strategis dalam keberlanjutan dan produktivitas perusahaan.

*****TS*****

BAB 6

7

FAULT TREE ANALYSIS (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah salah satu metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab potensial dari suatu kegagalan atau kecelakaan dalam sistem kerja. FTA bekerja dengan cara menganalisis suatu kejadian yang tidak diinginkan (misalnya kecelakaan atau kegagalan peralatan) secara deduktif, dengan menelusuri faktor-faktor penyebabnya hingga ke akar masalah (Nur & Ariwibowo, 2018). FTA adalah metode yang sangat efektif dalam menganalisis penyebab kecelakaan kerja secara sistematis. Dengan menggunakan pendekatan deduktif, perusahaan dapat mencegah kecelakaan sejak dini, meningkatkan keamanan kerja, dan mengurangi risiko operasional. Oleh karena itu, FTA menjadi salah satu metode yang penting dalam implementasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di berbagai industri.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek krusial dalam setiap industri untuk memastikan lingkungan kerja yang aman dan bebas dari risiko kecelakaan. Dalam upaya mencegah kecelakaan dan kegagalan sistem, berbagai metode analisis risiko digunakan, salah satunya adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA adalah metode analisis deduktif yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memahami penyebab utama suatu kejadian yang tidak diinginkan dalam sistem kerja (Hardaningrum dkk., 2024).

Dengan pendekatan berbasis logika, FTA membantu dalam mengurai hubungan antara berbagai faktor penyebab kecelakaan atau kegagalan operasional. Metode ini memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang bagaimana suatu insiden dapat terjadi dan bagaimana langkah-langkah pencegahan yang efektif dapat diterapkan. Dalam dunia industri, FTA menjadi alat penting dalam manajemen risiko, terutama dalam mendukung perancangan sistem keselamatan yang lebih handal dan meminimalkan potensi bahaya di tempat kerja. Dengan memahami dan menerapkan FTA secara sistematis, perusahaan dapat meningkatkan keselamatan kerja, mengurangi insiden kecelakaan, serta menciptakan budaya kerja yang lebih aman dan produktif.

6.1. Definisi *Fault Tree Analysis* (FTA)

FTA banyak digunakan dalam manajemen risiko K3, terutama untuk menganalisis penyebab kecelakaan yaitu menelusuri penyebab kecelakaan kerja, seperti jatuh dari ketinggian, kebakaran, atau kegagalan mesin. Meningkatkan keamanan peralatan, untuk menganalisis kegagalan sistem keselamatan, seperti sistem ventilasi yang tidak berfungsi atau kebocoran bahan kimia. Dan mengevaluasi efektivitas prosedur keselamatan untuk mengidentifikasi titik lemah dalam prosedur keselamatan kerja dan memberikan rekomendasi perbaikan.

¹⁰ *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah suatu metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi penyebab potensial dari suatu kejadian yang tidak diinginkan

(*top event*) dalam suatu sistem. Metode ini menggunakan pendekatan deduktif, di mana analisis dimulai dari kejadian utama yang ingin dicegah, kemudian menelusuri berbagai faktor penyebabnya melalui struktur berbentuk pohon yang terdiri dari gerbang logika seperti *AND* dan *OR*. FTA membantu dalam memahami hubungan sebab-akibat antara berbagai faktor yang berkontribusi terhadap kegagalan sistem atau kecelakaan kerja. Dengan menggunakan metode ini, organisasi dapat mengembangkan langkah-langkah pencegahan yang lebih efektif untuk meningkatkan keselamatan dan keandalan sistem kerja. Metode ini banyak diterapkan dalam bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), industri manufaktur, transportasi, sistem kelistrikan, penerbangan, hingga industri nuklir untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan meningkatkan standar keselamatan.

Konsep Dasar FTA menggunakan pendekatan pohon kesalahan, yang menggambarkan hubungan antara kegagalan utama (*top event*) dengan berbagai faktor penyebabnya melalui gerbang logika seperti *AND* dan *OR*, yang meliputi :

- a. *Top event*, untuk melihat kejadian yang tidak diinginkan, seperti kecelakaan kerja atau kegagalan alat.
- b. *Intermediate events* yang merupakan faktor perantara yang berkontribusi terhadap top event.
- c. *Basic events* yang merupakan penyebab dasar dari kegagalan, biasanya berupa kesalahan manusia, kegagalan peralatan, atau faktor lingkungan.

16

d. Gerbang logika meliputi Gerbang *OR* yang jika salah satu penyebab terjadi, maka kegagalan utama akan terjadi. Dan Gerbang *AND* yang semua penyebab harus terjadi bersamaan agar kegagalan utama terjadi.

10

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan salah satu metode analisis risiko yang efektif dalam mengidentifikasi dan mengevaluasi penyebab potensial suatu kegagalan atau kecelakaan dalam sistem kerja. Dengan pendekatan deduktif yang sistematis, FTA membantu mengurai hubungan sebab-akibat suatu kejadian, sehingga memungkinkan perusahaan atau organisasi untuk merancang strategi pencegahan yang lebih efektif (Ekoanindiyo dkk., 2021). Dalam penerapannya, FTA tidak hanya meningkatkan keselamatan dan keandalan sistem, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam manajemen risiko. Oleh karena itu, penggunaan FTA dalam berbagai sektor industri, khususnya dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), menjadi langkah strategis dalam menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, efisien, dan berkelanjutan.

19

29

7

6.2. Tahap-tahap dalam *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi penyebab potensial suatu kejadian yang tidak diinginkan (*top event*) dalam suatu sistem (Hardiansah dkk., 2023). Metode ini menggunakan pendekatan deduktif untuk menelusuri faktor-

faktor yang menyebabkan kegagalan melalui struktur berbentuk pohon. Tahapan analisis menggunakan FTA adalah:

1. Menentukan *top event* (kejadian yang tidak diinginkan)
Langkah pertama dalam FTA adalah mendefinisikan *top event*, yaitu kegagalan atau kecelakaan yang akan dianalisis (Syarifuddin dkk., 2022). Misalnya kebakaran di tempat kerja, kecelakaan kerja akibat kejatuhan benda berat, atau kegagalan sistem kelistrikan yang menyebabkan *downtime* produksi.
2. Mengidentifikasi penyebab langsung dan dasar dari *top event*
Setelah *top event* ditentukan, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi penyebab langsung dan dasar yang dapat berkontribusi terhadap kejadian tersebut (Arman dkk., 2022). Penyebab ini dapat berupa Kesalahan manusia (*human error*), kegagalan peralatan akibat perawatan yang buruk, dan faktor lingkungan, seperti cuaca ekstrem atau kondisi kerja yang tidak aman.
3. Menyusun diagram pohon kesalahan (*Fault Tree Diagram*)
Pada tahap ini, hubungan antara *top event* dengan faktor-faktor penyebabnya digambarkan dalam bentuk diagram pohon (Yolanda dkk., 2023). Diagram ini menggunakan gerbang logika yaitu gerbang *OR*, jika salah satu penyebab terjadi, maka *top event* dapat terjadi. Dan gerbang *AND*,

jika semua penyebab harus terjadi bersamaan agar top event terjadi. Dengan struktur ini, setiap jalur kegagalan dapat dianalisis secara sistematis.

4. Menganalisis jalur kegagalan (*Failure Paths*)

Setelah diagram pohon kesalahan dibuat, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi jalur kegagalan yang paling kritis (Prawira dkk., 2024). Setiap cabang dalam diagram menunjukkan bagaimana berbagai penyebab dapat berkontribusi terhadap kejadian utama. Dengan memahami jalur kegagalan ini, perusahaan dapat menentukan titik-titik kritis yang memerlukan tindakan pencegahan.

5. Menilai probabilitas terjadinya kegagalan

Setiap penyebab dalam diagram FTA dapat diberi nilai probabilitas berdasarkan data historis atau perkiraan statistik. Probabilitas total dari top event dapat dihitung menggunakan aturan aljabar probabilitas. Dengan mengetahui probabilitas ini, organisasi dapat menilai risiko dan menentukan prioritas mitigasi.

6. Menentukan tindakan pencegahan dan perbaikan

Berdasarkan hasil analisis, langkah-langkah mitigasi dapat dirancang untuk mengurangi risiko. Beberapa strategi yang dapat diterapkan yaitu peningkatan perawatan peralatan untuk mencegah kegagalan mekanis, pelatihan

pekerja agar lebih sadar terhadap risiko keselamatan, peningkatan sistem deteksi dini, seperti sensor atau alarm keselamatan (Apriyani dkk., 2022).

7. Implementasi dan evaluasi hasil

Setelah tindakan perbaikan diterapkan, sistem harus dipantau secara berkala untuk memastikan efektivitasnya. FTA dapat dilakukan kembali setelah implementasi perbaikan untuk mengevaluasi apakah risiko telah berkurang. Jika masih ada jalur kegagalan yang signifikan, langkah tambahan dapat dirancang untuk meningkatkan keselamatan sistem.

Metode ⁹⁶ *Fault Tree Analysis* (FTA) memungkinkan organisasi untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab utama dari suatu kegagalan secara sistematis. Dengan mengikuti tahapan ini, perusahaan dapat ⁵ mengurangi risiko kecelakaan, meningkatkan keandalan sistem, serta menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif. Sebagai alat analisis risiko, FTA ³² tidak hanya membantu dalam pencegahan kecelakaan, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam manajemen ¹² keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

6.3. Penerapan FTA dalam K3

¹⁰ *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab potensial

suatu kejadian yang tidak diinginkan (*top event*) dalam suatu sistem. Dalam bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), FTA digunakan untuk menganalisis insiden kecelakaan kerja, kegagalan sistem keselamatan, dan faktor-faktor yang dapat menyebabkan risiko di tempat kerja. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Identifikasi kejadian tidak diinginkan dalam K3

Langkah awal dalam penerapan FTA adalah menentukan top event atau kejadian yang tidak diinginkan dalam lingkungan kerja, seperti kebakaran akibat korsleting listrik, kecelakaan kerja akibat jatuh dari ketinggian, kegagalan sistem ventilasi yang menyebabkan paparan gas beracun dan cedera pekerja akibat malfungsi mesin. Top event ini menjadi titik awal dalam analisis untuk mencari akar penyebabnya.

2. Mengidentifikasi penyebab kegagalan

Setelah top event ditentukan, langkah berikutnya adalah menelusuri berbagai penyebab yang berkontribusi terhadap kejadian tersebut. Penyebab dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Faktor teknis, yaitu kerusakan alat, kegagalan sistem kontrol, atau cacat desain.
- Faktor manusia, yaitu kesalahan operator, kurangnya pelatihan, atau kelelahan kerja.
- Faktor lingkungan, yaitu cuaca ekstrem, pencahayaan buruk, atau kondisi kerja yang tidak aman.

Diagram pohon kesalahan (*Fault Tree*) untuk memahami hubungan sebab-akibatnya sbb:



Gambar 6.1 Diagram pohon kesalahan hubungan sebab-akibat

Penjelasan Diagram

- *Top event* , yaitu Kecelakaan jatuh dari ketinggian sebagai kejadian yang tidak diinginkan.
- Penyebab langsung, karena kesalahan manusia dan faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap kejadian tersebut.
- Penyebab dasar, merupakan faktor lebih spesifik seperti tidak menggunakan alat pelindung diri (APD), kurangnya pelatihan, lantai licin, dan pegangan tangga tidak stabil.

Diagram ini menunjukkan bagaimana berbagai faktor berkontribusi terhadap satu insiden kecelakaan, membantu dalam identifikasi penyebab utama dan langkah mitigasi yang tepat.

3. Menyusun diagram pohon kesalahan (*Fault Tree Diagram*)

Diagram pohon kesalahan dibuat untuk menggambarkan hubungan antara *top event* dengan berbagai penyebabnya menggunakan gerbang logika:

- Gerbang *OR* → Jika salah satu penyebab terjadi, maka *top event* bisa terjadi.
- Gerbang *AND* → Semua penyebab harus terjadi bersamaan agar *top event* terjadi.

Contohnya, jika kecelakaan kerja akibat jatuh terjadi karena kurangnya penggunaan alat pelindung diri (APD) dan pegangan tangga yang tidak stabil, maka diagram FTA akan menggunakan gerbang AND.



Gambar 6.2 Diagram pohon kesalahan hubungan sebab-akibat menggunakan gerbang logika

Penjelasan diagram

- *Top Event*, yaitu kecelakaan jatuh dari ketinggian sebagai kejadian yang tidak diinginkan.

- *Gerbang AND*, yaitu menunjukkan bahwa kecelakaan ini hanya terjadi jika kedua penyebab utama terjadi secara bersamaan.
- Penyebab utama, yaitu kurangnya Penggunaan APD dan pegangan tangga tidak stabil, yang keduanya harus ada agar kecelakaan terjadi.

Makna penggunaan gerbang *AND*

- Jika pekerja tidak menggunakan APD, tetapi pegangan tangga stabil, maka risiko jatuh dapat berkurang.
- Jika pegangan tangga tidak stabil, tetapi pekerja menggunakan APD (sabuk pengaman, *harness*), kemungkinan cedera lebih kecil.
- Namun, jika kedua penyebab terjadi bersama-sama, maka kecelakaan jatuh dari ketinggian menjadi sangat mungkin terjadi.
- Diagram ini membantu dalam menentukan strategi mitigasi yang lebih efektif, seperti mewajibkan penggunaan APD di area kerja berisiko tinggi, memeriksa dan memastikan pegangan tangga aman sebelum digunakan, memberikan pelatihan keselamatan kerja di ketinggian.

Dengan pendekatan ini, risiko kecelakaan akibat jatuh dapat diminimalkan secara efektif.

4. Menilai risiko dan probabilitas kejadian

Setiap jalur penyebab dalam diagram FTA dapat dianalisis untuk menentukan probabilitas kejadian dengan pendekatan kuantitatif atau kualitatif.

- Data statistik dari kecelakaan kerja sebelumnya dapat digunakan untuk menilai seberapa sering suatu penyebab terjadi.
- Dengan mengombinasikan probabilitas dari berbagai jalur kegagalan, probabilitas total dari *top event* dapat dihitung.

Semakin tinggi probabilitas suatu jalur kegagalan, semakin besar perhatian yang harus diberikan untuk mitigasi risiko.

5. Menentukan tindakan pencegahan dan mitigasi risiko

Berdasarkan hasil analisis FTA, langkah-langkah mitigasi dapat dirancang untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *top event*. Beberapa langkah yang dapat dilakukan dalam K3 meliputi:

- Peningkatan pemeliharaan peralatan kerja untuk mengurangi kegagalan teknis.
- Pelatihan keselamatan bagi pekerja untuk mengurangi risiko kesalahan manusia.
- Pemasangan sistem deteksi bahaya seperti sensor asap atau detektor gas beracun.

- Penerapan standar operasional prosedur (SOP) yang lebih ketat untuk mencegah kecelakaan kerja.

6. Implementasi dan pemantauan

Setelah tindakan mitigasi diterapkan, perusahaan harus melakukan pemantauan untuk memastikan efektivitasnya.

Hal ini meliputi:

- Audit keselamatan secara berkala untuk mengevaluasi perubahan risiko.
- Simulasi atau drill keadaan darurat untuk menguji kesiapan pekerja dalam menghadapi insiden.
- Analisis ulang menggunakan FTA jika ditemukan faktor risiko baru atau setelah insiden terjadi.

Penerapan FTA dalam K3 membantu organisasi dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi risiko kecelakaan kerja melalui pendekatan sistematis dan berbasis data. Dengan memetakan jalur penyebab kegagalan, FTA memungkinkan perusahaan untuk mengambil langkah pencegahan yang lebih efektif, meningkatkan keandalan sistem keselamatan, ¹ dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman.

Sebagai alat analisis risiko, FTA menjadi ³⁶ metode yang sangat penting dalam manajemen keselamatan kerja, membantu dalam pencegahan kecelakaan, perencanaan mitigasi risiko, dan peningkatan budaya keselamatan di tempat kerja.

6.4. Manfaat dan Kelebihan FTA

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan salah satu metode analisis risiko yang banyak digunakan dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta bidang industri lainnya. Metode ini membantu organisasi dalam mengidentifikasi penyebab utama dari suatu kejadian yang tidak diinginkan (*top event*) dan mengambil langkah-langkah mitigasi yang efektif.

6.4.1. Manfaat *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam K3

1. Mengidentifikasi penyebab kecelakaan secara sistematis
 - FTA memungkinkan perusahaan untuk memahami hubungan sebab-akibat dari suatu kecelakaan atau kegagalan sistem dengan menyusun diagram pohon kesalahan (Kristiana & Tanuwijaya, 2018).
 - Ini membantu dalam menentukan akar penyebab sehingga langkah mitigasi dapat dilakukan lebih efektif.
2. Meningkatkan keselamatan kerja
 - Dengan mengidentifikasi potensi risiko lebih awal, perusahaan dapat menerapkan langkah pencegahan sebelum kecelakaan terjadi.
 - Misalnya, jika ditemukan bahwa kurangnya penggunaan APD dan pegangan tangga tidak stabil dapat menyebabkan kecelakaan jatuh, maka perusahaan dapat mewajibkan APD dan memperbaiki fasilitas kerja sebelum insiden terjadi.

3. Mengurangi kerugian akibat kecelakaan dan *downtime*
 - Dengan mengurangi insiden kecelakaan, perusahaan dapat menekan biaya perawatan pekerja yang cedera, kerusakan alat, serta penghentian operasional akibat kecelakaan kerja.
4. Membantu kepatuhan terhadap peraturan K3
 - Regulasi K3 di berbagai negara mewajibkan perusahaan untuk melakukan penilaian risiko secara proaktif (Amrullah dkk., 2024).
 - FTA dapat digunakan sebagai alat dokumentasi resmi dalam memenuhi persyaratan hukum dan standar keselamatan seperti ISO 45001.
5. Memudahkan pengambilan keputusan manajemen
 - Dengan diagram FTA, manajemen dapat dengan mudah melihat faktor risiko terbesar dan menentukan langkah mitigasi dengan prioritas tinggi.
 - Misalnya, jika suatu sistem keselamatan rentan terhadap kegagalan karena kurangnya inspeksi berkala, maka kebijakan inspeksi rutin bisa segera diterapkan.

6.4.2.Kelebihan *Fault Tree Analysis* (FTA) dibanding Metode Lain

1. Pendekatan berbasis logika
 - Menggunakan gerbang logika (*AND*, *OR*, dll.), sehingga penyebab kegagalan dapat dipetakan dengan jelas.

2. Dapat digunakan secara kuantitatif & kualitatif
 - FTA memungkinkan perusahaan untuk menghitung probabilitas risiko kecelakaan dengan data statistik.
 - Juga bisa digunakan secara kualitatif untuk mengidentifikasi penyebab tanpa perhitungan numerik.
3. Fokus pada pencegahan bukan hanya koreksi
 - Berbeda dengan analisis lain yang sering dilakukan setelah kecelakaan terjadi, FTA memungkinkan identifikasi risiko sebelum insiden terjadi.
4. Dapat diterapkan dalam berbagai sektor
 - Selain di K3, FTA juga banyak digunakan dalam industri penerbangan, manufaktur, energi, dan sistem teknologi tinggi lainnya.

Penerapan *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam K3 memberikan manfaat besar dalam identifikasi risiko, peningkatan keselamatan kerja, dan pengurangan insiden kecelakaan. Dengan menggunakan FTA, perusahaan dapat menentukan akar penyebab masalah secara sistematis, meningkatkan efisiensi kerja, serta mematuhi regulasi keselamatan dengan lebih baik (Suryaningrum dkk., 2024). Sebagai metode yang fleksibel dan berbasis logika, FTA menjadi alat ⁷¹ penting dalam menciptakan budaya kerja yang lebih aman dan bebas dari kecelakaan.

6.5. Kelemahan FTA

¹³ *Fault Tree Analysis* (FTA) memiliki banyak manfaat dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), metode ini juga memiliki beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Kelemahan ini dapat mempengaruhi efektivitas analisis jika tidak diatasi dengan baik. Diantara kelemahan tersebut yaitu :

1. Membutuhkan data yang akurat dan lengkap
 - FTA sangat bergantung pada ketersediaan data kegagalan atau kecelakaan sebelumnya.
 - Jika data tidak tersedia atau tidak lengkap, hasil analisis bisa menjadi tidak akurat atau kurang dapat diandalkan.
 - Misalnya, jika suatu perusahaan tidak memiliki riwayat kecelakaan kerja yang terdokumentasi dengan baik, maka penyebab risiko mungkin sulit diidentifikasi secara akurat.
2. Tidak mempertimbangkan faktor waktu dan perubahan sistem
 - FTA bersifat statis, artinya analisis dilakukan pada satu titik waktu dan tidak mempertimbangkan perubahan lingkungan kerja.
 - Jika ada perubahan seperti penggunaan alat baru, modifikasi prosedur kerja, atau kondisi cuaca yang berubah, maka analisis harus diperbarui agar tetap relevan.

3. Kompleksitas dalam analisis sistem yang besar
 - Jika sistem yang dianalisis terlalu besar atau terlalu kompleks, diagram pohon kesalahan bisa menjadi sangat rumit dan sulit dipahami.
 - Sistem yang memiliki banyak faktor penyebab akan menghasilkan pohon kesalahan dengan banyak cabang, sehingga sulit untuk ditafsirkan dan dikelola.
4. Sulit menangani kegagalan yang bersifat multikausal
 - FTA cenderung mengasumsikan hubungan sebab-akibat yang linier, padahal dalam kenyataannya, kegagalan sering kali disebabkan oleh kombinasi banyak faktor yang saling berinteraksi (Safrudin & Rahman, 2021).
 - Jika ada interaksi antar-penyebab yang tidak bisa direpresentasikan dengan gerbang logika sederhana (*AND/OR*), maka analisis bisa menjadi tidak akurat.
5. Tidak memperhitungkan dampak manusia dan faktor sosial secara mendalam
 - Meskipun FTA dapat mengidentifikasi kesalahan manusia sebagai penyebab kegagalan, metode ini tidak mendalam dalam menganalisis faktor psikologis, budaya kerja, atau motivasi pekerja.
 - Padahal, dalam K3, faktor seperti kelelahan, tekanan kerja, dan komunikasi antarpekerja sering kali berkontribusi terhadap kecelakaan.

6. Tidak memberikan solusi langsung

- FTA hanya membantu mengidentifikasi penyebab kegagalan, tetapi tidak memberikan solusi langsung untuk mengatasi masalah.
- Setelah penyebab diketahui, perusahaan masih harus melakukan evaluasi lanjutan untuk menentukan tindakan pencegahan yang tepat.

Walaupun FTA adalah metode yang sangat bermanfaat dalam menganalisis risiko K3, metode ini memiliki beberapa kelemahan seperti ketergantungan pada data yang akurat, tidak mempertimbangkan faktor waktu, dan kompleksitas dalam sistem besar. Oleh karena itu, FTA sebaiknya digunakan bersama metode lain, seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) atau *Job Safety Analysis* (JSA), agar hasil analisis risiko menjadi lebih komprehensif dan efektif (Safrudin & Rahman, 2021).

6.6. Aplikasi FTA

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode yang banyak digunakan dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi risiko kecelakaan kerja. Dengan menggunakan diagram pohon kesalahan, FTA membantu dalam menentukan akar penyebab insiden dan merancang langkah mitigasi untuk mencegah kejadian serupa di masa depan. Contoh aplikasi FTA dalam K3 adalah Analisis Risiko Kecelakaan Jatuh dari Ketinggian

- *Top event* → Pekerja jatuh dari ketinggian
- Penyebab utama:
 - Kurangnya penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti *safety harness*.
 - Pegangan tangga tidak stabil atau struktur kerja di ketinggian yang lemah.
 - Kurangnya pelatihan tentang bekerja di ketinggian.
- Tindakan pencegahan:
 - Mewajibkan penggunaan APD untuk pekerja di ketinggian.
 - Pemeriksaan rutin terhadap tangga dan perancah.
 - Pelatihan keselamatan kerja bagi pekerja di atas ketinggian 2 meter.
- Aplikasi FTA dalam K3 sangat membantu dalam mengidentifikasi penyebab kecelakaan dan menentukan langkah pencegahan yang tepat (Husaini dkk., 2023). Dengan menggunakan metode ini, perusahaan dapat meminimalkan risiko kecelakaan kerja, meningkatkan keselamatan pekerja, serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi K3.
- Penerapan FTA secara terstruktur dan rutin akan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, efisien, dan produktif.

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode yang sangat efektif dalam mengidentifikasi dan menganalisis akar penyebab kecelakaan atau kegagalan sistem dalam Keselamatan dan

Kesehatan Kerja (K3). Dengan pendekatan yang sistematis dan berbasis logika, FTA memungkinkan perusahaan untuk memahami hubungan sebab-akibat dari suatu insiden, sehingga dapat merancang langkah-langkah pencegahan yang lebih tepat dan efektif. Meskipun memiliki beberapa keterbatasan, jika diterapkan dengan baik dan didukung oleh data yang akurat, FTA dapat membantu mengurangi risiko kecelakaan kerja, meningkatkan keselamatan pekerja, serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi K3. Oleh karena itu, integrasi FTA dengan metode analisis risiko lainnya, seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) atau *Job Safety Analysis* (JSA), dapat semakin memperkuat upaya dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman, efisien, dan produktif.

*****TS*****

BAB 7

26

ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA) & 5 WHYS

Root Cause Analysis (RCA) adalah metode investigasi yang digunakan untuk menemukan penyebab utama (*root cause*) dari suatu insiden atau kecelakaan kerja (Amrillah dkk., 2024). RCA tidak hanya mencari penyebab langsung (*immediate cause*), tetapi juga akar masalah yang mendasarinya sehingga dapat diambil tindakan pencegahan agar kejadian serupa tidak terulang. Biasanya digunakan untuk investigasi kecelakaan kerja di perusahaan & proyek besar, yaitu digunakan untuk mencari penyebab utama kecelakaan kerja, terutama oleh tim investigasi kecelakaan di perusahaan. Sering Diterapkan di industri migas, manufaktur, dan transportasi. Metode ini sangat penting dalam Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dan sering digunakan dalam audit K3 serta penyelidikan kecelakaan.

20

7.1. Definisi Root Cause Analysis (RCA) & 5 Whys

49

7.1.1. Root Cause Analysis (RCA)

Root Cause Analysis (RCA) adalah suatu metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah atau kejadian yang tidak diinginkan (Amrillah dkk., 2024). Metode ini bertujuan untuk menemukan penyebab utama sehingga tindakan korektif yang efektif dapat diterapkan guna mencegah insiden serupa di masa depan. RCA banyak diterapkan dalam berbagai industri, termasuk konstruksi,

manufaktur, kesehatan, dan sektor lainnya untuk meningkatkan keselamatan kerja serta efisiensi operasional.

Dalam konteks investigasi kecelakaan kerja, RCA membantu mengungkap faktor-faktor yang menyebabkan insiden dengan menganalisis kejadian secara menyeluruh. ¹⁵⁹ Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada kesalahan individu tetapi juga mempertimbangkan faktor sistemik seperti kebijakan perusahaan, prosedur kerja, kondisi lingkungan, dan perilaku pekerja. Dengan demikian, RCA memungkinkan perbaikan yang berkelanjutan dan ¹⁰⁶ menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman. RCA berfokus pada tiga prinsip utama dalam investigasi kecelakaan yaitu mencari penyebab akar masalah bukan hanya gejalanya, fokus pada sistem dan proses bukan hanya kesalahan individu dan menggunakan data dan bukti yang kuat untuk analisis (Zani & Supriyanto, 2021). Dalam hal ini RCA Mengidentifikasi penyebab utama kecelakaan atau insiden kerja, Mencegah terulangnya kejadian serupa dengan perbaikan yang efektif, dan mengurangi potensi risiko dan kerugian akibat kecelakaan kerja.

7.1.2. Metode 5 Whys ¹⁵

Metode 5 Whys ¹⁵ adalah salah satu teknik yang digunakan dalam RCA untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu masalah dengan bertanya "Mengapa?" sebanyak lima kali atau lebih hingga menemukan penyebab mendasar dari suatu kejadian (Wirawan & Minto, 2021). Metode ini dikembangkan oleh Sakichi Toyoda, seorang insinyur Jepang dan pendiri Toyota

Industries, sebagai bagian dari pendekatan manajemen mutu yang dikenal sebagai *Toyota Production System* (TPS). Langkah-langkah penerapan metode 5 *Whys* adalah sebagai berikut (Widyastuti & Asyari, 2024):

1. Identifikasi masalah utama, tentukan kejadian atau kondisi yang perlu dianalisis.
2. Ajukan pertanyaan "Mengapa?" terhadap masalah tersebut, catat jawaban yang diberikan.
3. Gunakan jawaban dari pertanyaan pertama untuk mengajukan "Mengapa?" berikutnya.
4. Lanjutkan proses ini hingga menemukan akar penyebab utama yang mendasari masalah.
5. Setelah akar penyebab ditemukan, tentukan tindakan korektif yang dapat mencegah masalah serupa terjadi di masa depan.

Metode 5 *Whys* sangat efektif karena sederhana dan mudah diterapkan tanpa memerlukan analisis statistik yang kompleks. Teknik ini juga dapat membantu perusahaan mengidentifikasi faktor mendasar yang berkontribusi terhadap kecelakaan, sehingga memungkinkan implementasi perbaikan yang lebih tepat sasaran.

Dalam konteks investigasi kecelakaan kerja, metode 5 *Whys* membantu memastikan bahwa tindakan korektif yang diterapkan benar-benar menyasar akar permasalahan, bukan hanya mengatasi gejala yang muncul. Dengan mengajukan pertanyaan secara bertahap, perusahaan dapat mengungkap

faktor-faktor seperti kurangnya pelatihan, kelemahan dalam prosedur keselamatan, atau minimnya pengawasan yang berkontribusi terhadap kecelakaan tersebut.

7.2. Tahap-tahap dalam *Root Cause Analysis* (RCA) & 5 *Whys*

7.2.1. Tahapan RCA dalam Investigasi Kecelakaan Kerja (Zhang dkk., 2020)

Tahap 1: Identifikasi Masalah yaitu mengumpulkan informasi terkait kecelakaan (waktu, lokasi, pekerja yang terlibat, dll.), melakukan wawancara saksi dan mengumpulkan bukti fisik (CCTV, foto lokasi, alat kerja).

Tahap 2: Analisis Penyebab Langsung (*Immediate Cause*), yaitu menelusuri penyebab yang terlihat langsung, seperti alat rusak, kesalahan prosedur, atau kondisi kerja yang tidak aman. Contoh: Pekerja jatuh dari *scaffolding* karena tali pengaman tidak digunakan.

Tahap 3: Analisis Penyebab Dasar (*Underlying Cause*), yaitu menganalisis faktor penyebab yang lebih dalam, seperti pelatihan yang kurang, kurangnya supervisi, atau peralatan yang tidak memenuhi standar. Contoh: Pekerja tidak menggunakan tali pengaman karena tidak mendapatkan pelatihan tentang keselamatan kerja di ketinggian.

Tahap 4: Menemukan Penyebab Utama (*Root Cause*), yaitu menggunakan metode seperti 5 *Whys* atau *Fishbone Diagram* (*Ishikawa Diagram*) untuk menggali akar

permasalahan. Contoh: Pelatihan tidak diberikan karena manajemen tidak memiliki program pelatihan keselamatan yang terstruktur.

Tahap 5: Rekomendasi dan Perbaikan dengan cara menyusun langkah-langkah perbaikan, seperti revisi SOP, pelatihan ulang, inspeksi rutin, atau pengadaan alat keselamatan, menentukan siapa yang bertanggung jawab untuk implementasi perbaikan.

Tahap 6: Implementasi dan Evaluasi dengan cara memonitor efektivitas tindakan perbaikan dan melakukan audit dan inspeksi ulang untuk memastikan kecelakaan tidak terulang.

7.2.2. Tahapan 5 *Whys* dalam Investigasi Kecelakaan Kerja

Berikut adalah tahapan dalam penerapan metode 5 *Whys* untuk investigasi kecelakaan kerja (Nurchayadi dkk., 2023):

Tahap 1: Identifikasi masalah dengan menentukan insiden atau kecelakaan yang perlu diselidiki. Pastikan masalah yang dianalisis memiliki dampak signifikan terhadap keselamatan dan operasional kerja.

Tahap 2: Penyusunan tim investigasi dengan melibatkan tim yang terdiri dari manajer K3, supervisor, pekerja terkait, dan ahli keselamatan kerja. Pastikan tim memiliki pemahaman mendalam tentang prosedur kerja dan faktor keselamatan.

Tahap 3: Pengumpulan data dan informasi dari saksi mata, laporan insiden, CCTV (jika tersedia), serta

dokumentasi keselamatan. Lakukan wawancara dengan pekerja yang terlibat dalam kecelakaan.

Tahap 4: Penerapan Teknik 5 *Whys* dengan cara ajukan pertanyaan "Mengapa?" secara bertahap untuk mengidentifikasi akar penyebab kejadian. Gunakan data dan fakta untuk menjawab setiap pertanyaan dengan objektif.

Tahap 5: Analisis hasil dan menentukan akar penyebab utama berdasarkan jawaban dari metode 5 *Whys*. Verifikasi apakah penyebab yang ditemukan benar-benar mendasari kejadian atau hanya gejala dari masalah yang lebih besar.

Tahap 6: Implementasi tindakan perbaikan dengan merancang tindakan korektif yang dapat mencegah insiden serupa terjadi di masa depan. Terapkan kebijakan baru atau revisi prosedur kerja jika diperlukan.

Tahap 7: Evaluasi dan pemantauan dengan cara pantau efektivitas tindakan perbaikan melalui audit keselamatan dan observasi lapangan. Lakukan perbaikan berkelanjutan untuk memastikan lingkungan kerja lebih aman.

Dengan menerapkan tahapan ini, perusahaan dapat lebih efektif dalam mengidentifikasi dan mengatasi akar penyebab kecelakaan, sehingga menciptakan budaya kerja yang lebih aman dan minim risiko.

7.3. Penerapan *Root Cause Analysis (RCA)* & 5 *Whys* dalam K3

RCA dan 5 *Whys* banyak diterapkan dalam bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) untuk mengurangi insiden kecelakaan, meningkatkan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, dan memperbaiki sistem kerja. Beberapa penerapan utama metode ini dalam K3 antara lain (Redantan, 2023):

1. Identifikasi penyebab kecelakaan kerja, digunakan untuk menyelidiki insiden dan menentukan faktor penyebab utama. Dan membantu perusahaan dalam mencegah kecelakaan berulang.
2. Peningkatan keselamatan prosedur kerja dengan cara mengungkap kelemahan dalam prosedur keselamatan dan merekomendasikan perbaikan. Dan memastikan penggunaan APD dan sistem pengawasan yang lebih baik.
3. Manajemen risiko dengan cara membantu dalam analisis risiko dengan menemukan akar penyebab potensi bahaya yang digunakan dalam program keselamatan berbasis risiko.

Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan mengurangi kecelakaan kerja secara signifikan. *Root Cause Analysis (RCA)* dan metode 5 *Whys* banyak diterapkan dalam sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk mengidentifikasi dan mengatasi faktor penyebab kecelakaan kerja. Penerapan metode ini dalam K3 meliputi:

1. Pencegahan Kecelakaan: RCA digunakan untuk menganalisis data kecelakaan sebelumnya sehingga langkah-langkah mitigasi dapat diterapkan.
2. Pelatihan Keselamatan: Karyawan diberikan pemahaman tentang pentingnya analisis akar penyebab untuk meningkatkan budaya keselamatan.
3. Peningkatan Sistem K3: Hasil investigasi RCA membantu perusahaan memperbaiki regulasi dan kebijakan keselamatan kerja.
4. Audit Keselamatan: RCA dan 5 Whys diterapkan dalam audit rutin untuk menilai efektivitas sistem K3 dan mencegah kejadian serupa di masa depan.

7.4. Manfaat dan Kelebihan *Root Cause Analysis* (RCA) & 5 Whys (Yonas, 2023)

1. Mencegah terulangnya insiden, karena dengan mengidentifikasi akar penyebab, perusahaan dapat menerapkan tindakan korektif yang efektif untuk mencegah kejadian serupa di masa depan.
2. Meningkatkan keselamatan kerja, karena RCA dan 5 Whys membantu dalam perbaikan prosedur keselamatan, pengawasan, serta pelatihan bagi pekerja.
3. Sederhana dan mudah diterapkan, dimana metode 5 Whys tidak memerlukan alat yang kompleks dan dapat digunakan oleh siapa saja dalam tim investigasi.

4. Menghemat waktu dan biaya, karena dapat menemukan penyebab utama dengan cepat, perusahaan dapat menghindari investigasi yang panjang dan mahal.
5. Meningkatkan budaya keselamatan dengan mengajak keterlibatan pekerja dan manajemen dalam mengidentifikasi serta mengatasi masalah keselamatan secara proaktif.
6. Dapat diterapkan di berbagai industry, dimana RCA dan 5 *Whys* digunakan tidak hanya dalam konstruksi, tetapi juga dalam manufaktur, kesehatan, dan industri lainnya.
7. Memastikan kepatuhan terhadap regulasi K3, karena investigasi yang baik membantu perusahaan memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan oleh pemerintah dan lembaga terkait.

7.5. Kelemahan *Root Cause Analysis* (RCA) & 5 *Whys* (Ito dkk., 2022)

1. Subyektivitas dalam analisis, karena hasil dari RCA dan 5 *Whys* sangat bergantung pada pengalaman dan sudut pandang tim investigasi. Jika tim kurang kompeten atau memiliki bias, analisis bisa mengarah pada kesimpulan yang keliru.
2. Kurangnya data atau bukti pendukung, RCA dan 5 *Whys* sering kali bergantung pada informasi yang tersedia saat investigasi. Jika data tidak lengkap atau kurang valid, hasil analisis bisa menjadi tidak akurat.

3. Tidak selalu menemukan akar masalah yang sesungguhnya. Dalam metode 5 *Whys*, proses bertanya "mengapa" hanya dilakukan secara linear dan bisa berhenti pada penyebab yang terlihat saja, bukan akar penyebab yang lebih dalam atau sistemik.
4. Tidak cocok untuk masalah yang kompleks dan RCA dan 5 *Whys* lebih efektif untuk masalah sederhana. Jika masalah memiliki banyak faktor penyebab yang saling terkait (multifaktorial), metode ini bisa kurang efektif dan perlu dikombinasikan dengan metode lain seperti *Fishbone Diagram* atau *Fault Tree Analysis* (FTA).
5. Kurang menekankan faktor sistemik, karena RCA sering kali lebih fokus pada penyebab langsung (*human error* atau kondisi kerja) dan tidak selalu menyoroti faktor organisasi yang lebih besar, seperti budaya keselamatan atau kebijakan perusahaan.
6. Kemungkinan terjebak dalam blame culture, jika tidak dilakukan dengan pendekatan yang tepat, metode ini bisa berujung pada menyalahkan individu (*blame culture*) daripada mengidentifikasi perbaikan sistem.
7. Dapat menghasilkan solusi yang terlalu sederhana, karena 5 *Whys* hanya menelusuri satu rantai penyebab, solusi yang dihasilkan bisa menjadi terlalu simpel dan kurang mempertimbangkan faktor lain yang turut berkontribusi terhadap kecelakaan.
8. Memerlukan waktu dan sumber daya, karena RCA yang dilakukan secara menyeluruh memerlukan waktu, tenaga,

serta keahlian khusus. Dalam situasi darurat atau ketika investigasi harus dilakukan dengan cepat, metode ini bisa menjadi kurang praktis.

7.6. Aplikasi *Root Cause Analysis* (RCA) & 5 *Whys*

¹²³ Dalam dunia industri, keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek yang tidak bisa diabaikan. Setiap kecelakaan kerja yang terjadi ²² tidak hanya berdampak pada korban, tetapi juga pada operasional perusahaan, produktivitas tenaga kerja, dan reputasi organisasi. ¹⁷⁸ Oleh karena itu, diperlukan metode yang sistematis untuk menganalisis penyebab kecelakaan agar dapat dicegah di masa depan. ¹³¹ Salah satu metode yang sering digunakan dalam investigasi kecelakaan kerja adalah *Root Cause Analysis* (RCA) (Wahjudi & Cahyadi, 2022). RCA merupakan pendekatan sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama (*root cause*) dari suatu insiden, bukan hanya sekadar mengatasi gejalanya (Amrillah dkk., 2024). Dengan memahami akar masalah, perusahaan dapat menerapkan tindakan korektif yang efektif dan berkelanjutan untuk mencegah kejadian serupa terulang kembali.

Metode 5 *Whys* juga sering digunakan dalam RCA sebagai teknik sederhana namun efektif untuk menggali penyebab mendasar dengan cara bertanya “Mengapa?” secara berulang hingga ditemukan akar permasalahan. Kombinasi RCA dan 5 *Whys* telah terbukti membantu perusahaan dalam menyusun

strategi mitigasi risiko yang lebih baik serta meningkatkan budaya keselamatan di tempat kerja.

Penerapan RCA dalam K3 tidak hanya bermanfaat bagi perusahaan dalam mengurangi insiden kecelakaan, tetapi juga memberikan dampak positif bagi pekerja dengan ¹³ **menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman. Dengan** komitmen **yang** kuat terhadap keselamatan kerja dan penggunaan RCA sebagai alat investigasi utama, setiap organisasi dapat mencapai tujuan zero accident serta meningkatkan kesejahteraan tenaga kerja.

Tabel 7 Gambaran analisis menggunakan metode RCA & 5 whys

Kasus	Analisis 5 whys	Akar Penyebab (Root Cause)	Tindakan Korektif dan Pencegahan
Seorang pekerja yang sedang memasang plafon jatuh dari <i>scaffolding</i> dengan ketinggian sekitar 5 meter. Pekerja tidak mengenakan sabuk pengaman saat bekerja, dan ternyata pagar pelindung <i>scaffolding</i> tidak terpasang dengan benar. Akibatnya, pekerja kehilangan keseimbangan dan jatuh ke lantai bawah,	1. Mengapa pekerja jatuh dari <i>scaffolding</i> ? Karena pekerja kehilangan keseimbangan saat memasang plafon.	Tidak adanya kebijakan dan SOP yang mengatur pemeriksaan <i>scaffolding</i> sebelum digunakan.	1. Penyusunan dan Implementasi SOP Keselamatan - Perusahaan harus segera membuat dan menerapkan SOP pemeriksaan <i>scaffolding</i> sebelum digunakan. - Supervisi harus memastikan setiap pekerja mematuhi SOP sebelum memulai pekerjaan.
	2. Mengapa pekerja kehilangan keseimbangan? Karena pagar pelindung <i>scaffolding</i> tidak terpasang dengan benar.		2. Pelatihan Keselamatan Kerja - Pekerja diberikan pelatihan keselamatan kerja ⁴⁵ mengenai penggunaan alat pelindung diri (APD) dan prosedur kerja di ketinggian. - Mandor dan supervisor dilatih
3. Mengapa pagar pelindung <i>scaffolding</i> tidak terpasang dengan benar?			

Kasus	Analisis 5 whys	Akar Penyebab (Root Cause)	Tindakan Korektif dan Pencegahan
mengalami patah tulang kaki kanan.	Karena pekerja tidak memeriksa kelayakan <i>scaffolding</i> sebelum digunakan.		untuk melakukan inspeksi <i>scaffolding</i> sebelum pekerjaan dimulai.
	4. Mengapa pekerja tidak memeriksa kelayakan <i>scaffolding</i> ?		3. Pelatihan Keselamatan Kerja - Pekerja diberikan pelatihan keselamatan kerja mengenai penggunaan alat pelindung diri (APD) dan prosedur kerja di ketinggian. - Mandor dan <i>supervisor</i> dilatih untuk melakukan inspeksi <i>scaffolding</i> sebelum pekerjaan dimulai.
	Karena tidak ada SOP (<i>Standard Operating Procedure</i>) yang mengharuskan pemeriksaan <i>scaffolding</i> sebelum digunakan.		
	5. Mengapa tidak ada SOP pemeriksaan <i>scaffolding</i> ?		4. Pelatihan Keselamatan Kerja - Pekerja diberikan pelatihan keselamatan kerja mengenai penggunaan alat pelindung diri (APD) dan prosedur kerja di ketinggian. - Mandor dan <i>supervisor</i> dilatih untuk melakukan inspeksi <i>scaffolding</i> sebelum pekerjaan dimulai.
	Karena perusahaan tidak memiliki prosedur keselamatan yang mengatur inspeksi alat kerja secara ketat.		5. Penyediaan dan Pengawasan APD - Setiap pekerja diwajibkan menggunakan safety harness saat bekerja di ketinggian. <i>Supervisor</i> bertanggung jawab

Kasus	Analisis 5 <i>whys</i>	Akar Penyebab (<i>Root Cause</i>)	Tindakan Korektif dan Pencegahan
			memastikan APD digunakan dengan benar oleh seluruh pekerja.
			6. Audit Keselamatan Rutin ○ Manajemen proyek harus melakukan audit keselamatan berkala untuk memastikan SOP diterapkan dengan baik. ○ Tim K3 harus rutin mengevaluasi kondisi scaffolding dan alat kerja lainnya.
Kesimpulan : Dari hasil analisis RCA dan metode 5 <i>Whys</i> , ditemukan bahwa akar penyebab kecelakaan adalah tidak adanya kebijakan dan SOP yang mengatur pemeriksaan <i>scaffolding</i> sebelum digunakan. Dengan menerapkan langkah-langkah korektif di atas, perusahaan dapat mencegah kecelakaan serupa terjadi di masa depan dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman bagi pekerja.			

Root Cause Analysis (RCA) dan metode 5 *Whys* merupakan pendekatan yang sangat efektif dalam investigasi kecelakaan kerja serta peningkatan sistem keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Dengan menggunakan metode ini, organisasi dapat menggali akar permasalahan dari suatu insiden, bukan hanya mengatasi gejala yang muncul di permukaan. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk mengambil langkah-langkah preventif yang lebih strategis dan berkelanjutan.

Salah satu keunggulan utama dari RCA adalah kemampuannya dalam mengidentifikasi faktor penyebab utama yang sering kali tersembunyi dalam sistem kerja (Susendi dkk., 2021). Dengan pendekatan yang sistematis dan berbasis data, RCA memungkinkan tim investigasi untuk menelusuri berbagai faktor penyebab, baik yang bersifat teknis, prosedural, maupun budaya kerja di dalam organisasi. Hasil dari RCA bukan hanya membantu dalam mengurangi risiko kecelakaan yang sama di masa depan, tetapi juga meningkatkan kesadaran akan pentingnya keselamatan di lingkungan kerja.

Metode 5 *whys*, yang sering digunakan sebagai bagian dari RCA, memberikan cara yang sederhana namun efektif dalam menemukan akar penyebab suatu masalah. Dengan bertanya “Mengapa?” secara berulang hingga menemukan akar permasalahan yang sesungguhnya, metode ini membantu organisasi untuk ³² tidak hanya fokus pada kesalahan individu, tetapi juga pada kelemahan sistemik yang mungkin ada. Hal ini sangat penting karena banyak kecelakaan kerja terjadi bukan ⁸ hanya akibat kesalahan manusia, tetapi juga karena sistem keselamatan yang tidak berjalan dengan optimal (Hamudya dkk., 2023).

Implementasi RCA dan 5 *Whys* dalam dunia kerja telah terbukti dapat meningkatkan efektivitas program keselamatan. Dengan penerapan yang konsisten, perusahaan dapat ¹⁴ membangun budaya keselamatan yang lebih kuat, di mana setiap ⁶¹ pekerja memiliki pemahaman yang lebih baik tentang risiko di tempat kerja dan bagaimana cara mengatasinya.

Peningkatan dalam sistem pelaporan insiden, analisis data kecelakaan, serta penyusunan kebijakan keselamatan berbasis bukti merupakan beberapa dampak positif dari metode ini.

Namun, seperti halnya metode lainnya, RCA dan 5 *Whys* juga memiliki keterbatasan. Jika tidak dilakukan dengan benar, analisis dapat berakhir pada kesimpulan yang kurang akurat atau sekadar menyalahkan individu tanpa memperbaiki sistem kerja secara menyeluruh.⁷⁷ Oleh karena itu, penting bagi perusahaan untuk memastikan bahwa investigasi dilakukan oleh tim yang terlatih dengan baik, menggunakan data yang valid, serta didukung oleh kebijakan keselamatan yang jelas.

Keberhasilan RCA dan 5 *Whys* dalam meningkatkan keselamatan kerja sangat bergantung pada komitmen dari seluruh elemen organisasi, mulai dari manajemen hingga pekerja di lapangan. Tanpa adanya dukungan yang kuat dari manajemen dalam menerapkan rekomendasi hasil analisis, investigasi yang dilakukan akan menjadi sia-sia dan kecelakaan serupa bisa terus berulang. Oleh karena itu, setiap tindakan perbaikan yang dihasilkan dari RCA harus diintegrasikan ke dalam kebijakan dan prosedur keselamatan perusahaan secara menyeluruh.

Sebagai kesimpulan, RCA dan 5 *Whys* bukan hanya alat investigasi, tetapi juga merupakan bagian dari strategi manajemen keselamatan yang lebih luas. Dengan menggunakannya secara konsisten,¹¹ perusahaan dapat membangun lingkungan kerja yang lebih aman, produktif, dan bebas dari risiko kecelakaan yang dapat dicegah. Dengan

komitmen yang kuat terhadap penerapan metode ini,
diharapkan angka kecelakaan kerja dapat ditekan seminimal
mungkin, sehingga tujuan *zero accident* dapat tercapai.

*****TS*****

BAB 8

BOWTIE ANALYSIS

³³ Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek fundamental dalam setiap lingkungan kerja, terutama di industri yang memiliki risiko tinggi seperti konstruksi, pertambangan, manufaktur, dan migas. Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko kecelakaan kerja, salah satunya adalah ⁸² *Bowtie Analysis*.

Bowtie Analysis merupakan pendekatan sistematis yang digunakan untuk memahami bagaimana suatu bahaya dapat berkembang menjadi ¹¹ kecelakaan serta langkah-langkah yang dapat diambil untuk mencegah atau mengurangi dampaknya. ¹⁰⁶ Metode ini memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi penyebab potensial (*threats*), konsekuensi (*consequences*), serta tindakan pengendalian yang ¹⁹² harus diterapkan untuk memastikan keselamatan di tempat kerja (Sukmadiningtyas & Fathoni, 2024).

⁹ Dinamakan *Bowtie* karena bentuk diagram yang menyerupai dasi kupu-kupu, di mana peristiwa puncak (*top event*) menjadi titik tengah yang menghubungkan penyebab di satu sisi dan konsekuensi di sisi lainnya (Bhayangkara dkk., 2023). Dengan cara ini, Bowtie Analysis memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara risiko dan pengendalian, sehingga menjadi alat yang efektif dalam manajemen K3.

197

Dalam dunia kerja yang semakin kompleks dan penuh tantangan, pendekatan yang proaktif terhadap keselamatan menjadi kebutuhan utama. *Bowtie Analysis* bukan hanya sekadar alat analisis, tetapi juga strategi yang membantu perusahaan membangun budaya keselamatan yang lebih baik. Dengan memahami akar penyebab kecelakaan dan menerapkan pengendalian yang tepat, organisasi dapat mengurangi risiko, meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi, serta ⁷² menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif.

Digunakan dalam perusahaan yang menerapkan sistem *Risk-Based Thinking* seperti di industri minyak & gas serta pertambangan. Membantu dalam pemetaan risiko secara visual untuk manajemen tingkat atas.

8.1. Definisi *Bowtie Analysis*

32

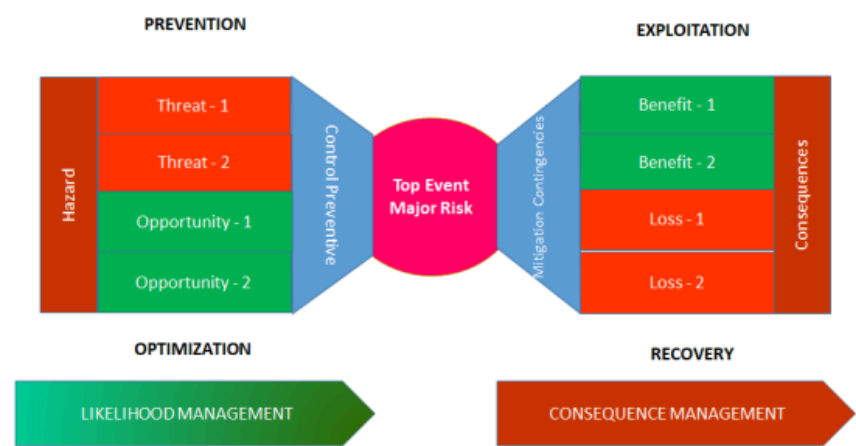
Bowtie analysis adalah metode manajemen risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan bahaya dengan memvisualisasikan hubungan antara penyebab, peristiwa puncak, dan konsekuensi (Sukmadiningtyas & Fathoni, 2024). ⁹ Metode ini disebut *Bowtie* karena bentuk diagramnya menyerupai dasi kupu-kupu, di mana peristiwa puncak berada di tengah, dengan penyebab (*threats*) dan pengendalian pencegahan di sisi kiri, serta konsekuensi dan pengendalian mitigasi di sisi kanan.

Pendekatan ini membantu organisasi memahami bagaimana suatu bahaya dapat berkembang menjadi insiden dan bagaimana cara mencegah serta mengurangi dampaknya.

Dengan *Bowtie Analysis*, risiko dapat dikelola secara sistematis melalui identifikasi *preventive barriers* (pengendalian untuk mencegah kejadian) dan *mitigation barriers* (pengendalian untuk mengurangi dampak kejadian).

Dalam konteks ²⁰¹ Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), *Bowtie Analysis* sering diterapkan di industri berisiko tinggi seperti minyak dan gas, pertambangan, serta konstruksi untuk memastikan keselamatan pekerja dan lingkungan kerja. Keunggulan utama metode ini adalah kemampuannya menyajikan informasi kompleks dalam format yang mudah dipahami, sehingga memudahkan pengambilan keputusan dalam pengelolaan risiko secara proaktif dan efektif (Aziz & Said, 2023).

8.1.1. Bentuk Diagram *Bowtie*



Gambar 8 Bentuk diagram *bowtie*

Nama *Bowtie* berasal dari bentuk diagramnya yang menyerupai dasi kupu-kupu (*bowtie*), di mana bahaya berada di

tengah, dengan jalur penyebab di sebelah kiri dan konsekuensi di sebelah kanan. Diagram ini menghubungkan penyebab dan dampak kecelakaan melalui barrier atau kendali pengaman yang mencegah insiden terjadi atau membatasi akibatnya jika insiden tidak dapat dihindari. Diagram *Bowtie* memiliki struktur visual yang menyerupai dasi kupu-kupu, di mana peristiwa puncak (*Top Event*) berada di tengah. Di sisi kiri diagram terdapat penyebab atau ancaman (*Threats*), sedangkan di sisi kanan terdapat konsekuensi (*Consequences*). Untuk mengendalikan risiko, diagram ini juga mencakup dua jenis penghalang: pengendalian pencegahan (*Preventive Barriers*) yang ditempatkan sebelum peristiwa puncak, dan pengendalian mitigasi (*Mitigation Barriers*) yang ditempatkan setelah peristiwa puncak untuk mengurangi dampaknya.

8.1.2. Elemen Utama dalam *Bowtie Analysis*

Bowtie Analysis terdiri dari beberapa elemen utama yang membentuk struktur diagramnya (Aust & Pons, 2020):

1. Bahaya (*Hazard*), yaitu suatu kondisi, proses, atau material yang memiliki potensi menimbulkan kecelakaan atau kerugian. Sumber ¹⁷ potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan atau kejadian yang tidak diinginkan. Contoh bekerja di ketinggian, penggunaan bahan kimia berbahaya, atau pengoperasian alat berat.
2. Peristiwa puncak (*top event*) merupakan titik kritis di mana bahaya dapat berkembang menjadi kecelakaan jika

tidak dikendalikan. Contoh seorang pekerja kehilangan keseimbangan saat bekerja di ketinggian tanpa pengaman.

3. Penyebab (*threats*) merupakan faktor-faktor yang dapat memicu peristiwa puncak terjadi. Contoh tidak memakai sabuk pengaman dan struktur scaffolding yang tidak stabil, serta pelatihan keselamatan yang tidak memadai.
4. Pengendalian pencegahan (*preventive barriers*) merupakan langkah-langkah yang diterapkan untuk mencegah peristiwa puncak terjadi. Contoh pada penerapan prosedur kerja aman, inspeksi peralatan sebelum digunakan dan pelatihan keselamatan kerja secara berkala.
5. Dampak (*consequences*) yaitu akibat yang mungkin terjadi jika peristiwa puncak terjadi. Contoh pekerja mengalami cedera serius atau meninggal dunia, gangguan operasional proyek, denda atau sanksi akibat pelanggaran regulasi keselamatan.
6. Pengendalian mitigasi (*mitigation barriers*) merupakan langkah-langkah untuk mengurangi dampak jika kecelakaan terjadi. Contoh penggunaan sistem keamanan seperti jaring pengaman, respons darurat yang cepat dan efektif dan asuransi kecelakaan kerja bagi pekerja.

8.2. Tahap-tahap dalam *Bowtie Analysis*

Bowtie Analysis terdiri dari beberapa langkah ¹ sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan risiko dalam suatu sistem kerja. Berikut adalah

tahap-tahap utama dalam penerapan *Bowtie Analysis* (Analouei dkk., 2020):

1. **Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)**, yaitu tentukan bahaya utama yang dapat menimbulkan risiko dalam sistem kerja atau lingkungan tertentu. Contoh: Bekerja di ketinggian, penggunaan bahan kimia berbahaya, atau operasi alat berat.
2. Menentukan Peristiwa Puncak (*Top Event*), yaitu Peristiwa utama yang dapat terjadi jika bahaya tidak dikendalikan dengan baik. Contoh: Pekerja jatuh dari ketinggian, kebocoran gas beracun, atau kebakaran di tempat kerja.
3. Mengidentifikasi Ancaman (*Threats*), yaitu faktor atau penyebab yang dapat memicu peristiwa puncak terjadi. Contoh untuk pekerja jatuh dari ketinggian penggunaan alat pelindung diri (APD) yang tidak memadai, struktur scaffolding yang tidak stabil, atau kurangnya pelatihan keselamatan.
4. Menentukan Pengendalian Pencegahan (*Preventive Barriers*), yaitu Tindakan atau langkah-langkah yang diterapkan untuk mencegah ancaman berkembang menjadi peristiwa puncak. Contoh pemasangan guardrail, pelatihan K3, pemeriksaan scaffolding sebelum digunakan.
5. Mengidentifikasi Konsekuensi (*Consequences*), disini dampak atau akibat yang mungkin terjadi jika peristiwa puncak benar-benar terjadi. Contoh untuk pekerja jatuh dari ketinggian adalah cedera serius, cacatan permanen, atau kematian.

6. Menentukan pengendalian mitigasi (*Mitigation Barriers*), merupakan langkah-langkah untuk mengurangi atau meminimalkan dampak peristiwa puncak jika sudah terjadi. Contoh pada sistem evakuasi darurat, pelatihan pertolongan pertama, peralatan medis yang memadai.
7. Evaluasi dan pemantauan pengendalian dengan cara memastikan semua pengendalian pencegahan dan mitigasi bekerja dengan baik, serta audit dan inspeksi berkala untuk menilai efektivitas sistem pengendalian risiko.

Bowtie analysis memberikan pemahaman yang jelas tentang bagaimana suatu risiko dapat berkembang dan bagaimana cara mengendalikannya dengan efektif. Dengan mengikuti tahap-tahap di atas, perusahaan dapat meminimalkan insiden dan meningkatkan keselamatan kerja di tempat kerja.

8.3. Penerapan *Bowtie Analysis* dalam K3

Bowtie Analysis banyak digunakan dalam manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko secara sistematis. Metode ini sangat berguna dalam industri yang memiliki potensi bahaya tinggi, seperti konstruksi, pertambangan, minyak dan gas, serta manufaktur. Berikut adalah beberapa aspek utama penerapan *bowtie analysis* dalam K3 adalah (Wijaya & Sugiyana, 2023):

124

1. Identifikasi bahaya di tempat kerja

Disini salah satu penerapan utama *bowtie analysis* dalam K3 adalah mengidentifikasi berbagai bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Bahaya ini bisa berupa (Trismawati & Nanlohy, 2024):

- a. Fisika: Bekerja di ketinggian, paparan kebisingan, mesin bergerak.
- b. Kimia: Paparan gas beracun, bahan mudah terbakar, limbah berbahaya.
- c. Biologi: Paparan virus atau bakteri dalam lingkungan kerja tertentu.

Contoh : dalam pekerjaan di ketinggian, bahaya utama adalah jatuh dari scaffolding atau struktur yang tinggi.

2. Analisis Ancaman dan Peristiwa Puncak

Setelah bahaya diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan ancaman (*Threats*) yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja dan peristiwa puncaknya (*Top Event*). Contoh dalam kasus ini adalah:

- a. Ancaman: ¹ Pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti *harness*.
- b. Peristiwa Puncak: Pekerja jatuh dari ketinggian.

3. Menetapkan Pengendalian Pencegahan (*Preventive Barriers*)

Untuk mencegah ancaman berkembang menjadi kecelakaan kerja, perlu diterapkan pengendalian

pencegahan yang efektif. Contoh pengendalian pencegahan untuk pekerja di ketinggian:

- a. Pelatihan keselamatan kerja di ketinggian
- b. Pemeriksaan APD sebelum digunakan
- c. Pemasangan *guardrail* dan jaring pengaman
- d. Pemeriksaan struktur *scaffolding* secara berkala

4. Menentukan Konsekuensi dan Pengendalian Mitigasi

Jika peristiwa puncak terjadi, langkah selanjutnya mengidentifikasi dampak yang ditimbulkan dan menerapkan pengendalian mitigasi untuk mengurangi keparahan akibatnya. Contoh konsekuensi dan pengendalian mitigasi dalam pekerjaan di ketinggian:

- a. Konsekuensi: Cedera serius, kecacatan, bahkan kematian.
- b. Mitigasi yang meliputi:
 - Sistem darurat dan evakuasi
 - Tim medis dan peralatan pertolongan pertama di lokasi
 - Prosedur tanggap darurat jika terjadi insiden

5. Implementasi dan Pemantauan Keefektifan Sistem K3

Setelah *Bowtie Analysis* diterapkan, langkah terakhir adalah memastikan bahwa pengendalian yang telah ditetapkan benar-benar efektif dalam mencegah kecelakaan kerja. Hal ini dilakukan dengan:

- Audit dan inspeksi berkala terhadap prosedur keselamatan.
- Evaluasi efektivitas APD dan sistem pengendalian risiko.
- Pelatihan ulang bagi pekerja dan supervisor.

Penerapan *Bowtie Analysis* dalam K3 membantu perusahaan memahami bagaimana suatu kecelakaan dapat terjadi dan bagaimana cara mengendalikannya secara efektif. Dengan pendekatan yang sistematis ini, risiko kerja dapat diminimalkan, budaya keselamatan kerja dapat ditingkatkan, serta kepatuhan terhadap regulasi keselamatan dapat dipastikan.

8.4. Manfaat dan Kelebihan *Bowtie Analysis*

Bowtie Analysis merupakan salah satu metode manajemen risiko yang efektif untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan bahaya di tempat kerja. Metode ini memberikan gambaran visual yang jelas tentang bagaimana suatu risiko dapat berkembang dan tindakan pengendalian yang diperlukan. Berikut adalah manfaat dan kelebihan utama dari *bowtie analysis* dalam K3 (Winsky, 2020):

1. Memberikan pemahaman visual yang jelas

Salah satu kelebihan utama *bowtie analysis* adalah penyajiannya dalam bentuk diagram yang mudah dipahami. Diagram ini menggambarkan hubungan antara:

- a. Ancaman yang dapat menyebabkan suatu kejadian berbahaya.
- b. Peristiwa Puncak yang merupakan kejadian utama yang harus dicegah.
- c. Dampak atau Konsekuensi yang mungkin terjadi jika peristiwa puncak tidak dikendalikan.
- d. Pengendalian Pencegahan (*Preventive Barriers*) untuk mencegah kejadian terjadi.
- e. Pengendalian Mitigasi (*Mitigation Barriers*) untuk mengurangi dampak jika kejadian sudah terjadi.

Diagram ini membantu pekerja, manajer, dan tim K3 memahami risiko secara lebih intuitif.

2. Meningkatkan kesadaran dan pemahaman risiko

Dengan menggunakan pendekatan visual, *bowtie analysis* membantu meningkatkan kesadaran pekerja tentang potensi bahaya dan risiko di lingkungan kerja. Pekerja dapat lebih memahami:

- a. Faktor-faktor penyebab kecelakaan.
- b. Prosedur pencegahan yang harus diikuti.
- c. Langkah-langkah mitigasi jika kecelakaan terjadi.

Hal ini mendukung peningkatan budaya keselamatan di tempat kerja.

3. Mencegah kecelakaan dengan identifikasi risiko sejak dini

Dengan mengidentifikasi ancaman dan titik-titik kritis dalam suatu proses kerja, *bowtie analysis* memungkinkan

perusahaan untuk mengambil tindakan pencegahan sebelum kecelakaan terjadi. Ini membantu dalam:

- a. Menyusun strategi keselamatan yang lebih efektif.
- b. Mengalokasikan sumber daya secara tepat untuk mengurangi risiko.
- c. ¹¹ Mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja yang dapat menyebabkan cedera atau kematian.

4. Memudahkan identifikasi kelemahan dalam sistem keselamatan

Bowtie analysis membantu perusahaan dalam mengevaluasi apakah sistem pengendalian risiko sudah cukup kuat atau masih memiliki kelemahan. Dengan metode ini, perusahaan dapat:

- a. Mengidentifikasi celah dalam prosedur keselamatan.
- b. Menentukan apakah pengendalian pencegahan dan mitigasi sudah cukup efektif.
- c. Mengembangkan solusi perbaikan yang lebih baik.

5. Fleksibel dan dapat diterapkan di berbagai industri

Metode *bowtie analysis* dapat diterapkan dalam berbagai sektor industri, termasuk:

- a. Konstruksi yaitu mencegah kecelakaan akibat jatuh dari ketinggian atau penggunaan alat berat.
- b. Minyak dan gas yaitu mengelola risiko kebocoran gas, ledakan, atau kebakaran.

c. Manufaktur yaitu mengendalikan bahaya mesin dan paparan bahan kimia.

d. Transportasi yaitu menganalisis risiko kecelakaan kendaraan atau operasional pesawat terbang.

Fleksibilitas ini membuatnya menjadi metode yang luas digunakan di berbagai bidang.

6. Meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan
Regulasi keselamatan kerja di banyak negara mewajibkan perusahaan untuk memiliki sistem manajemen risiko yang baik. *Bowtie analysis* membantu perusahaan dalam:

a. Memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan oleh pemerintah atau badan regulasi (misalnya, ISO 45001, OSHA, atau OHSAS 18001).

b. Menunjukkan kepatuhan terhadap peraturan keselamatan saat diaudit oleh pihak eksternal.

c. Mengurangi risiko sanksi atau denda akibat pelanggaran regulasi.

7. Mempermudah pengambilan keputusan dalam manajemen risiko

Dengan memberikan gambaran menyeluruh tentang bagaimana suatu bahaya dapat berkembang, *bowtie analysis* membantu manajemen dalam:

a. Menentukan tindakan pengendalian mana yang paling efektif.

- b. Mengalokasikan anggaran dan sumber daya untuk keselamatan secara lebih efisien.
- c. Menetapkan prioritas dalam strategi mitigasi risiko.

Bowtie analysis adalah alat yang sangat berguna dalam K3 karena memberikan gambaran visual yang jelas tentang bagaimana suatu kecelakaan dapat terjadi dan bagaimana mencegahnya. Dengan penerapan yang tepat, metode ini dapat meningkatkan keselamatan kerja, mengurangi kecelakaan, dan membantu perusahaan memenuhi regulasi keselamatan. Keunggulannya dalam mengidentifikasi dan mengendalikan risiko menjadikannya ⁹ salah satu metode manajemen risiko yang paling efektif di berbagai industri.

8.5. Kelemahan *Bowtie Analysis*

Meskipun *bowtie analysis* memiliki banyak keunggulan dalam manajemen risiko K3, metode ¹⁵⁸ ini juga memiliki beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Beberapa kelemahan *bowtie analysis* yaitu :

1. Tidak menyediakan analisis kuantitatif dan *bowtie analysis* lebih bersifat kualitatif karena berfokus pada identifikasi risiko dan pengendalian dalam bentuk diagram visual (Sheehan dkk., 2021). Namun, metode ini tidak memberikan data numerik berupa probabilitas terjadinya suatu bahaya atau kecelakaan, tingkat keparahan dampak kecelakaan dalam bentuk kuantitatif dan perhitungan efektivitas pengendalian berdasarkan angka statistik.

Karena itu, bowtie analysis sering digunakan bersama dengan metode kuantitatif seperti ¹²¹ *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* atau *Fault Tree Analysis (FTA)* untuk memberikan hasil yang lebih terukur.

2. Bergantung pada keakuratan data dan informasi (Almeida dkk., 2023), disini keberhasilan *bowtie analysis* sangat tergantung pada kualitas informasi yang tersedia. Jika data yang digunakan dalam analisis tidak akurat atau tidak lengkap, maka hasil yang diperoleh juga bisa menyesatkan. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keakuratan data yaitu kesalahan dalam pencatatan insiden sebelumnya, keterbatasan dalam mengidentifikasi ancaman dan konsekuensi yang relevan, dan kurangnya wawasan atau pengalaman dalam menentukan pengendalian yang efektif (Salsabila dkk., 2023). Jika informasi yang digunakan tidak cukup kuat, *bowtie analysis* dapat menghasilkan kesimpulan yang kurang valid.
3. Memerlukan waktu dan sumber daya yang signifikan (Aust & Pons, 2020), dalam pembuatan diagram *bowtie* yang komprehensif membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar, terutama untuk proyek-proyek yang kompleks. Prosesnya meliputi identifikasi semua potensi ancaman dan konsekuensi, menentukan tindakan pencegahan dan mitigasi yang sesuai, menganalisis efektivitas pengendalian yang telah diterapkan. Dalam organisasi besar atau proyek dengan banyak risiko, proses

ini bisa menjadi sangat rumit dan membutuhkan koordinasi tim yang baik.

4. Tidak selalu menunjukkan hubungan sebab akibat yang detail. Dalam hal ini diagram *bowtie* hanya menunjukkan hubungan antara ancaman, kejadian puncak, dan konsekuensi dalam format yang cukup sederhana. Metode ini tidak memperlihatkan interaksi kompleks antara berbagai faktor penyebab kecelakaan, tidak mengidentifikasi penyebab akar masalah (*root cause*) secara mendalam seperti *Root Cause Analysis* (RCA) dan tidak menunjukkan bagaimana satu risiko dapat mempengaruhi risiko lainnya dalam sistem yang lebih luas. Karena itu, *bowtie analysis* sebaiknya digunakan bersama ¹⁷metode lain untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang penyebab kecelakaan.
5. Rentan terhadap bias subjektif (Santana dkk., 2022), karena *bowtie analysis* bergantung pada input dari tim yang melakukan analisis, hasilnya bisa dipengaruhi oleh bias subjektif, seperti persepsi individu terhadap risiko yang mungkin berbeda-beda, kurangnya pengalaman atau keahlian dalam mengidentifikasi ancaman dan pengendalian, dan fokus yang berlebihan pada risiko tertentu dan mengabaikan risiko lainnya. Bias ini dapat mengurangi efektivitas analisis dan menyebabkan kegagalan dalam mengidentifikasi risiko yang sebenarnya lebih kritis.

6. Tidak mengakomodasi perubahan risiko secara dinamis (Wu dkk., 2023). Risiko dalam lingkungan kerja bisa berubah seiring waktu karena beberapa faktor yaitu perubahan prosedur kerja, penerapan teknologi baru dan pergantian personel atau kebijakan keselamatan. *Bowtie analysis* adalah alat statis yang hanya mencerminkan kondisi pada saat analisis dilakukan. Jika tidak diperbarui secara berkala, analisis ini bisa menjadi tidak relevan dalam mengidentifikasi risiko terbaru.
7. Tidak mengukur efektivitas pengendalian secara langsung, meskipun *bowtie analysis* membantu mengidentifikasi dan memetakan pengendalian risiko, metode ini tidak secara langsung mengukur efektivitas dari pengendalian tersebut. Beberapa faktor yang sulit diukur meliputi seberapa besar pengurangan risiko setelah pengendalian diterapkan, efisiensi biaya dari masing-masing pengendalian, dan kemungkinan kegagalan dari pengendalian yang sudah ada. Untuk menilai efektivitas pengendalian dengan lebih baik, biasanya perlu dilakukan uji coba atau analisis tambahan seperti *Key Performance Indicators* (KPI) keselamatan (Poletto dkk., 2021) atau audit keselamatan.

Bowtie analysis adalah alat yang sangat berguna dalam manajemen risiko K3 karena menyediakan visualisasi yang jelas tentang hubungan antara ancaman, kejadian puncak, dan konsekuensi. Namun, metode ini memiliki beberapa kelemahan,

seperti kurangnya analisis kuantitatif, ketergantungan pada data yang akurat, dan keterbatasan dalam menunjukkan hubungan sebab-akibat yang lebih dalam. Oleh karena itu, bowtie analysis sebaiknya digunakan bersama metode lain seperti RCA, FTA, atau FMEA untuk memastikan analisis risiko yang lebih komprehensif dan akurat.

8.6. Aplikasi *Bowtie Analysis*

Bowtie analysis adalah metode manajemen risiko yang sering diterapkan dalam K3⁵² untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola bahaya di tempat kerja. Diagram *bowtie* membantu menggambarkan hubungan antara penyebab, pengendalian, dan konsekuensi dari suatu kejadian berbahaya. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat lebih efektif dalam mengelola risiko serta meningkatkan keselamatan kerja. Sebagai contoh upaya mencegah kecelakaan di proyek konstruksi. Dalam industri konstruksi, kecelakaan akibat jatuh dari ketinggian, kejatuhan material, atau kegagalan peralatan adalah risiko yang sangat umum. *Bowtie analysis* dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber bahaya utama dan tindakan pencegahan yang perlu diterapkan.

1. Identifikasi Masalah

Di sebuah proyek pembangunan gedung bertingkat, ditemukan potensi kecelakaan di mana pekerja memiliki risiko tinggi jatuh dari ketinggian saat bekerja di atas *scaffolding*. Untuk mengidentifikasi penyebab dan upaya

pencegahan serta mitigasi, digunakan metode bowtie analysis.

- 2. Peristiwa pusat (*central event*)
Pekerja jatuh dari *scaffolding*
- 3. Ancaman (*threats*) dan pengendalian pencegahan (*preventive barriers*)
Berikut beberapa faktor yang bisa menyebabkan pekerja jatuh dan langkah pencegahannya:

Tabel 8.1 Tabel ancaman dan pencegahan peristiwa pekerja jatuh

Ancaman (<i>Threats</i>)	Pengendalian Pencegahan (<i>Preventive Barriers</i>)
Pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri (APD)	Wajib penggunaan sabuk pengaman dan helm keselamatan
<i>Scaffolding</i> tidak stabil atau tidak terpasang dengan benar	Pemeriksaan dan inspeksi <i>scaffolding</i> sebelum digunakan
Kurangnya pelatihan keselamatan bagi pekerja	Program pelatihan K3 dan simulasi keselamatan
Tidak adanya pagar pengaman atau jaring pengaman	Pemasangan pagar dan jaring pengaman di sekitar <i>scaffolding</i>
Cuaca buruk seperti angin kencang atau hujan	Menunda pekerjaan saat kondisi cuaca ekstrem

4. Konsekuensi (*consequences*) dan pengendalian mitigasi (*mitigation controls*)

Jika kecelakaan tetap terjadi, berikut beberapa dampak yang bisa terjadi serta langkah mitigasinya:

Tabel 8.2 Tabel konsekuensi dan mitigasi peristiwa pekerja jatuh

Konsekuensi (<i>Consequences</i>)	Pengendalian Mitigasi (<i>Mitigation Controls</i>)
Cedera serius atau kematian pekerja	Tim medis dan prosedur pertolongan pertama di lokasi kerja
Keterlambatan proyek akibat kecelakaan	Evaluasi ulang jadwal proyek dan penggantian tenaga kerja
Investigasi dan sanksi hukum	Dokumentasi K3 dan pemenuhan regulasi keselamatan kerja
Reputasi perusahaan buruk	Peningkatan budaya keselamatan kerja dan komunikasi dengan publik
Denda atau penalti dari pemerintah	Kepatuhan terhadap standar K3 nasional dan internasional

5. Kesimpulan dan Rekomendasi

Dengan menggunakan *bowtie analysis*, perusahaan dapat memahami secara menyeluruh hubungan antara ancaman, peristiwa kecelakaan, serta konsekuensi yang mungkin terjadi. Upaya pencegahan difokuskan pada penggunaan APD, inspeksi *scaffolding*, pelatihan keselamatan, serta pengawasan lebih ketat di area kerja. Jika kecelakaan tetap terjadi, langkah mitigasi seperti pertolongan medis cepat dan evaluasi proyek harus segera

dilakukan untuk meminimalkan dampaknya. Metode ini dapat membantu perusahaan konstruksi untuk mengurangi risiko kecelakaan, meningkatkan keselamatan kerja, serta memenuhi regulasi K3 yang berlaku.

²⁰⁰ *Bowtie analysis* merupakan metode yang efektif dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola risiko kecelakaan kerja di berbagai industri, termasuk sektor konstruksi. Dengan pendekatan visual yang sederhana, metode ini membantu perusahaan memahami hubungan antara ancaman, peristiwa pusat, serta konsekuensi yang mungkin terjadi. Selain itu, *Bowtie analysis* memungkinkan organisasi untuk menerapkan langkah-langkah pencegahan dan mitigasi yang lebih sistematis guna mengurangi potensi kecelakaan dan dampaknya.

⁵² Dalam penerapannya di bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), *bowtie analysis* memberikan berbagai manfaat, seperti meningkatkan kesadaran akan bahaya yang ada, membantu dalam pengambilan keputusan berbasis risiko, ⁴⁴ serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan kerja. Metode ini juga mempermudah komunikasi antara pekerja, manajemen, dan pihak terkait mengenai risiko yang dihadapi dan tindakan yang harus dilakukan untuk mencegah kecelakaan.

Meskipun *bowtie analysis* memiliki keunggulan dalam menyederhanakan analisis risiko, metode ¹⁹⁶ ini juga memiliki beberapa keterbatasan. Salah satunya adalah perlunya data yang akurat dan lengkap agar hasil analisis benar-benar

mencerminkan kondisi di lapangan. Selain itu, implementasi *Bowtie analysis* memerlukan pemahaman yang baik tentang proses kerja dan risiko yang dihadapi, sehingga pelatihan bagi tenaga kerja dan manajer K3 sangat diperlukan.

Keberhasilan penerapan *bowtie analysis* dalam K3 bergantung pada komitmen perusahaan untuk menerapkan rekomendasi yang dihasilkan dari analisis ini. Tanpa tindakan yang konkret, *bowtie analysis* hanya akan menjadi dokumen tanpa dampak nyata dalam mencegah kecelakaan. Oleh karena itu, perusahaan harus secara aktif menerapkan langkah-langkah pencegahan dan mitigasi yang telah diidentifikasi, serta terus melakukan evaluasi dan perbaikan terhadap sistem keselamatan kerja yang ada.

Sebagai kesimpulan, *bowtie analysis* adalah alat yang sangat berguna dalam mengelola risiko di tempat kerja, terutama dalam lingkungan berisiko tinggi seperti proyek konstruksi. Dengan memahami ancaman dan konsekuensinya secara lebih terstruktur, perusahaan dapat menciptakan budaya keselamatan yang lebih kuat, mengurangi kemungkinan kecelakaan, dan melindungi kesejahteraan pekerja. Oleh karena itu, penerapan *bowtie analysis* sebaiknya menjadi bagian dari strategi keselamatan kerja yang berkelanjutan dan terus diperbarui sesuai dengan perkembangan di lapangan.

*****TS*****

BAB 9

PERBANDINGAN METODE ANALISIS K3

Dalam dunia industri dan keselamatan kerja, identifikasi, analisis, dan pengendalian risiko merupakan langkah krusial untuk mencegah kecelakaan dan memastikan lingkungan kerja yang aman. Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengevaluasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, serta merancang strategi mitigasi yang efektif. Di antara metode yang paling umum digunakan dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah *Job Safety Analysis* (JSA), *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC), *Hazard and Operability Study* (HAZOP), *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA), *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Bowtie Analysis*.

Masing-masing metode ini memiliki pendekatan, keunggulan, dan keterbatasannya sendiri dalam menganalisis risiko di tempat kerja. Dengan memahami perbandingan kelima metode ini, kita dapat memilih teknik analisis yang paling sesuai untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan risiko, baik dalam tugas kerja sederhana maupun sistem industri yang kompleks. Tulisan ini akan membahas secara mendalam perbedaan dari setiap metode serta penerapannya dalam bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Memilih metode analisis risiko yang tepat dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sangat penting untuk memastikan efektivitas dalam

identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penerapan langkah-langkah pengendalian. Ketepatan pemilihan metode bergantung pada beberapa faktor utama, antara lain:

1. Kompleksitas sistem yang dianalisis
 - a. Untuk tugas kerja spesifik, metode seperti JSA lebih tepat digunakan karena fokus pada langkah-langkah pekerjaan dan potensi risikonya (Dharmawan & Ghani, 2023).
 - b. Untuk sistem industri yang kompleks, metode seperti HAZOP atau FTA lebih efektif karena dapat mengidentifikasi berbagai interaksi antarvariabel dalam sistem (Cantika dkk., 2022).
2. Jenis risiko yang dievaluasi
 - a. Jika risiko lebih berkaitan dengan tugas individu dan prosedur kerja, maka JSA dan HIRARC lebih sesuai (Wiryawan & Mahbubah, 2024).
 - b. Jika risiko berkaitan dengan kegagalan sistem teknis atau mesin, maka FMEA atau FTA adalah pilihan yang lebih tepat (Sidik dkk., 2023).
 - c. Untuk menganalisis deviasi proses dalam industri kimia atau manufaktur, HAZOP lebih direkomendasikan (Wang & Wang, 2020).

3. Tingkat detail dan kuantifikasi yang dibutuhkan
 - a. JSA dan HIRARC lebih banyak menggunakan pendekatan kualitatif dalam menilai risiko (Wiryawan & Mahbubah, 2024).
 - b. FMEA dan FTA menggunakan pendekatan kuantitatif dengan perhitungan tingkat risiko yang lebih mendetail (Sidik dkk., 2023).
 - c. RCA dan Bowtie menggunakan investigasi akar penyebab kecelakaan dan visualisasi risiko, pencegahan dan mitigasi.
4. Ketersediaan data dan waktu analisis
 - a. JSA dan HIRARC relatif lebih cepat diterapkan karena berbasis observasi dan pengalaman kerja (Wiryawan & Mahbubah, 2024).
 - b. HAZOP, FMEA, dan FTA membutuhkan lebih banyak data dan tim multidisiplin sehingga memerlukan waktu lebih lama dalam pelaksanaannya (Deswandri dkk., 2024).

Pemilihan metode analisis risiko dalam K3 harus mempertimbangkan konteks pekerjaan, kompleksitas sistem, jenis risiko, serta sumber daya yang tersedia. Dalam banyak kasus, perusahaan sering menggunakan kombinasi beberapa metode untuk memastikan evaluasi risiko yang lebih akurat dan komprehensif, sehingga dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif.

Tabel 9 Tabel perbandingan metode analisis risiko dalam K3

NO	METODE	TUJUAN	METODE ANALISIS	FOKUS ANALISIS	PENDEKATAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN	CONTOH APLIKASI DALAM K3
1	JSA <i>Job Safety Analysis</i>	Mengidentifikasi kasi bahaya dan langkah pengendalian dalam tugas kerja tertentu	a. Menguraikan pekerjaan menjadi langkah-langkah kecil b. Mengidentifikasi kasi potensi bahaya di setiap langkah	Identifikasi risiko dan langkah pengendalian pada tugas kerja tertentu	Kualitatif (Deskriptif) Menganalisis langkah kerja, potensi bahaya, dan langkah pengendalian berdasarkan observasi dan pengalaman	a. Mudah diterapkan di lapangan b. Fokus pada pekerjaan spesifik c. Membantu pelatihan pekerja	a. Tidak mempertimbangkan interaksi antarbahaya b. Kurang efektif untuk sistem kompleks	a. Analisis pekerjaan di ketinggian b. Penggunaan alat berat c. Prosedur kerja di area terbatas
2	HIRARC <i>Hazard Identification, Risk</i>	Mengidentifikasi kasi, menilai, dan mengendalikan bahaya	a. Identifikasi bahaya (<i>Hazard Identification</i>)	Identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian	Kombinasi Kualitatif & Kuantitatif Mengidentifikasi	a. Menyediakan proses evaluasi risiko yang lengkap	a. Membutuhkan data yang akurat b. Bisa subjektif jika tidak ada	a. Identifikasi bahaya di proyek konstruksi b. Pengendalian

NO	METODE	TUJUAN	METODE ANALISIS	FOKUS ANALISIS	PENDEKATAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN	CONTOH APLIKASI DALAM K3
	<i>Assessment, and Risk Control</i>	untuk mencegah kecelakaan	1 b. Penilaian tingkat risiko (<i>Risk Assessment</i>) c. Penentuan pengendalian risiko (<i>Risk Control</i>)		asi bahaya secara deskriptif (kualitatif) dan menilai tingkat risiko menggunakan skala kemungkinan & dampak (kuantitatif)	b. Mencakup pengendalian risiko secara sistematis	standar yang jelas	risiko di pabrik manufaktur
3	HAZOP <i>Hazard and Operability Study</i>	Menganalisis risiko kegagalan operasional dalam suatu proses industri	a. Menggunakan tim multidisiplin untuk <i>brainstorming</i> b. Menggunakan	Analisis kegagalan sistem dengan pendekatan deviasi proses	Kuantitatif & Kualitatif Yang kualitatif menggunakan pendekatan brainstorming	a. Cocok untuk sistem kompleks b. Menggunakan pendekatan	a. Membutuhkan waktu lama b. Tidak cocok untuk analisis tugas individu	a. Analisis keselamatan dalam industri kimia b. Evaluasi risiko sistem perpipaan gas

NO	METODE	TUJUAN	METODE ANALISIS	FOKUS ANALISIS	PENDEKATAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN	CONTOH APLIKASI DALAM K3
			kan kata kunci deviasi proses (misalnya "lebih banyak", "lebih sedikit", dll.) c. Mengidentifikasi kasi risiko dan mitigasi dalam sistem operasi		sistematis dengan kata kunci untuk mengevaluasi deviasi operasional dan dampaknya terhadap keselamatan	tim multidisiplin		
4	FMEA <i>Failure Mode and</i>	Mengidentifikasi potensi kegagalan dalam suatu	d. Mengidentifikasi mode kegagalan (<i>failure mode</i>)	Analisis mode kegagalan dan dampaknya terhadap sistem	Kombinasi Kualitatif & Kuantitatif Mengidentifikasi	a. Menganalisis risiko berdasarkan prioritas	a. Sulit diterapkan pada sistem kerja non-mesin	a. Analisis risiko kegagalan alat berat b. Evaluasi sistem

NO	METODE	TUJUAN	METODE ANALISIS	FOKUS ANALISIS	PENDEKATAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN	CONTOH APLIKASI DALAM K3
	<i>Effects Analysis</i>	sistem dan dampaknya	e. Menentukan penyebab dan dampaknya f. Menghitung tingkat risiko 1. Berdasarkan Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D) g. Menentukan tindakan mitigasi		asi mode kegagalan secara deskriptif (kualitatif) dan 136 ditentukan tingkat keparahan, kemungkinan, serta deteksi menggunakan Risk Priority Number (RPN) (kuantitatif)	b. Cocok untuk pencegahan kegagalan sebelum terjadi	b. Membutuhkan data keandalan yang akurat	proteksi kebakaran
5	FTA <i>Fault Tree Analysis</i>	Menganalisis penyebab utama suatu kegagalan atau	a. Menggunakan diagram pohon kesalahan (<i>fault tree</i>)	Identifikasi penyebab kegagalan suatu insiden dengan	Kombinasi Kualitatif & Kuantitatif Menggunakan	a. Menggunakan diagram pohon untuk	a. Membutuhkan data akurat b. Tidak mempertimbangkan faktor	a. Analisis kecelakaan jatuh dari ketinggian b. Penyebab

NO	METODE	TUJUAN	METODE ANALISIS	FOKUS ANALISIS	PENDEKATAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN	CONTOH APLIKASI DALAM K3
		kecelakaan	- untuk menemukan akar penyebab b. Menggunakan gerbang logika <i>AND</i> & <i>OR</i> untuk melihat hubungan antarpengaruh c. Mengidentifikasi faktor teknis dan manusia yang berkontribusi dalam kegagalan	pendekatan logika	pendekatan deduktif untuk mencari akar penyebab kegagalan (kualitatif) dan dapat dikombinasikan dengan probabilitas kejadian untuk analisis risiko lebih mendalam (kuantitatif)	- memudahkan analisis b. Cocok untuk sistem kompleks	sosial/manusia secara mendalam	kegagalan sistem listrik di tempat kerja
6	RCA	Mengidenti-	Menggunakan	Penyebab	Kualitatif	a. Mengung-	a. Membutuhkan	Investigasi

NO	METODE	TUJUAN	METODE ANALISIS	FOKUS ANALISIS	PENDEKATAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN	CONTOH APLIKASI DALAM K3
	Root Cause Analysis	fikasi akar penyebab kecelakaan atau insiden untuk mencegah kejadian serupa di masa depan.	teknik investigasi seperti 5 Whys, Fishbone Diagram, Fault Tree Analysis (FTA), dan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)	utama insiden atau kegagalan, baik dari segi teknis, manusia, maupun sistem	Menggunakan metode investigasi berbasis logika dan deduksi seperti 5 Whys, Fishbone Diagram, dan Fault Tree Analysis (FTA). Bisa dikombinasikan dengan pendekatan kuantitatif jika menggunakan data statistik	kap penyebab mendasar suatu insiden. b. Mencegah insiden serupa di masa depan. c. Meningkatkan sistem keselamatan kerja melalui tindakan korektif.	investigasi menyeluruh yang bisa memakan waktu lama. b. Tidak selalu menemukan penyebab tunggal karena faktor kompleks. c. Hasil analisis bisa subjektif tergantung data yang tersedia	kecelakaan kerja: Seorang pekerja jatuh dari <i>scaffolding</i>, RCA digunakan untuk menemukan penyebab utama (misalnya kurangnya pengawasan, kelalaian penggunaan APD, atau kegagalan prosedur keselamatan)

NO	METODE	TUJUAN	METODE ANALISIS	FOKUS ANALISIS	PENDEKATAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN	CONTOH APLIKASI DALAM K3
					kecelakaan Reaktif (dilakukan setelah insiden terjadi) untuk menemukan akar penyebab dan menerapkan tindakan perbaikan			
7	Bowtie Analysis	Mengidenti-fikasi hubungan antara ancaman, peristiwa	Mengguna-kan diagram berbentuk <i>bowtie</i> (dasi kupu-kupu) untuk	Pencegahan dan mitigasi risiko dengan menghubungkan ancaman, dan peristiwa, dan	Kombinasi Kualitatif & Kuantitatif Menggunakan	a. Visualisasi risiko yang sederhana dan mudah dipahami	a. Tidak secara mendalam menginvesti-gasi penyebab utama insiden	Manajemen risiko di proyek konstruksi: <i>Bowtie Analysis</i> digunakan untuk mengiden-

NO	METODE	TUJUAN	METODE ANALISIS	FOKUS ANALISIS	PENDEKATAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN	CONTOH APLIKASI DALAM K3
		utama, dan konsekuensi serta menetapkan langkah pencegahan dan mitigasi.	menghubungkan penyebab dan dampak risiko dengan pengendali yang tersedia	konsekuensinya	pendekatan kualitatif untuk memetakan hubungan ancaman, peristiwa utama, dan konsekuensi dalam diagram visual. Namun, bisa menjadi kuantitatif jika dikombinasikan dengan data probabilitas	b. Mengintegrasikan pencegahan dan mitigasi dalam satu diagram c. Memudahkan pengambilan keputusan berbasis risiko.	b. Membutuhkan data risiko yang akurat agar efektif c. Fokus lebih pada pengendalian, bukan investigasi kejadian	tifikasi risiko jatuh dari ketinggian dengan menetapkan pencegahan (penggunaan APD, pelatihan) dan mitigasi (prosedur darurat, bantuan medis)

NO	METODE	TUJUAN	METODE ANALISIS	FOKUS ANALISIS	PENDEKATAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN	CONTOH APLIKASI DALAM K3
					dan dampak risiko untuk analisis yang lebih mendalam. Proaktif (dilakukan sebelum insiden terjadi) untuk mencegah dan mengurangi dampak kejadian berbahaya.			

Dari tabel di atas, kita bisa melihat bahwa setiap metode memiliki fokus dan keunggulan masing-masing:

- JSA & HIRARC lebih cocok untuk analisis tugas kerja harian. JSA fokus pada tahapan pekerjaan spesifik, sedangkan HIRARC lebih menyeluruh dan mencakup identifikasi dan penilaian risiko di seluruh tempat kerja.
- HAZOP & FMEA lebih cocok untuk industri dan manufaktur. HAZOP lebih digunakan untuk proses yang kompleks dan terus berlanjut, sementara FMEA fokus pada mode kegagalan individual dalam komponen sistem.
- FTA & FMEA lebih fokus pada analisis penyebab kecelakaan atau kegagalan sistem. FTA berorientasi pada identifikasi akar penyebab kecelakaan besar, sedangkan FMEA fokus pada pencegahan mode kegagalan di tingkat komponen.
- RCA dan Bowtie Analysis memiliki pendekatan berbeda dalam manajemen risiko K3—RCA lebih fokus pada investigasi insiden, sedangkan Bowtie lebih menitikberatkan pada pencegahan dan mitigasi risiko.

Masing-masing metode memiliki kelebihan dan keterbatasan dalam penerapannya di bidang K3. Pemilihan metode yang tepat tergantung pada kompleksitas sistem yang dianalisis, jenis risiko yang dievaluasi, serta tujuan analisis. Dalam praktiknya, sering kali beberapa metode digunakan secara kombinasi untuk menghasilkan analisis yang lebih

komprehensif dan efektif. Pemilihan metode tergantung pada jenis pekerjaan, kompleksitas sistem, serta tujuan analisis keselamatan kerja. Dalam banyak kasus, perusahaan menggunakan kombinasi beberapa metode untuk hasil yang lebih komprehensif dan efektif dalam meningkatkan ¹²⁰ Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

*****TS*****

BAB 10

PENUTUP

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bukan sekadar regulasi atau kebijakan yang harus dipatuhi, tetapi sebuah komitmen yang harus dijalankan oleh setiap individu dalam lingkungan kerja. Melalui buku ini, kita telah menjelajahi berbagai aspek penting dari K3, mulai dari prinsip dasar, regulasi yang berlaku, hingga metode analisis risiko yang dapat diterapkan untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif.

Dalam perjalanan memahami K3, kita menyadari bahwa keselamatan bukanlah suatu kebetulan, melainkan hasil dari upaya sistematis dan konsisten. Penerapan metode seperti *Job Safety Analysis* (JSA), HAZOP, HIRARC, FMEA, Fault Tree Analysis (FTA), Root Cause Analysis (RCA) dan Bowtie Analysis menjadi bagian tak terpisahkan dalam identifikasi dan mitigasi risiko kerja. Setiap langkah yang diambil dalam menganalisis risiko membawa kita selangkah lebih dekat menuju lingkungan kerja yang lebih baik, di mana setiap pekerja dapat menjalankan tugasnya tanpa harus mengkhawatirkan keselamatannya (Nursabrina dkk., 2021).

Sejarah perkembangan K3 menunjukkan bahwa kesadaran akan pentingnya keselamatan kerja telah tumbuh seiring dengan perkembangan industri dan teknologi. Berbagai kecelakaan kerja yang pernah terjadi di masa lalu telah menjadi

pelajaran berharga dalam merancang sistem yang lebih baik di masa kini. Kini, dengan hadirnya standar internasional seperti ISO 45001 dan regulasi nasional yang semakin ketat, kita memiliki landasan yang kuat untuk membangun budaya keselamatan yang lebih baik di berbagai sektor industri.

Namun, sejauh apa pun regulasi dan sistem diterapkan, pada akhirnya, faktor manusia tetap menjadi elemen terpenting dalam keberhasilan penerapan K3 (Khoirulloh dkk., 2023). Kesadaran individu, kepedulian terhadap rekan kerja, serta sikap proaktif dalam mengidentifikasi potensi bahaya adalah pilar utama dalam membangun lingkungan kerja yang aman. K3 bukan hanya tanggung jawab perusahaan atau pemerintah, tetapi juga tanggung jawab bersama setiap individu yang terlibat dalam dunia kerja.

Seiring dengan perubahan zaman, tantangan dalam penerapan K3 pun terus berkembang (Sarie dkk., 2023). Munculnya teknologi baru, otomatisasi dalam industri, serta pergeseran pola kerja akibat digitalisasi memerlukan pendekatan yang lebih fleksibel dan inovatif dalam memastikan keselamatan kerja. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk terus belajar, beradaptasi, dan mengembangkan strategi yang lebih efektif dalam menjaga kesejahteraan pekerja.

10.1. Kesimpulan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah aspek krusial dalam dunia industri yang bertujuan untuk melindungi pekerja dari bahaya serta memastikan operasional yang aman

dan efisien. Buku ini telah membahas secara mendalam berbagai konsep fundamental K3, mulai dari regulasi yang berlaku, prinsip dasar keselamatan kerja, hingga metode analisis risiko yang digunakan ³ untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan bahaya di tempat kerja. Dari pembahasan yang telah dijelaskan, dapat disimpulkan bahwa penerapan K3 bukan hanya sebatas kepatuhan terhadap regulasi, tetapi juga merupakan investasi jangka panjang bagi perusahaan dan pekerja. Dengan menerapkan sistem manajemen K3 yang baik, perusahaan dapat ⁵ mengurangi risiko kecelakaan, meningkatkan produktivitas, serta menciptakan budaya kerja yang lebih aman dan sehat.

⁴³ Metode analisis risiko seperti *Job Safety Analysis (JSA)*, *HIRARC*, *HAZOP*, *FMEA*, *FTA*, *RCA* dan *Bowtie Analysis* ¹⁶⁹ memainkan peran penting dalam upaya pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Melalui pendekatan yang sistematis dan berbasis data, potensi bahaya dapat diidentifikasi lebih awal, sehingga langkah mitigasi yang efektif dapat diterapkan sebelum terjadi insiden yang merugikan. Selain itu, partisipasi aktif dari seluruh pihak, baik manajemen maupun pekerja, sangat diperlukan dalam membangun sistem K3 yang efektif. Keselamatan kerja bukan hanya tanggung jawab individu tertentu, melainkan kewajiban bersama yang harus dijunjung tinggi oleh semua orang di lingkungan kerja.

¹⁸⁴ Ulasan dalam buku ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang bermanfaat bagi para pembaca, baik dari kalangan akademisi, praktisi, maupun masyarakat umum yang

ingin memahami lebih dalam tentang K3. Dengan kesadaran dan penerapan yang baik, keselamatan dan kesehatan kerja dapat menjadi budaya yang melekat dalam setiap aktivitas, menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, produktif, dan berkelanjutan.

10.2. Saran

Berdasarkan pembahasan dalam buku ini, ada beberapa saran yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efektivitas penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di berbagai sektor industri:

1. Peningkatan kesadaran dan budaya K3, yaitu keselamatan kerja bukan hanya tanggung jawab perusahaan atau pihak manajemen, tetapi harus menjadi budaya yang melekat dalam setiap individu di lingkungan kerja. Oleh karena itu, perusahaan perlu secara aktif mengedukasi dan melibatkan pekerja dalam program K3 agar kesadaran akan pentingnya keselamatan meningkat.
2. Penerapan sistem manajemen K3 yang terintegrasi, dimana perusahaan sebaiknya menerapkan Sistem Manajemen K3 (SMK3) secara menyeluruh, sesuai dengan PP No. 50 Tahun 2012 atau standar internasional seperti ISO 45001:2018. Integrasi K3 dengan operasional harian akan membantu dalam mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan efisiensi kerja.
3. Evaluasi dan pembaruan regulasi secara berkala, sebaiknya regulasi terkait K3 harus terus diperbarui sesuai

dengan perkembangan industri dan teknologi. Pemerintah dan perusahaan perlu bekerja sama dalam memastikan bahwa kebijakan keselamatan yang diterapkan tetap relevan dan efektif dalam mengurangi potensi bahaya di tempat kerja.

4. Optimalisasi analisis risiko dalam setiap pekerjaan, melalui penggunaan ⁴³ metode analisis risiko seperti *Job Safety Analysis* (JSA), HIRARC, HAZOP, FMEA, FTA, RCA, dan *Bowtie Analysis* harus diterapkan secara konsisten sebelum memulai pekerjaan, terutama dalam industri dengan tingkat risiko tinggi. Dengan pendekatan yang sistematis, kecelakaan dapat dicegah sejak dini.
5. Peningkatan pelatihan dan kompetensi pekerja, melalui pelatihan K3 harus menjadi bagian dari program pengembangan pekerja. Setiap tenaga kerja harus dibekali dengan keterampilan dan pengetahuan mengenai identifikasi bahaya, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), serta prosedur darurat ⁹ agar dapat bertindak dengan cepat dan tepat dalam situasi berisiko.
6. Pemanfaatan teknologi dalam penerapan K3, ¹⁸¹ seiring dengan berkembangnya teknologi, perusahaan dapat memanfaatkan sistem pemantauan berbasis IoT, kecerdasan buatan (AI), dan perangkat *wearable* untuk meningkatkan keselamatan di tempat kerja. Penggunaan teknologi dapat membantu dalam deteksi dini bahaya, pemantauan kesehatan pekerja, serta pengelolaan risiko yang lebih efisien.

7. Komitmen berkelanjutan dari manajemen, sebaiknya kepemimpinan perusahaan memiliki peran kunci dalam memastikan keberlanjutan program K3. Manajemen harus memberikan dukungan penuh, baik dalam hal kebijakan, pendanaan, maupun sumber daya, ⁶² untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat bagi seluruh pekerja.

Dengan menerapkan saran-saran di atas, diharapkan upaya dalam meningkatkan ³⁸ keselamatan dan kesehatan kerja dapat berjalan lebih efektif dan berkelanjutan. K3 bukan hanya sekadar kepatuhan terhadap regulasi, tetapi juga sebuah investasi yang berdampak positif bagi pekerja, perusahaan, dan masyarakat secara keseluruhan.

¹¹⁰ Buku ini diharapkan dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi semua pihak yang terlibat dalam dunia kerja, baik sebagai praktisi K3, pengusaha, pekerja, maupun akademisi yang ingin memahami lebih dalam tentang pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja. Dengan memahami konsep-konsep yang telah dibahas, diharapkan setiap pembaca dapat mengaplikasikan ilmu ini dalam kehidupan nyata, menjadikannya sebagai bagian dari budaya kerja yang berkelanjutan. Pada akhirnya, keselamatan bukan hanya tentang regulasi, prosedur, atau standar kerja yang diterapkan, tetapi juga tentang nilai kemanusiaan. Setiap nyawa yang terselamatkan, setiap cedera yang dapat dicegah, dan setiap lingkungan kerja yang menjadi lebih aman adalah bukti nyata

bahwa upaya kita dalam menerapkan K3 memiliki dampak yang besar. Keselamatan kerja adalah investasi jangka panjang yang tidak hanya menguntungkan pekerja, tetapi juga menciptakan dunia kerja yang lebih baik bagi generasi mendatang.

Semoga buku ini dapat menjadi pemantik kesadaran, inspirasi, dan pedoman bagi semua pembaca dalam menjalankan praktik K3 dengan lebih baik. Mari kita bersama-sama membangun masa depan di mana setiap orang dapat bekerja dengan aman, sehat, dan sejahtera. Karena pada akhirnya, keselamatan kerja bukan hanya tentang peraturan tetapi tentang kepedulian kita terhadap sesama.

¹⁷³ Terima kasih telah menyempatkan waktu untuk membaca ¹³³ dan mendalami isi buku ini. Semoga ilmu yang diperoleh dapat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari dan memberikan kontribusi positif bagi lingkungan kerja yang lebih baik.

*****TS*****

DAFTAR PUSTAKA

- Abdur Rahman, M., & Afridah, W. (2023). Faktor Kecelakaan Kerja dengan Metode Job Safety Analysis. *Jurnal Multidisiplin Indonesia*, 2(4), 693–698. <https://doi.org/10.58344/jmi.v2i4.201>
- Afredo, L. W. (2021). Analisis Resiko Kecelakaan Kerja di CV. Jati Jepara Furniture dengan Metode HIRARC (Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Prima (JURITI PRIMA)*, 4(2), 30–37. <https://doi.org/10.34012/juritiprima.v4i2.1816>
- Ahmad, B., & Oginawati, K. (2019). Analisis Risiko dengan Metode Hazard and Operability Study (HAZOPS) dalam Penentuan Safety Integrity Level (SIL) Berbasis Risk Graph dan Quantitative Method pada Unit Boiler PT X . *Jurnal Teknik Lingkungan*, 25(2), 53–66.
- Aisyah, S. (2011). Implementasi Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dan Fuzzy Logic sebagai Program Pengendalian Kualitas. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 4(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30813/jiems.v4i2.87>
- Akbar, M., Pratiwi, I., & Paotonan, C. (2023). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Pekerjaan Bongkar Muat Kontainer dengan Metode Job Safety Analysis. *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 6(2), 196–203. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v6i2.31693>

- Almeida, R. S., Vasconcelos da Silva, F., & Vianna, S. S. V. (2023). Combining The Bow-Tie Method and Fuzzy Logic Using Mamdani Inference Model. *Process Safety and Environmental Protection*, 169, 159–168. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.11.005>
- Amalia, T., & Wicaksana, A. B. (2020). Identifikasi Potensi Bahaya di Laboratorium Formulasi PT X. *Jurnal Inkofar*, 1(1), 5–12. <https://doi.org/10.46846/jurnalinkofar.v1i1.139>
- Amri Lubis, M. J., Sihombing, G., & Hasta Yanto, A. B. (2024). Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC Pada PT. Telkom Indonesia Jakarta Utara. *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology*, 5(1), 15–23. <https://doi.org/10.31294/imtechno.v5i1.2414>
- Amrillah, M. S., Rizqi, A. W., & Jufriyanto, Moh. (2024). Risk Analysis of Work Accidents at CV. Sumber Rejeki Gresik with Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Root Cause Analysis (RCA) Methods. *MOTIVECTION : Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 6(2), 191–204. <https://doi.org/10.46574/motivection.v6i2.324>
- Amrullah, T., Adnyani, I. A. S., & Wiryajati, I. K. (2024). Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko Keselamatan dan Kesehatan (K3) Menggunakan Metode HIRA pada PT. INNAKO International Konsulindo. *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, 12(3S1), 4691–4698. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v12i3S1.5541>

- Analouei, R., Taheriyoun, M., & Safavi, H. R. (2020). Risk Assessment of An Industrial Wastewater Treatment and Reclamation Plant Using the Bow-Tie Method. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1), 33. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7995-x>
- Apriyani, Saputra, Y., Turseno, A., & Saepudin, T. H. (2022). Analisis Keselamatan Kerja dengan Pendekatan Fault Tree Analysis di PT. Indotech Mitra Presisi. *Jurnal Industri dan Teknologi Terpadu (Jurnal InTent)*, 5(2).
- Arman, U. D., Melasari, J., & Suwanda, A. R. (2022). Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi Menggunakan Accident Root Cause Tracing Model (ARCTM) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 11(1), 17–28. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v11i1.112>
- Asih, T. N., Mahbubah, N. A., & Fathoni, M. Z. (2021). Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proses Fabrikasi dengan Menggunakan Metode HIRARC (Studi Kasus : PT. Ravana Jaya). *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 1(2), 272–303. <https://doi.org/10.30587/justicb.v1i2.2609>
- Aust, J., & Pons, D. (2020). A Systematic Methodology for Developing Bowtie in Risk Assessment: Application to Borescope Inspection. *Aerospace*, 7(7), 86–121. <https://doi.org/10.3390/aerospace7070086>
- Aziz, M. A. A., & Said, M. S. M. (2023). ALARP Demonstration in Management of Change Using Quantitative Bowtie Analysis

Risk Assessment Tool for An Offshore Gas Platform. *Process Safety Progress*, 42(2), 310–327.
<https://doi.org/10.1002/prs.12420>

Azzahra, F., Nurlaili, E. P., & Ratisan, J. D. (2022). Analisis Risiko Kerja Menggunakan Job Safety Analysis (JSA) Dengan Pendekatan Hazard Identification, Risk Assessment And Risk Control (Hirarc) di PT Indo Java Rubber Planting Co. *Jurnal Agrifoodtech*, 1(1), 21–34.
<https://doi.org/10.56444/agrifoodtech.v1i1.54>

Badariah, N., Sugiarto, D., & Anugerah, C. (2016, November 8). Penerapan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Expert System (Sistem Pakar). *Prosiding SEMNASTEK*.

Basri, M. R., Budiharti, N., & Andjar Sari, S. (2024). Analisis Potensi Bahaya dengan Menggunakan Metode HAZOP (Hazard And Operability Study) pada Bagian Pracetak (Studi Kasus: PT. Gudang Garam Tbk. Direktorat Grafika-Waru). *Jurnal Valtech*, 7(1), 129–137.
<https://doi.org/10.36040/valtech.v7i1.9278>

Bhayangkara, A. H., Setyawan, A., & Handayani, F. S. (2023). Analisis Kecelakaan Kerja pada Struktur Bawah Blending Silo Proyek “EPC Talavera” Tuban menggunakan Metode Bowtie. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 7(1), 40–48.
<https://doi.org/10.20961/jrrs.v7i1.79202>

Budiharjo. (2024). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode Job Safety Analysis Pada Proyek Konstruksi di CV.

- XYZ. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 14(2), 268–282. <https://doi.org/10.36040/industri.v14i2.11170>
- Cahyani, Z. F., & Puspitasari, D. (2024). Analisis Penggunaan FMEA dalam Mengidentifikasi Risiko Kegagalan Proses Produksi pada PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. *Puspitasari, Diana*, 13(4).
- Cantika, N. A., Fathimahhayati, L. D., & Pawitra, T. A. (2022). Penilaian Risiko K3 pada Pengaliran BBM ke Tangki Timbun dengan Menggunakan Metode HAZOP dan FTA. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 8(1), 67–74. <https://doi.org/10.30656/intech.v8i1.4640>
- Chahyadhi, B., Sumardiyono, Suratna, F. S. N., Widjanarti, M. P., Wijayanti, R., Ada, Y. R., & Fauzi, R. P. (2023). Penerapan Risk Assessment dengan Job Safety Analysis Guna Mencegah Unsafe Action. *Jurnal Abdimas Ilmiah Citra Bakti*, 4(4), 853–863. <https://doi.org/10.38048/jailcb.v4i4.2197>
- Damayanti, C., & Hasanah, A. N. (2023). Penilaian Risiko Kontaminasi Silang pada Area Produksi pada Salah Satu Industri Farmasi di DKI Jakarta. *Majalah Farmasetika*, 8(5), 424–446. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v8i5.46906>
- Darsini, Prakoso, R. A., & Sari, M. P. (2022). Manajemen Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja pada Proyek Konstruksi Bendungan XYZ dengan Metode FMEA. *Jurnal Inkofar*, 6(1), 27–32. <https://doi.org/10.46846/jurnalinkofar.v6i1.213>

- Deswandri, Sudarno, Tyas, R. L., Kumaraningrum, A. R., Maerani, R., Hidayatullah, I. M., Sahlan, M., Shariff, A. M., & Hermansyah, H. (2024). Risk Identification of Integral Pressurized Water Reactor (IPWR) Cooling System Using A Combination HAZOP, FMEA, and FTA Methods. *Process Safety Progress*, 43, S78–S89. <https://doi.org/10.1002/prs.12570>
- Dharmawan, M. D. R., & Ghani, S. R. W. (2023). Evaluasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Praktikum Teknik Industri Universitas Hasyim Asy'ari dengan Metode Job Safety Analysis. *Jurnal Penelitian Bidang Inovasi & Pengelolaan Industri*, 2(2), 17–26. <https://doi.org/10.33752/invantri.v2i2.3739>
- Ekoanindiyo, F. A., Yohanes, A., Prihastono, E., & Hayati, E. N. (2021). Pendekatan Metode Fault Tree Analysis dalam Kesehatan dan Keselamatan Kerja serta Pengaruhnya Terhadap Produktifitas. *JURNAL REKAYASA SISTEM INDUSTRI*, 7(1), 20–25. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v7i1.4456>
- Erliana, C. I., & Azis, A. (2020). Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko Pada Stasiun Switchyard Di PT.PJB UBJ O&M PLTMG Arun Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Analysis and Risk Control (HIRARC). *Industrial Engineering Journal*, 9(2). <https://doi.org/10.53912/iejm.v9i2.575>
- Fachrezi, M. I. (2021). Manajemen Risiko Keamanan Aset Teknologi Informasi menggunakan ISO 31000:2018 DISKOMINFO Kota Salatiga. *JATISI (Jurnal Teknik*

Informatika dan Sistem Informasi), 8(2), 764–773.
<https://doi.org/10.35957/jatisi.v8i2.789>

Fatach, M. N., Dhartikasari, E., & Rizqi, A. W. (2023). Mengidentifikasi Bahaya dan Pengendalian Resiko Dengan Metode Job Safety Analysis. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 9(1), 44–50.
<https://doi.org/10.24014/jti.v9i1.21939>

Fauziyah, S., Susanti, R., & Nurjihad, F. (2021). Risk Assessment for Occupational Health and Safety of Soekarno-Hatta international Airport Accessibility Project through HIRARC Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 700(1), 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/700/1/012048>

Febriyan, D., Anindita, G., & Mayangsari, N. E. (2017). Analisis Potensi Bahaya Menggunakan Metode HAZOP dan Fuzzy Layer of Protection Analysis pada Desiccant 1 Dehydration Unit Di PT Lapindo Brantas. Inc. *Proceeding Conference on Safety Engineering and Its Application*, 328–333.

Fitri, K. (2019, Juli 29). *Konsep Job Safety Analysis (Analisis Bahaya Pekerjaan)*. Garuda QHSE Institution.
<https://www.garudasystrain.co.id/konsep-job-safety-analysis/>

Hamudya, T. P., Munggaran, G. A., Deli, A. P., & SG, H. (2023). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kecelakaan Kerja pada Pekerja Konstruksi Proyek The Canary Apartment Serpong Tahun 2022. *Environmental Occupational Health*

and Safety Journal, 4(1), 1–14.
<https://doi.org/10.24853/eohjs.4.1.1-14>

Hardaningrum, F., Wibisono, R. E., & Palupi, D. N. (2024). Analisis Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Pada Pelaksanaan Konstruksi Pembangunan Industri Makanan Di Kabupaten Gresik. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 7(2), 129–133.
<https://doi.org/https://doi.org/10.25139/jprs.v7i2.8769>

Hardiansah, Sukmono, Y., & Saptaningtyas, W. W. E. (2023). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Teknik Industri (JATRI)*, 1(1), 1–9.
<https://doi.org/10.30872/jatri.v1i1.493>

Hariyanto, S., Klara, S., & Evander, S. (2019). Penilaian Risiko Sistem Intalasi Pipa Distribusi Minyak Bumi pada Anjungan Lepas Pantai Menggunakan Metode HAZOP. *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 2(1), 22–27.
<https://doi.org/10.62012/sensistek.v2i1.13081>

Hasheminejad, N., Zare, A., Farahbakhsh, S., Bamir, M., & Zolala, F. (2022). Hazard Identification and Risk Assessment of Occupational Activities in Golgohar Mining Company, Southeast Iran (2021). *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 11(1), 32–40.
<https://doi.org/10.52547/johe.11.1.32>

Herawati, S. D., & Sunardiansyah, Y. A. (2023). Identifikasi Potensi Bahaya Pada Mesin CNC Menggunakan Metode Hazop Dalam Upaya Pengendalian Risiko (Studi Kasus: Cv

Mebel Internasional). *Jurnal Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu*, 1(1), 21–30.

Hibatullah, M. A. F., Priyana, E. D., & Rizqi, A. W. (2024). Analisis Potensi Bahaya Menerapkan Metode JSA dan HIRARC Pada Departemen Civil dan Electrical PT. ABC. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 7(3), 948–956.
<https://doi.org/10.31539/intecom.v7i3.10570>

Hidayat, M. C., & Nuruddin, Moch. (2022). Analisis Identifikasi Bahaya Kecelakaan Kerja Menggunakan Job Safety Analysis (JSA) dengan Pendekatan Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) (Studi Kasus PT. Smelting Plan Refinery). *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 2(4), 557–571.
<https://doi.org/10.30587/justicb.v2i4.4243>

Husaini, F., Suliawati, & Arfah, M. (2023). Analisis Penerapan Program Keselamatan Kerja dalam Usaha Meningkatkan Produktivitas Kerja dengan Pendekatan Fault Tree Analysis. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(2), 168–175.
<https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i2.268>

Husen, Sahuri, & Putra, G. W. (2023). Analisis Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Dengan Metode Inspeksi Kesehatan Lingkungan (IKL) Dinas Kesehatan Tahun 2023. *Jurnal Mutiara Kesehatan Masyarakat*, 8(2), 67–80.
<https://doi.org/10.51544/jmkm.v8i2.4639>

Ikhsan, M. Z. (2022). Identifikasi Bahaya, Risiko Kecelakaan Kerja dan Usulan Perbaikan Menggunakan Metode Job Safety

- Analysis (JSA). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 1(1), 42–52. <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i1.13>
- Iklimaturrizza, M., Intani, A. E., & Prasetyo, S. A. (2024). Analisis Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan Pendekatan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) di PT ABC. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(6), 7881–7891. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/innovative.v4i6.17189>
- Ilmansyah, Y., Mahbubah, N. A., & Widyaningrum, D. (2020). Penerapan Job Safety Analysis Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja Dan Perbaikan Keselamatan Kerja di PT Shell Indonesia. *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 8(1), 15–22. <https://doi.org/10.33373/profis.v8i1.2521>
- Indrawan, S. (2024). Penerapan Metode FMEA untuk Mengidentifikasi Pemborosan: Literatur Review. *Engineering and Technology International Journal*, 6(02), 87–93. <https://doi.org/10.55642/eatij.v6i02.770>
- Ito, A., Hagström, M., Bokrantz, J., Skoogh, A., Nawcki, M., Gandhi, K., Bergsjö, D., & Barring, M. (2022). Improved Root Cause Analysis Supporting Resilient Production Systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 468–478. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.07.015>
- Katiandagho, D., Layuk, S., Rokot, A., Kabuhung, A., Jusran, M., & Suwarja, S. (2024). Impelementasi Potential Hazards Pelayanan Rumah Sakit Dengan Menggunakan Metode Job

- Safety Analysis. *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, 34(1), 142–151.
<https://doi.org/10.34011/jmp2k.v34i1.1879>
- Khoirulloh, A., Nugraha, A. E., & Akbar, M. (2023). Pengukuran Kinerja K3 dalam Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Di PT. Tri Jaya Teknik Karawang. *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, 6(1), 9–16.
<https://doi.org/10.31602/jieom.v6i1.9592>
- Khudhory, F. M., Fathimahhayati, L. D., & Pawitra, T. A. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode HIRARC. *Tekinfo: Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi*, 10(2), 66–75. <https://doi.org/10.31001/tekinfo.v10i2.1329>
- Komalasari, D., & Nasri, S. M. (2023). Penilaian Risiko Kesehatan Terkait Stresor Lingkungan Kerja Faktor Fisika, Kimia dan Biologi pada Petugas Pengambil Contoh di Laboratorium Lingkungan PT X. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(2), 1758–1766. <https://doi.org/10.31004/jkt.v4i2.16048>
- Kristiana, L. R., & Tanuwijaya, A. S. (2018). Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja dan Potensi Bahaya dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Fault Tree Analysis. *Jurnal Telematika*, 60–67.
<https://doi.org/https://doi.org/10.61769/telematika.v0i0.232>
- Kusumastuti, T., Eliza, C. P., Hanifah, A. N., & Choirala, Z. M. (2024). Identifikasi Bahaya dan Metode Identifikasi Bahaya pada Proses Industri dan Manajemen Risiko. *Environment*

Education and Conservation, 1(1), 37–50.
<https://doi.org/10.61511/educ.v1i1.2024.527>

Lestari, D. A., Rizalmi, S. R., & Setiowati, N. O. (2023). Identifikasi Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA) pada Rumah Produksi Tahu. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(4), 1335–1344.
<https://doi.org/10.33379/gtech.v7i4.3074>

Magdalena, S., Mansur, H. M., Kurniasari, D. E., & Miharja, J. (2022). Risk Assessment Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada Pekerjaan Bongkar Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assessment, & Risk Control pada Pelabuhan Ciwandan di Banten. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 4(1), 35–44.
<https://doi.org/10.18196/jqt.v4i1.15882>

Marasabessy, R. S., Hanaulu, A. K., & Latuconsina, M. (2020). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (HAZOP) Pada Proyek Kontruksi Drainase. *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 8(2), 134–142.
<https://doi.org/10.33373/profis.v8i2.2809>

Marsudi, H. H., & Kusnadi. (2024). Analisis Implementasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja di PT Empat Perdana Carton dengan Metode HIRARC. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 9(2), 240–249.
<https://doi.org/10.30998/string.v9i2.25409>

Mawardani, A., & Herbawani, C. K. (2022). Analisa Penerapan HIRADC di Tempat Kerja Sebagai Upaya Pengendalian

- Risiko: A Literature Review. *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(1), 316–322.
<https://doi.org/10.31004/prepotif.v6i1.2941>
- Mayadilani, A. M. (2020). Penggunaan HIRARC dalam Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko pada Pekerjaan Bongkar Muat. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 4(2), 245–255.
[https://doi.org/https://doi.org/10.15294/higeia.v4i2.30908](https://doi.org/10.15294/higeia.v4i2.30908)
- Nur, M. (2018). Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Hazard And Operability Study (HAZOP) Di PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 4(2), 133–138. <https://doi.org/10.24014/jti.v4i2.6627>
- Nur, M., & Ariwibowo, O. (2018). Analisis Kecelakaan Kerja dengan Menggunakan Metode FTA Dan 5s di PT. Jingga Perkasa Printing. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 4(1), 55–63. <https://doi.org/10.24014/jti.v4i1.6038>
- Nur, M., & Gusena, Z. (2019). Analisis Kecelakaan Kerja dengan Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (HAZOP) (Studi Kasus: PT. XYZ). *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 2(2), 30–37.
<https://doi.org/10.31004/jutin.v2i2.480>
- Nur, M., Suherman, & Aulia, Y. P. (2024). Integrasi Metode FMEA dan FTA dalam Strategi Mitigasi Risiko Kecelakaan Kerja (Studi Kasus : PT. Semen Padang). *Jurnal Teknologi*

dan Manajemen Industri Terapan, 3(4), 393–404.
<https://doi.org/10.55826/jtmit.v3i4.483>

Nurcahyadi, F. R., Kurniasih, D., & Disrinama, A. M. (2023). Analisis Kecelakaan Kerja di Perusahaan Jasa Supporting Migas Menggunakan Metode 5 Whys Analysis. *Conference on Safety Engineering and Its Application*, 417–421.

Nurmahmudi, Rifelino, Nabawi, R. A., & Irzal. (2023). Analisis Risiko Keselamatan Kerja di Mesin Bubut Menggunakan Metode HIRARC. *AI-DYAS*, 3(1), 112–122.
<https://doi.org/10.58578/aldyas.v3i1.2428>

Nursabrina, A., Kustono, D., & Al-Irsyad, M. (2021). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja di Laboratorium Nanomaterial Menggunakan Metode HIRA. *Prosiding Seminar Nasional "Sport Health Seminar With Real Action" Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Malang*, 40–47.
<https://doi.org/2797-9784>

Nuryono, A., & Aini, M. N. (2020). Analisis Bahaya dan Resiko Kerja di Industri Pengolahan Teh dengan Metode HIRA atau IBPR. *Journal of Industrial and Engineering System*, 1(1), 65–74. <https://doi.org/10.31599/jies.v1i1.166>

Pical, R. B. (2024, April 25). *Daftar Lengkap Peraturan Perundangan K3 yang Berlaku di Indonesia*. Synergy Solusi.
<https://synergysolusi.com/artikel-qhse/daftar-lengkap-peraturan-perundangan-k3-yang-berlaku-di-indonesia/>

Poleto, T., Silva, M. M., Clemente, T. R. N., de Gusmão, A. P. H., Araújo, A. P. de B., & Costa, A. P. C. S. (2021). A Risk Assessment Framework Proposal Based on Bow-Tie

- Analysis for Medical Image Diagnosis Sharing within Telemedicine. *Sensors*, 21(7), 2426. <https://doi.org/10.3390/s21072426>
- Prasetya, R. Y., Suhermanto, S., & Muryanto, M. (2021). Implementasi FMEA dalam Menganalisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Berdasarkan RPN. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 20(2), 133–138. <https://doi.org/10.20961/performa.20.2.52219>
- Prawira, R., Khairansyah, M. D., & Amrullah, H. N. (2024, November 28). Penerapan Metode FMEA dan FTA pada Analisis Kegagalan Komponen Engine Side Loader. *Conference on Safety Engineering and Its Application*.
- Priana, S. E. (2024). Pengantar Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Dalam M. G. Indrawan (Ed.), *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi* (1 ed., hlm. 1–20). CV. Gita Lentera.
- Prisilia, H., & Purnomo, D. A. (2022). Manajemen Risiko K3 Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk Mengidentifikasi Potensi dan Penyebab Kecelakaan Kerja (Studi Kasus: Tahap II Pembangunan Gedung Laboratorium DLH Banyuwangi). *Tekmapro*, 17(2), 73–84. <https://doi.org/10.33005/tekmapro.v17i2.299>
- Priyanka, V., & Basaria, F. T. (2023). Minimizing Work Risks in Indonesia: A Case Study Analysis of Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control Implementation. *E3S*

Web of Conferences, 426, 01017.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342601017>

- Purwanto, S. I. R., Yunita Nugrahaini Safrudin, & Hadi Susanto. (2024). Perancangan Sistem Pengendalian Risiko Menggunakan Simplified Bowtie Analysis pada Fasilitas FSO Federal II di PT XYZ. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 6(5), 1795–1805. <https://doi.org/10.38035/rrj.v6i5.1044>
- Putri, D., Asril, & Yulianto, B. (2021). Analisis Keselamatan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Risiko Bahaya Lingkungan Fisik dengan Metode “HIRARC” i Rumah Potong Hewan Kota Pekanbaru Tahun 2020. *Media Kesmas (Public Health Media)*, 1(2), 215–224. <https://doi.org/10.25311/kesmas.Vol1.Iss2.50>
- Rahman, M. D. P., Priyana, E. D., & Rizqi, A. W. (2022). Job Safety Analysis (JSA) Sebagai Upaya Pengendalian Resiko Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Fabrication Dd PT. Wilmar Nabati Indonesia. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, 7(2), 98–109. <https://doi.org/10.24967/teksis.v7i2.1947>
- Ramadhan, A. R., & Momon, A. (2022). Tinjauan Keselamatan Kerja dengan Metode Hazard and Operability Study (Hazop) Studi Kasus di UMKM XYZ. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(9), 30–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.6629964>
- Ramadhani, D. A. N., Irwandi, D., & Yunita, L. (2022). Penggunaan Job Safety Analysis dalam Menganalisis Potensi Bahaya pada Praktikum Kimia Organik Sebagai

Upaya Penerapan Keselamatan dan Keamanan Kerja Mahasiswa Pendidikan Kimia. *Jurnal Zarah*, 10(2), 80–90. <https://doi.org/10.31629/zarah.v10i2.4264>

Raza, H. (2023, Mei 17). *Flaws in Hazard Identification and Risk Assessment: Unveiling the Weak Links in Health and Safety Management Systems*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/flaws-hazard-identification-risk-assessment-unveiling-hammad-raza>

Redantan, D. (2023). Mengevaluasi Penyebab Material Shortage dengan Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA) di PT. RMS. *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 11(1), 99–106. <https://doi.org/10.33373/profis.v11i1.5447>

Restuputri, D. P., & Sari, R. P. D. (2015). Analisis Kecelakaan Kerja dengan Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (HAZOP). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 14(1), 24–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.23917/jiti.v14i1.621>

Ririh, K. R. (2021). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC dan Diagram Fishbone pada Lantai Produksi PT DRA Component Persada. *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem dan Industri*, 2(2), 135–152. <https://doi.org/10.35261/gijtsi.v2i2.5658>

Rizal, M., Jufriyanto, Moh., & Rizqi, A. W. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus: Pekerja Project Economizer, Tangki Scrubber dan Draiyer di Bengkel Fabrikasi PT.

Petrokimia Gresik). *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 20(1), 156–165.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24014/sitekin.v20i1.19896>

Sabaraya, I. J., & Prastawa, H. (2024). Analisis dan Usulan Perbaikan Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan FTA (Fault Tree Analysis)(Studi Kasus Di PT. X). *Industrial Engineering Online Journal*, 13(3).

Sabrina, M. R. W., & Widharto, Y. (2019). Analisis Potensi Bahaya dengan Metode Hazard and Operability Study Melalui Perangkingan Risk Assessment Studi Kasus: Divisi Spinning Unit 4 Ring Yarn PT Apac Inti Corpora. *Industrial Engineering Online Journal*, 7(4).

Safrudin, Y. N., & Rahman, T. (2021). Analysis of the Causes of Defect and Proposed Improvements with Fault Tree Analysis Method in the Drawing Process at PT. XYZ. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 8(1), 55–62.
<https://doi.org/10.25124/jrsi.v8i1.476>

Sahani, W., & Sartika. (2024). Identifikasi Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Kecelakaan Akibat Kerja Pada Pemulung di TPA Tamangapa Raya. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 24(1), 120–125. <https://doi.org/10.32382/sulo.v24i1.520>

Sakti, A. S. A., & Nuryanto. (2024). Analysis of Health and Safety in The Production Floor of CV. XYZ Using Job Safety Analysis Method and the Hazard Identification Risk Assesment and

- Risk Control Approach. *E3S Web of Conferences*, 517, 15004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451715004>
- Salami, I. R. S. (2022). *Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja* (3 ed.). Gadjah Mada University Press.
- Salsabila, N. T., Kuntadi, C., & Pramukty, R. (2023). Pengaruh Pengalaman Auditor, Independensi, dan Dukungan Manajemen Terhadap Efektivitas Audit Internal. *JURNAL ECONOMINA*, 2(6), 1438–1450. <https://doi.org/10.55681/economina.v2i6.621>
- Sandrina, P., & Herwanto, D. (2023). Penggunaan metode HAZOP dalam mengidentifikasi potensi bahaya pada gardu induk PT PLN (Persero) UPT Karawang. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(2), 5510–5516. <https://doi.org/https://doi.org/10.32672/jse.v8i2.5836>
- Santana, R., Vianna, S. S. V., & Silva, F. V. (2022). A Novel Approach in Fuzzy Bowtie Analysis Applying Takagi–Sugeno Inference for Risk Assessment in Chemical Industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 80, 104892. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104892>
- Saputra, I. K. D. A., Indrasuari, A. A. I. D., Ardiyanti, N. P., Pelayun, C. G. P., Dewi, N. P. A. R., & Wulandari, N. M. A. (2024). *Teknik Identifikasi Bahaya* (Y. Pratiwi, Ed.; 1 ed.). Cendekia Publisher.
- Sari, K. P., & Arsyad, N. (2020). Standar Pemasangan Rangka Atap Baja Ringan. *Civil Engineering Collaboration*, 5(2), 70–81. <https://doi.org/10.35134/jcivil.v5i2.13>

- Sarie, F., Biomi, A. A., Kusuma, M. A. P. N., Rahim, I. R., Posmaningsih, Sumaningrum, N. D., & Nuryani, E. J. D. D. (2023). *Kepemimpinan dalam K3*. Yayasan Cendikia Mulia Mandiri.
- Setiawan, A. (2023, November 3). *Standar K3 Internasional dan Implementasinya di Indonesia*. Munasprok. <https://munasprok.or.id/standar-k3-internasional/>
- Sheehan, B., Murphy, F., Kia, A. N., & Kiely, R. (2021). A Quantitative Bow-Tie Cyber Risk Classification and Assessment Framework. *Journal of Risk Research*, 24(12), 1619–1638. <https://doi.org/10.1080/13669877.2021.1900337>
- Sidik, J., Andalia, W., & Tamalika, T. (2023). Identifikasi Perawatan Mesin Press Hidrolik dengan Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus di Bengkel Cahaya Ilahi). *Jambura Industrial Review (JIREV)*, 2(2), 57–64. <https://doi.org/10.37905/jirev.v2i2.16629>
- Simanjuntak, I. J., Siagian, R. T., Prasetyo, R., Rozak, N. F., & Purba, H. H. (2022). Manajemen Risiko pada Proyek Konstruksi Jembatan: Kajian Literatur Sistematis. *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 20(1), 59–76. <https://doi.org/10.52330/jtm.v20i1.47>
- Sirat, N. M., & Agung, A. A. G. (2023). *Buku Ajar Ilmu Kesehatan Masyarakat* (Tim MNC Publishing, Ed.; 1 ed.). Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Sobirin, A. S. A., & Faritsy, A. Z. Al. (2023). Analisis Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Hazard And

- Operability Study (HAZOP) Di UD Polos Jaya. *Jurnal ARTI : Aplikasi Rancangan Teknik Industri*, 18(2), 117–124.
<https://doi.org/https://doi.org/10.52072/arti.v18i2.592>
- Sukmadiningtyas, & Fathoni, M. Y. (2024). Analisis Risiko IT untuk Pemanfaatan Tools Genogram pada Health care. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 9(1), 54–61.
<https://doi.org/10.30591/jpit.v9i1.6418>
- Suryaningrum, A., Rudianto, H., Mahmudi, A., & Prasetyo, E. (2024). Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Studi Kasus Pembangunan Office Headquarter Surabaya). *INTER TECH*, 2(1), 18–29. <https://doi.org/10.54732/i.v2i1.1104>
- Susanto, A., Usman, Yuliasari, F. S., Wiryanta, Budi, S. C., Pane, Y., & Prasetio, D. B. (2024). Tinjauan Literatur Sistematis: Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Pengendalian Risiko Pada Operasi Pertambangan. *Jurnal Manajemen Kesehatan Yayasan RS.Dr. Soetomo*, 10(2), 446–460.
<https://doi.org/10.29241/jmk.v10i2.2065>
- Susendi, N., Suparman, A., & Sopyan, I. (2021). Kajian Metode Root Cause Analysis yang Digunakan dalam Manajemen Risiko di Industri Farmasi. *Majalah Farmasetika*, 6(4), 310–321. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i4.35053>
- Sutowijoyo, H., Isramaulana, A., & Mudjanarko, S. W. (2020). Tinjauan Analisis Risiko Keselamatan Proyek Konstruksi Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit di Kalimantan Selatan. *AGREGAT*, 5(2), 449–458.
<https://doi.org/10.30651/ag.v5i2.6585>

- Syaputra, W., Fakhri G, N., Ardian, S. R., & Nugroho, A. J. (2024). Integrasi Metode FMEA Dan FTA dalam Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bengkel Bubut. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 3(1), 47–56. <https://doi.org/10.55826/tmit.v3il.254>
- Syarifuddin, R., Andrie, Ramli, & Sakti R, A. D. (2022). Analisis Kecelakaan Kerja Dalam Upaya Menurunkan Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Di UMKM Kopi 1000 Nurhidayah. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 14(2), 165–176. <https://doi.org/10.22441/oe.2022.v14.i2.053>
- Tinambunan, R. S., & Safrin, F. A. (2023). Implementasi Metode Job Safety Analysis Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja pada Karyawan. *Transekonomika: Akuntansi, Bisnis dan Keuangan*, 3(3), 473–486. <https://doi.org/10.55047/transekonomika.v3i3.414>
- Trismawati, & Nanlohy, H. Y. (2024). *MONOGRAF: Relevansi Dampak Penyakit Akibat Kerja pada Produktivitas Perusahaan* (A. Zaeni, Ed.). Zenius Publisher.
- Trismawati, & Utomo, D. H. M. (2023). *Monograf: Relevansi Implementasi K3, Iklim K3, Budaya K3, Ergonomi dan Lingkungan Kerja terhadap Kinerja Karyawan*. CV. Zenius Publisher.
- Triswandana, E. (2020). Penilaian Risiko K3 dengan Metode HIRARC. *UKaRsT*, 4(1), 96–108. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v4i1.788>

- Uayan, C. J. A., Prasetyo, Y. T., Novendah, I., Ayuwati, I. D., Cahigas, M. M. L., & Nadlifatin, R. (2024). Association of the Factors Affecting Risk Score in HIRADC Form of a Thermal Power Plant. *2024 6th International Conference on Management Science and Industrial Engineering*, 288–295. <https://doi.org/10.1145/3664968.3665006>
- Vijay, A. S. H., & Sankar, S. S. (2023). Hazard and Operability (HAZOP) Study on LNG Skid. *International Journal of Modern Developments in Engineering and Science*, 2(4), 35–39.
- Wahid, A., Munir, M., & Hidayatulloh, A. R. (2020). Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC PT. SPI. *Journal of Industrial View*, 2(2), 45–52. <https://doi.org/10.26905/4880>
- Wahjudi, D., & Cahyadi, A. (2022). Implementasi FMEA untuk Peningkatan Produktifitas di PT. X. *Jurnal Teknik Mesin*, 19(2), 45–50. <https://doi.org/10.9744/jtm.19.2.45-50>
- Wang, R., & Wang, J. (2020). Risk Analysis of Out-drum Mixing Cement Solidification by HAZOP and Risk Matrix. *Annals of Nuclear Energy*, 147, 107679. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2020.107679>
- Wicaksono, A., & Yuamita, F. (2022). Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk Meminimalkan Cacat Kaleng Di PT XYZ. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 1(3), 145–154. <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i111.44>

- Widyastuti, K. W., & Asyari, H. (2024). Gambaran Risiko Bahaya Pada Area Engine Room KM Nggapulu Menggunakan Metode HIRADC dan Root Cause Analysis: Studi Kasus PT XYZ. *ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY JOURNAL*, 5(1), 28–41. <https://doi.org/10.24853/eohjs.5.1.28-41>
- Wijaya, O., & Sugiyana, L. U. T. (2023). OSH Risk Management of Tank Sinking Procedure Using Bow Tie Analysis on The Construction of a Shell Gasoline Station in Surabaya. *Periodicals of Occupational Safety and Health*, 1(2), 49–57. <https://doi.org/10.12928/posh.v1i2.6454>
- Winsky. (2020, April 14). *Belajar Teknik Asesmen Risiko – Analisis Dasi Kupu – Kupu (Bow Tie Analysis – BTA)*. Indonesia Risk Management Professional Association (IRMAPA). <https://irmapa.org/belajar-teknik-asesmen-risiko-analisis-dasi-kupu-kupu-bow-tie-analysis-bta/>
- Wirawan, E., & Minto. (2021). Penerapan Metode PDCA dan 5 Why Analysis pada WTP Section di PT Kebun Tebu Mas. *Jurnal Penelitian Bidang Inovasi & Pengelolaan Industri*, 1(01), 1–10. <https://doi.org/10.33752/invantri.v1i01.1825>
- Wiryawan, M. R., & Mahbubah, N. A. (2024). Evaluasi Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proyek Instalasi PIPANISASI di PT EFE Berbasis Metode JSA dan HIRARC. *SIGMA TEKNIKA*, 7(1), 28–45. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v7i1.6359>
- Wu, X., Huang, H., Xie, J., Lu, M., Wang, S., Li, W., Huang, Y., Yu, W., & Sun, X. (2023). A Novel Dynamic Risk Assessment

Method for The Petrochemical Industry Using Bow-Tie Analysis and Bayesian Network Analysis Method Based on The Methodological Framework of Aramis Project. *Reliability Engineering & System Safety*, 237, 109397. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109397>

Yap, J. B. H., & Lee, W. K. (2020). Analysing The Underlying Factors Affecting Safety Performance In Building Construction. *Production Planning & Control*, 31(13), 1061–1076. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1695292>

Yasmie, M. R., RianZeva, R., & Amrullah, E. (2024). Implementasi Metode HIRA dan HAZOP untuk Meminimalisir Potensi Bahaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Industri Furnitur. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 19(1), 14–25. <https://doi.org/10.14710/jati.19.1.14-25>

Yolanda, M., Ekawati, Y., & Noya, S. (2023). Penerapan Metode Fault Tree Analysis untuk Mencegah Kegagalan pada Departemen Interior di PT X. *Jurnal Sains dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*, 3(1), 49–58. <https://doi.org/10.33479/jtiumc.v3i1.49>

Yonas, A. R. (2023, Mei 31). *Root Cause Analysis (RCA): Pengertian, Manfaat, & Langkahnya*. ruangkerja. <https://www.ruangkerja.id/blog/mengenal-root-cause-analysis>

Yusabiran, Rumambi, F. J., & Wirdana, I. K. (2020). Evaluasi Kesiapsiagaan Batan Menghadapi Kegagalan Teknologi Nuklir Melalui Penerapan Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) 18001. *JURNAL SAINS*

TEKNOLOGI & LINGKUNGAN, 6(1), 10–21.
<https://doi.org/10.29303/jstl.v6i1.139>

Zani, F. R., & Supriyanto, H. (2021). Analisis Perbaikan Proses Pengemasan Menggunakan Metode Root Cause Analysis dan Failure Mode and Effect Analysis dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk pada CV. XYZ. Dalam F. R. Widiatmoko, D. Kusumaningrum, H. C. Suroso, N. P. U. Putra, S. Agustini, & B. Oktafiana (Ed.), *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IX (SNTEKPAN IX)* (hlm. 140–146). LPPM-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS).

Zhang, J., Fu, J., Hao, H., Fu, G., Nie, F., & Zhang, W. (2020). Root causes of coal mine accidents: Characteristics of safety culture deficiencies based on accident statistics. *Process Safety and Environmental Protection*, 136, 78–91.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.01.024>

*****TS*****

LAMPIRAN BEBERAPA STUDI KASUS SESUAI METODE MANAJEMEN RISIKO K3

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
I. JSA Job Safety Analysis	Kecelakaan saat pekerjaan panjat di pabrik baja	Di sebuah pabrik baja, seorang pekerja mengalami cedera akibat jatuh saat melakukan pemeliharaan di ketinggian.	1. Apakah pekerja menggunakan APD dengan benar? 2. Apakah ada SOP yang tidak dipatuhi? 3. Apakah kondisi tempat kerja sudah memenuhi standar keselamatan? 4. Bagaimana langkah JSA untuk	1. Latar Belakang Kasus Seorang pekerja mengalami kecelakaan saat melakukan pekerjaan panjat untuk pemasangan sistem ventilasi di area produksi pabrik baja. Kecelakaan terjadi ketika pekerja kehilangan keseimbangan saat berada di ketinggian 10 meter, menyebabkan ia terjatuh dan mengalami cedera serius. 2. Identifikasi Bahaya dalam Pekerjaan Panjat Pekerjaan panjat di pabrik baja memiliki risiko tinggi, dengan beberapa potensi bahaya yang perlu diidentifikasi, antara lain: • Terjatuh dari ketinggian akibat tidak menggunakan atau kesalahan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). • Struktur tempat berpijak tidak stabil, seperti tangga atau <i>scaffolding</i> yang kurang aman. • Kesalahan prosedur kerja, seperti tidak adanya pemeriksaan alat sebelum digunakan. • Kelelahan pekerja, yang dapat memengaruhi konsentrasi dan keseimbangan.

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS												
		penggunaan tangga lipat, namun pekerja kehilangan keseimbangan dan terjatuh dari ketinggian 3 meter	mencegah kejadian serupa?	Kurangnya pengawasan, sehingga pelanggaran prosedur keselamatan tidak terdeteksi. 3. Penerapan Job Safety Analysis (JSA) JSA digunakan untuk menganalisis pekerjaan secara sistematis dengan membagi pekerjaan ke dalam tahapan-tahapan dan mengidentifikasi potensi risiko di setiap langkahnya. Berikut adalah langkah-langkah analisis menggunakan JSA: <table><tr><th>Tahap Pekerjaan</th><th>Potensi Bahaya</th><th>Tindakan Pencegahan</th></tr><tr><td>1. Persiapan alat dan APD</td><td>Kesalahan pemakaian APD atau tidak memakai sama sekali</td><td>Pemeriksaan APD sebelum bekerja, wajib memakai <i>full body harness</i></td></tr><tr><td>2. Pemasangan scaffolding / tangga</td><td>Struktur tidak stabil, pemasangan tidak sesuai standar</td><td><i>Scaffolding</i> diperiksa sebelum digunakan, hanya pekerja bersertifikat yang boleh memasang</td></tr><tr><td>3. Memanjat ke posisi kerja</td><td>Kehilangan keseimbangan akibat gerakan mendadak atau</td><td>Pekerja harus terkunci ke titik jangkar dengan <i>lanyard double hook</i></td></tr></table>	Tahap Pekerjaan	Potensi Bahaya	Tindakan Pencegahan	1. Persiapan alat dan APD	Kesalahan pemakaian APD atau tidak memakai sama sekali	Pemeriksaan APD sebelum bekerja, wajib memakai <i>full body harness</i>	2. Pemasangan scaffolding / tangga	Struktur tidak stabil, pemasangan tidak sesuai standar	<i>Scaffolding</i> diperiksa sebelum digunakan, hanya pekerja bersertifikat yang boleh memasang	3. Memanjat ke posisi kerja	Kehilangan keseimbangan akibat gerakan mendadak atau	Pekerja harus terkunci ke titik jangkar dengan <i>lanyard double hook</i>
Tahap Pekerjaan	Potensi Bahaya	Tindakan Pencegahan														
1. Persiapan alat dan APD	Kesalahan pemakaian APD atau tidak memakai sama sekali	Pemeriksaan APD sebelum bekerja, wajib memakai <i>full body harness</i>														
2. Pemasangan scaffolding / tangga	Struktur tidak stabil, pemasangan tidak sesuai standar	<i>Scaffolding</i> diperiksa sebelum digunakan, hanya pekerja bersertifikat yang boleh memasang														
3. Memanjat ke posisi kerja	Kehilangan keseimbangan akibat gerakan mendadak atau	Pekerja harus terkunci ke titik jangkar dengan <i>lanyard double hook</i>														

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS		
					pegangan tidak kuat	
				4. Pemasangan ventilasi	Alat terjatuh mengenai pekerja lain di bawah	Area kerja harus dikosongkan dari pekerja lain, gunakan <i>safety net</i>
				5. Turun ke bawah setelah pekerjaan selesai	Pekerja turun tergesa-gesa tanpa mengamankan peralatan	Pastikan alat kerja dikembalikan dengan aman sebelum turun
4. Kesimpulan dan Rekomendasi Dari analisis JSA, ditemukan bahwa kecelakaan disebabkan oleh kelalaian dalam penggunaan APD serta kurangnya pengawasan dalam penerapan prosedur keselamatan kerja. Rekomendasi untuk mencegah kecelakaan serupa di masa depan meliputi: 1. Pelatihan Keselamatan Kerja – Pekerja harus dilatih mengenai prosedur kerja di ketinggian dan penggunaan APD yang benar. 2. Penerapan Sistem Pengawasan Ketat – <i>Supervisor</i> harus memastikan pekerja menggunakan APD dengan benar sebelum memulai pekerjaan. 3. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Alat – Tangga dan <i>scaffolding</i> harus diperiksa secara berkala oleh tim K3.						

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				4. Evaluasi JSA Secara Berkala – <i>Job Safety Analysis</i> harus diperbarui sesuai dengan kondisi lapangan agar tetap relevan. Dengan penerapan JSA yang ketat dan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, kecelakaan kerja saat pekerjaan panjat dapat diminimalkan, menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan produktif di pabrik baja
	Cedera pekerja akibat alat berat di proyek jalan tol	Seorang pekerja proyek mengalami patah tulang akibat tertabrak ekskavator yang sedang mundur. Operator	1. Apakah ada prosedur standar untuk komunikasi antara operator dan pekerja di sekitar alat berat? 2. Apakah area kerja sudah memiliki zona aman yang	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		alat berat mengaku tidak melihat pekerja di belakangnya karena <i>blind spot</i> , sementara pekerja tidak mengenakan rompi reflektif.	jelas? 3. Bagaimana JSA dapat digunakan untuk mengidentifikasi kasi dan mengurangi risiko kecelakaan ini?	
	Kecelakaan saat pengecoran beton di proyek gedung	Seorang pekerja mengalami luka serius setelah tertimpa	1. Bagaimana JSA dapat membantu mengidentifikasi kasi potensi bahaya dalam	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		ember beton yang jatuh dari lantai 5 saat proses pengecoran. Investigasi awal menunjukan bahwa tali pengaman ember tidak terpasang dengan benar, dan pekerja di	aktivitas pengecoran? 2. Apa langkah-langkah pengendalian yang seharusnya diterapkan untuk mencegah kecelakaan ini? 3. Bagaimana memastikan komunikasi yang efektif antara pekerja di lantai atas dan bawah?	

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		bawahnya tidak diberi peringatan saat pengeco- ran berlang- sung.		
II. HIRACS	Ledakan akibat kebocoran gas di kilang minyak	Di sebuah kilang minyak, terjadi ledakan akibat kebocoran gas	1. Faktor bahaya apa yang terlibat dalam kejadian ini? 2. Bagaimana cara menilai tingkat risiko sebelum insiden terjadi? 3. Apa strategi	1. Latar Belakang Kasus Pada sebuah kilang minyak, terjadi ledakan besar akibat kebocoran gas yang tidak terdeteksi dalam waktu yang cukup lama. Insiden ini menyebabkan kebakaran besar, mengakibatkan beberapa pekerja mengalami luka bakar, serta menghancurkan sebagian fasilitas produksi. Investigasi awal menunjukkan bahwa kebocoran disebabkan oleh korosi pada pipa yang membawa bahan bakar gas, serta kurangnya sistem peringatan dini yang efektif. Untuk menganalisis kecelakaan ini secara sistematis, digunakan metode HIRARC (<i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control</i>) yang mencakup identifikasi bahaya, penilaian

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		distribusi utama. Meskipun inspeksi dilakukan secara berkala, kebocoran tidak terdeteksi hingga akhirnya terjadi akumulasi gas yang memicu ledakan.	pengendalian yang bisa diterapkan untuk mencegah kebocoran gas?	risiko, dan pengendalian risiko. 2. Penerapan HIRARC dalam Investigasi Ledakan Kilang Minyak HIRARC digunakan untuk mengidentifikasi bahaya potensial, menilai tingkat risikonya, dan menentukan langkah pengendalian agar insiden serupa tidak terulang kembali. Berikut tahapan analisisnya: 2.1. Identifikasi Bahaya (<i>Hazard Identification</i>) Pada proses ini, berbagai potensi bahaya dalam operasional kilang minyak diidentifikasi, antara lain: • Kebocoran gas akibat pipa yang mengalami korosi • Sistem deteksi gas yang tidak berfungsi dengan baik • Percikan api dari peralatan listrik atau aktivitas pengelasan • Kurangnya ventilasi yang dapat mempercepat akumulasi gas mudah terbakar • Kurangnya kesadaran pekerja terhadap tanda-tanda kebocoran gas • Tidak adanya prosedur evakuasi dan tanggap darurat yang jelas 2.2. Penilaian Risiko (<i>Risk Assessment</i>) Setelah bahaya diidentifikasi, dilakukan penilaian risiko berdasarkan

METODE		TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS					
					kemungkinan (<i>likelihood</i>) dan dampaknya (<i>consequence</i>). Berikut adalah tabel penilaian risiko dengan metode HIRARC:					
No	Sumber Bahaya	Dampak	Kemungkinan (L)	Dampak (C)	Tingkat Risiko (L x C)	Kategori Risiko				
1	Kebocoran gas akibat pipa korosi	Ledakan besar, korban jiwa, kerusakan fasilitas	4 (Sering)	5 (Bencana)	20	Ekstrem				
2	Percikan api dari listrik atau pengelasan	Memicu kebakaran dan ledakan	3 (Kadang)	5 (Bencana)	15	Tinggi				
3	Sistem deteksi	Tidak ada peringatan	4 (Sering)	4 (Kritis)	16	Tinggi				

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS						
				gas tidak berfungsi	tan dini sebelum ledakan					
				Kurang-nya ventilasi di area penyimpanan gas	Konsentrasi gas meningkat cepat	3 (Kadang	4 (Kritis)	12		Sedang
				5 Kurang-nya pelatihan pekerja terkait tanda-tanda kebocoran	Pekerja tidak menyadari bahaya sebelum terlambat	3 (Kadang)	3 (Signifikan)	9		Sedang

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS						
				Tingkat risiko dinilai berdasarkan skala: • Ekstrim (16-25): Perlu tindakan segera, aktivitas harus dihentikan sampai risiko dikendalikan. • Tinggi (10-15): Harus dikendalikan sebelum pekerjaan dilanjutkan. • Sedang (5-9): Pengendalian risiko harus diterapkan sebelum terjadi kecelakaan. • Rendah (1-4): Dapat diterima, tetapi harus dipantau. Dari analisis di atas, terlihat bahwa kebocoran gas akibat korosi pipa merupakan risiko ekstrim, yang membutuhkan tindakan segera sebelum aktivitas kilang dapat dilanjutkan. 2.3. Pengendalian Risiko (<i>Risk Control</i>) Setelah risiko dinilai, langkah-langkah pengendalian diterapkan berdasarkan hierarki pengendalian bahaya: <table><tr><th>Metode Pengendalian</th><th>Tindakan Pencegahan</th></tr><tr><td>Eliminasi</td><td>Mengganti pipa yang sudah tua dan berisiko mengalami korosi</td></tr><tr><td>Substitusi</td><td>Menggunakan material pipa yang lebih tahan</td></tr></table>	Metode Pengendalian	Tindakan Pencegahan	Eliminasi	Mengganti pipa yang sudah tua dan berisiko mengalami korosi	Substitusi	Menggunakan material pipa yang lebih tahan
Metode Pengendalian	Tindakan Pencegahan									
Eliminasi	Mengganti pipa yang sudah tua dan berisiko mengalami korosi									
Substitusi	Menggunakan material pipa yang lebih tahan									

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS	
					terhadap korosi
				Rekayasa Teknis	1) Memasang sensor deteksi gas yang lebih sensitif dan otomatis 2) Memperbaiki sistem ventilasi agar gas mudah dibawa keluar
				Administratif	a. Meningkatkan inspeksi berkala terhadap pipa dan katup b. Mewajibkan pelatihan tanggap darurat bagi seluruh pekerja
				Alat Pelindung Diri (APD)	a. Mewajibkan pekerja menggunakan alat deteksi gas pribadi b. Memakai pakaian anti-api saat bekerja di area berisiko tinggi
3. Kesimpulan dan Rekomendasi Dari analisis menggunakan HIRARC, ditemukan bahwa penyebab utama kecelakaan ini adalah kurangnya inspeksi pipa, sistem deteksi gas yang tidak berfungsi, dan kurangnya pelatihan keselamatan bagi pekerja. Untuk mencegah kejadian serupa, langkah-langkah berikut harus diterapkan:					

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				1. Melakukan inspeksi rutin dan pemeliharaan pipa serta katup gas untuk mendeteksi kebocoran sebelum terjadi insiden. 2. Mengganti sensor deteksi gas dengan sistem otomatis yang dapat mematikan aliran gas jika mendeteksi kebocoran. 3. Memperbaiki sistem ventilasi agar gas tidak terakumulasi dalam konsentrasi berbahaya. 4. Mewajibkan pelatihan keselamatan kerja bagi seluruh pekerja, terutama dalam mengenali tanda-tanda kebocoran gas. 5. Menerapkan sistem tanggap darurat yang jelas, termasuk prosedur evakuasi dan jalur keluar yang aman. 6. Memastikan pekerja memakai alat deteksi gas pribadi dan pakaian pelindung tahan api saat bekerja di area berisiko tinggi. Dengan menerapkan pendekatan HIRARC, kilang minyak dapat mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan bahaya secara efektif sehingga risiko kecelakaan akibat kebocoran gas dapat diminimalkan
	Paparan debu silika di Pabrik	Pekerja di pabrik semen	1. Bagaimana cara menilai risiko kesehatan	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
	Semen	mengalami gangguan pernapasan akibat paparan debu silika dalam jangka panjang. Meskipun perusahaan sudah menyediakan masker, banyak pekerja yang mengeluh	akibat paparan debu silika? 2. Apa langkah pengendalian yang bisa diterapkan untuk mengurangi paparan? 3. Bagaimana memastikan pekerja menggunakan APD dengan disiplin?	

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		bahwa masker tidak nyaman digunakan sehingga sering dilepas.		
	Paparan gas beracun di pem- bangunan tero- wongan	Beberapa pekerja mengalami pusing dan mual setelah bekerja dalam tero- wongan bawah tanah yang	1. Bagaimana cara melakukan identifikasi dan penilaian risiko terhadap paparan gas beracun? 2. Apa langkah pengendalian yang paling efektif untuk	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		baru digali. Setelah dilakukan pengukuran, ditemukan kadar gas karbon monoksida (CO) yang melebihi ambang batas	mengurangi risiko paparan CO? 3. Bagaimana cara memastikan pekerja bekerja dalam kondisi yang aman di lingkungan tertutup?	
III. HAZOP	Kesalahan operasional di pabrik kimia	Di sebuah pabrik kimia, terjadi pencampuran	1. Bagaimana metode HAZOP dapat mengidentifikasi potensi deviasi dalam sistem	1. Latar Belakang Kasus Sebuah pabrik kimia yang memproduksi bahan pelarut mengalami insiden tumpahan bahan kimia beracun akibat kesalahan operasional dalam sistem pencampuran bahan baku. Insiden ini menyebabkan paparan zat beracun kepada pekerja dan risiko pencemaran lingkungan. Untuk menganalisis penyebab dan mencegah kejadian serupa, metode <i>Hazard and Operability</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS										
		bahan kimia yang menghasilkan reaksi berbahaya. Operator secara tidak sengaja membuka katup bahan kimia yang salah, menyebabkan pelepasan gas beracun ke lingkungan	operasional? 2. Apa dampak dari kesalahan parameter seperti tekanan dan suhu terhadap keselamatan kerja? 3. Bagaimana memastikan operator tidak salah mengoperasikan alat?	Study (HAZOP) diterapkan. 2. Identifikasi Sistem dan Parameter Proses Sistem yang dianalisis dalam pabrik ini melibatkan reaktor pencampuran bahan kimia yang dikendalikan secara otomatis. Parameter utama yang dianalisis dalam HAZOP meliputi: • Aliran bahan baku (terlalu banyak, terlalu sedikit, tidak ada aliran) • Tekanan dalam tangki (terlalu tinggi, terlalu rendah) • Suhu reaktor (terlalu panas, terlalu dingin) • Konsentrasi zat kimia (berlebihan, kurang, tidak sesuai spesifikasi) 3. Penerapan HAZOP pada Kasus Ini Tim HAZOP yang terdiri dari insinyur proses, operator pabrik, dan ahli keselamatan melakukan analisis dengan mengidentifikasi penyimpangan dalam parameter proses yang berpotensi menyebabkan kecelakaan. Berikut adalah beberapa skenario penyimpangan dan dampaknya: <table> <tr> <th>Parameter</th><th>Penyimpangan</th><th>Penyebab Potensial</th><th>Konsekuensi</th><th>Tindakan Pencegahan</th></tr> <tr> <td>Aliran bahan</td><td>Berlebih</td><td>Kesalahan katup</td><td>Reaksi berlebihan,</td><td>Kalibrasi sensor dan</td></tr> </table>	Parameter	Penyimpangan	Penyebab Potensial	Konsekuensi	Tindakan Pencegahan	Aliran bahan	Berlebih	Kesalahan katup	Reaksi berlebihan,	Kalibrasi sensor dan
Parameter	Penyimpangan	Penyebab Potensial	Konsekuensi	Tindakan Pencegahan										
Aliran bahan	Berlebih	Kesalahan katup	Reaksi berlebihan,	Kalibrasi sensor dan										

ANALISIS LOGIS				
METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	
		.		

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				2) Kegagalan sistem otomatis dalam mendeteksi perubahan aliran. 3) Kurangnya pemeliharaan preventif pada katup dan sensor tekanan. 4) Tidak adanya prosedur darurat yang efektif dalam menangani penyimpangan parameter. 3.2 Tindakan Perbaikan dan Pencegahan Berdasarkan hasil analisis HAZOP, berikut adalah beberapa tindakan perbaikan yang direkomendasikan untuk mencegah insiden serupa: • Peningkatan sistem deteksi dan alarm untuk memastikan perubahan parameter dapat terdeteksi lebih cepat. • Pelatihan ulang bagi operator untuk meningkatkan pemahaman terhadap prosedur operasi normal dan darurat. • Peningkatan jadwal pemeliharaan preventif terhadap katup, sensor, dan sistem pendingin. • Implementasi <i>interlock system</i> yang otomatis menghentikan proses jika terjadi penyimpangan ekstrem. 4. Kesimpulan Metode HAZOP memungkinkan analisis mendalam terhadap penyimpangan dalam proses operasional yang berpotensi menyebabkan kecelakaan.

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				Dengan identifikasi sistematis terhadap potensi bahaya dan penerapan tindakan mitigasi, pabrik kimia dapat meningkatkan keselamatan kerja dan mencegah terulangnya insiden serupa di masa depan. Dengan komitmen terhadap keselamatan dan kepatuhan terhadap prosedur, risiko kecelakaan dalam industri kimia dapat diminimalkan secara signifikan.
	Overpressure pada tangki penyimpanan gas LPG	Sebuah tangki penyimpanan LPG mengalami <i>overpressure</i> dan hampir meledak karena sistem ventilasi yang tidak berfungsi.	1. Bagaimana HAZOP dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan sistem? 2. Parameter operasional apa saja yang harus diawasi untuk mencegah <i>overpressure</i>? 3. Apa prosedur	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		Operator sempat panik dan tidak mengetahui cara menangani situasi ini karena pelatihan yang tidak memadai	darurat yang seharusnya diterapkan?	
	Kegagalan sistem pendingin di pabrik kimia	Di sebuah pabrik kimia, sistem pendingin pada reaktor mengalami	1. Bagaimana HAZOP dapat membantu mengidentifikasi potensi kegagalan sistem pendingin? 2. Parameter	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		kegagalan, menyebabkan peningkatkan suhu yang hampir mengarah ke ledakan. Operator baru menyadari masalah setelah alarm berbunyi, tetapi langkah mitigasi	kritis apa yang harus diawasi untuk mencegah <i>overheating</i> pada reaktor? 3. Bagaimana meningkatkan prosedur pemantauan dan respons darurat?	

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		yang diambil terlambat		
IV. FMEA	Kegagalan sistem rem pada alat berat di tambang	Di tambang batu bara, terjadi kecelakaan akibat kegagalan sistem rem pada <i>dump truck</i> yang sedang membawa muatan berat di jalan menurun.	1. Apa mode kegagalan yang mungkin terjadi pada sistem rem? 2. Bagaimana FMEA dapat membantu dalam mengidentifikasi kasi dan mencegah kegagalan komponen kritis? 3. Faktor apa saja yang perlu dianalisis untuk	Berikut adalah analisis logis kegagalan sistem rem pada alat berat di tambang menggunakan metode <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>: 1. Identifikasi Sistem dan Komponen yang Dianalisis Sistem yang dianalisis adalah sistem rem pada alat berat yang digunakan di tambang, seperti <i>dump truck, excavator, dan bulldozer</i>. Komponen utama sistem rem meliputi: • <i>Master cylinder</i> • <i>Brake pads/shoes</i> • <i>Hydraulic lines</i> • <i>Brake fluid</i> • <i>Brake drum/disc</i> • <i>Electronic control system</i> (jika ada <i>ABS/automated braking system</i>) 2. Identifikasi Mode Kegagalan (<i>Failure Modes</i>) Beberapa mode kegagalan utama dalam sistem rem alat berat di tambang

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		Sopir kehilangan kendali sehingga kendaraan terguling dan menyebabkan korban luka-luka.	meningkatkan keandalan sistem rem?	meliputi: a. Rem tidak berfungsi sama sekali → Operator tidak dapat menghentikan alat berat. b. Rem berfungsi sebagian (kurang daya pengereman) → Memperpanjang jarak pengereman. c. Rem terkunci (<i>seized brake</i>) → Alat berat berhenti mendadak dan berisiko terbalik. d. Kebocoran minyak rem → Mengurangi efektivitas sistem hidrolik. e. <i>Overheating</i> pada rem → Mengurangi daya cengkram dan meningkatkan risiko kecelakaan. 3. Penilaian Risiko (<i>Severity, Occurrence, Detection</i>) Tiga faktor utama dalam FMEA: • <i>Severity (S)</i>: Seberapa parah akibat dari kegagalan sistem rem. • <i>Occurrence (O)</i>: Seberapa sering kegagalan ini terjadi. • <i>Detection (D)</i>: Seberapa mudah kegagalan dapat dideteksi sebelum terjadi kecelakaan. Tabel contoh analisis FMEA untuk sistem rem alat berat:

ANALISIS LOGIS											
METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	No	Mode Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN (S × O × D)	Tindakan Pencegahan
				1	Rem tidak berfungsi	Alat berat gagal berhenti, risiko tabrakan tinggi	10	4	3	120	Inspeksi rutin, pemantauan tekanan minyak rem
				2	Rem kurang pakem	Jarak pengereman lebih panjang, risiko terguling	8	5	4	160	Penggantian kampas rem berkala
				3	Overheating	Rem kehilangan daya cengkeram	7	6	5	210	Sistem pendingin rem, istirahat setelah pemakaian

ANALISIS LOGIS											
METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN								
				4	Kebocoran minyak rem	Hidrolik gagal bekerja	9	4	2	72	Pemeriksaan rutin selang hidrolik
				5	Rem terkunci	Alat berat berhenti tiba-tiba	7	3	6	126	Perawatan rem otomatis, pengecekan aktuator
<i>Note: RPN (Risk Priority Number) dihitung dengan rumus S x O x D, semakin tinggi RPN, semakin prioritas untuk diperbaiki.</i>											
4. Tindakan Mitigasi dan Pencegahan Berdasarkan hasil FMEA, beberapa langkah mitigasi yang direkomendasikan: 1. Pemeriksaan harian rem oleh operator sebelum alat berat dioperasikan. 2. Inspeksi berkala oleh teknisi tambang untuk memastikan tidak ada kebocoran minyak rem. 3. Penggunaan sistem pendingin rem pada alat berat yang bekerja di medan ekstrem.											

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				4. Pemantauan suhu rem dan peringatan dini pada sistem ABS. 5. Pelatihan operator tentang gejala awal kegagalan sistem rem dan langkah darurat. 6. Penggantian kampas rem secara berkala sebelum mencapai batas keausan. 5. Kesimpulan Metode FMEA membantu mengidentifikasi kegagalan potensial dalam sistem rem alat berat, mengevaluasi risikonya, dan menentukan langkah mitigasi yang efektif. Dengan penerapan FMEA secara berkala, risiko kecelakaan akibat kegagalan rem di lingkungan tambang dapat diminimalkan, sehingga meningkatkan keselamatan kerja dan produktivitas operasional.
	Kerusakan conveyor belt di pabrik Otomotif	Sebuah conveyor belt di pabrik otomotif tiba-tiba	1. Bagaimana FMEA dapat membantu mengidentifikasi kasi mode kegagalan	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		berhenti, menyebabkan produksi tertunda hingga 6 jam. Setelah diperiksa, ditemukan bahwa motor penggerak mengalami keausan dan tidak diganti tepat waktu karena	pada sistem <i>conveyor</i> ? 2. Komponen mana yang memiliki risiko kegagalan tertinggi? 3. Bagaimana meningkatkan keandalan sistem agar kejadian serupa tidak terulang?	

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		tidak terdeteksi dalam inspeksi rutin.		
	Kegagalan sistem rem truk tambang	Sebuah truk tambang mengalami kegagalan sistem rem saat menuruni jalan curam, menyebabkan kecelakaan fatal. Setelah	1. Bagaimana FMEA dapat digunakan untuk menganalisis mode kegagalan pada sistem rem? 2. Apa langkah-langkah yang bisa dilakukan untuk meningkatkan keandalan	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		investigasi, ditemukan bahwa rem mengalami <i>overheating</i> karena pemakaian yang berlebihan dan kurangnya perawatan berkala.	sistem rem? 3. Bagaimana menerapkan program inspeksi dan pemeliharaan yang lebih efektif?	
V. FTA	Pemadaman listrik di pabrik manufaktur	Di sebuah pabrik manufaktur, terjadi	1. Bagaimana FTA dapat digunakan untuk mencari penyebab	1. Identifikasi Masalah (<i>Top Event</i>) <i>Top event</i> dalam analisis ini adalah "Terjadi Pemadaman Listrik di Pabrik Manufaktur" yang dapat menyebabkan gangguan produksi, kerusakan mesin, atau bahkan kecelakaan kerja.

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
	tur	pemadaman listrik total yang menyebabkan seluruh lini produksi berhenti. Setelah investigasi awal, ditemukan bahwa pemadaman disebabkan oleh gangguan sistem kelistrikan,	utama pemadaman listrik? 2. Apa saja faktor penyebab yang mungkin berkontribusi terhadap kegagalan sistem kelistrikan? 3. Apa solusi jangka panjang untuk mencegah insiden serupa?	2. Identifikasi Penyebab Langsung dan Tidak Langsung Menggunakan <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i>, penyebab pemadaman listrik dianalisis secara hierarkis dengan menggunakan logika AND dan OR. a. Penyebab langsung (<i>immediate causes</i>) dari pemadaman listrik: 1) Gangguan pada sumber listrik utama 2) Kegagalan sistem kelistrikan internal pabrik 3) Gangguan akibat faktor eksternal (bencana alam, kecelakaan, dll.) b. Penyebab lebih rinci dari setiap penyebab langsung: 1) Gangguan pada sumber listrik utama ▪ Pemadaman dari PLN ▪ <i>Overload</i> jaringan listrik ▪ Kerusakan pada gardu induk 2) Kegagalan sistem kelistrikan internal pabrik ▪ Kerusakan panel listrik utama ▪ Gangguan pada generator cadangan ▪ Korsleting pada kabel atau komponen listrik 3) Gangguan eksternal ▪ Sambaran petir ▪ Kecelakaan yang merusak infrastruktur listrik

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				4. Analisis Risiko dan Pencegahan Berdasarkan pohon kesalahan di atas, tindakan pencegahan dapat diterapkan pada setiap cabang penyebab: a. Mengatasi Gangguan dari PLN - o Menggunakan UPS (Uninterruptible Power Supply) untuk daya cadangan sementara. - o Menjalin komunikasi dengan penyedia listrik (PLN) untuk mengetahui pemadaman terjadwal. - o Memasang detektor beban listrik untuk mencegah <i>overload</i>. b. Mencegah Gangguan Sistem Internal - o Melakukan pemeliharaan berkala pada panel listrik, generator, dan kabel listrik. - o Menggunakan sistem redundansi (dua generator cadangan atau lebih). - o Menggunakan pelindung petir untuk menghindari kerusakan akibat sambaran petir. c. Mengatasi Gangguan Eksternal - o Membuat sistem pelindung infrastruktur terhadap banjir atau

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				kecelakaan eksternal. - o Melakukan inspeksi rutin terhadap instalasi listrik di area terbuka. - o Menggunakan sensor deteksi kegagalan listrik agar perbaikan bisa dilakukan segera. 5. Kesimpulan Metode Fault Tree Analysis (FTA) membantu mengidentifikasi berbagai penyebab pemadaman listrik secara sistematis, mulai dari penyebab langsung hingga akar masalahnya. Dengan memahami hubungan sebab-akibat, perusahaan dapat menerapkan langkah-langkah pencegahan dan mitigasi risiko untuk mengurangi dampak pemadaman listrik di pabrik manufaktur.
	Kegagalan sistem hidrolik pada crane di Pelabuhan	Sebuah crane di pelabuhan tiba-tiba tidak dapat mengang-	1. Bagaimana FTA dapat membantu menemukan akar penyebab kegagalan sistem	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		kat kontainer, menyebab kan keterlam- batan bongkar muat. Setelah pemerik- saan, ditemukan bahwa sistem hidrolik mengalami kegagalan, tetapi penyebab pastinya	hidrolik? 2. Apa saja faktor penyebab yang mungkin berkontribusi terhadap kegagalan ini? 3. Bagaimana cara meningkatkan keandalan sistem <i>crane</i>?	

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		masih belum jelas		
	Kebocoran tangki penyimpanan bahan bakar di kilang minyak	Sebuah tangki penyimpanan bahan bakar mengalami kebocoran besar, menyebabkan pencemaran lingkungan dan risiko kebakaran. Setelah dilakukan	1. Bagaimana FTA dapat membantu mengidentifikasi kasi akar penyebab utama dari kebocoran ini? 2. Apa saja skenario kegagalan yang mungkin terjadi dan bagaimana mencegahnya? 3. Bagaimana cara	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		investigasi, ditemukan beberapa kemungkinan penyebab, termasuk korosi tangki, kesalahan prosedur pengisian bahan bakar, dan kegagalan katup pengaman.	meningkatkan inspeksi dan pemeliharaan sistem tangki penyimpanan?	

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
VI. RCA	Kecelakaan kerja fatal di proyek konstruksi	Seorang pekerja tewas akibat tertimpa material beton yang jatuh dari lantai 10 saat proses pengecoran di proyek konstruksi. Tim investigasi awal menemukan bahwa	1. Bagaimana teknik RCA dapat mengungkap akar penyebab kecelakaan?	1. Identifikasi Insiden (<i>Top Event</i>) Sebuah kecelakaan kerja fatal terjadi di proyek konstruksi, di mana seorang pekerja jatuh dari ketinggian 10 meter saat melakukan pemasangan rangka baja di lantai atas gedung. Pekerja mengalami cedera serius yang menyebabkan kematian di tempat kejadian.
			2. Apakah ada kegagalan sistemik dalam manajemen keselamatan proyek?	2. Pengumpulan Data Dalam investigasi awal, tim keselamatan proyek mengumpulkan data sebagai berikut: • Kondisi lingkungan: Cuaca cerah, tidak ada gangguan eksternal. • Kondisi pekerja: Tidak menggunakan tali pengaman atau alat pelindung diri (APD) yang sesuai. • Kondisi peralatan: Tidak ada pagar pengaman di tepi lantai kerja, scaffolding kurang stabil. • Saksi mata: Beberapa pekerja lain melihat korban kehilangan keseimbangan sebelum jatuh. • Prosedur kerja: Tidak ada briefing keselamatan sebelum bekerja di ketinggian.
			3. Apa tindakan korektif yang harus dilakukan untuk mencegah insiden serupa?	3. Analisis Menggunakan Metode 5 <i>Whys</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		ada kelalaian dalam sistem pengamanan, tetapi akar masalahnya masih perlu diteliti lebih lanjut.		1) Kenapa pekerja jatuh dari ketinggian? → Karena kehilangan keseimbangan saat memasang rangka baja. 2) Kenapa pekerja kehilangan keseimbangan? → Karena tidak menggunakan tali pengaman saat bekerja di ketinggian. 3) Kenapa pekerja tidak menggunakan tali pengaman? → Karena tidak tersedia atau tidak diwajibkan dalam pekerjaan tersebut. 4) Kenapa tali pengaman tidak tersedia atau tidak diwajibkan? → Karena pengawasan keselamatan kerja kurang ketat dan tidak ada inspeksi rutin. 5) Kenapa pengawasan keselamatan kerja kurang ketat? → Karena budaya keselamatan kerja di proyek tidak diterapkan dengan baik dan tidak ada hukuman bagi pelanggar. 4. Root Cause (Penyebab Utama): • Tidak adanya budaya keselamatan kerja yang kuat. • Kurangnya pengawasan dan inspeksi terhadap kepatuhan penggunaan APD. • Kebijakan keselamatan kerja tidak diterapkan dengan disiplin di lapangan.

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				5. Solusi dan Tindakan Korektif Berdasarkan hasil analisis RCA, beberapa tindakan korektif yang harus diterapkan: a. Meningkatkan Kesadaran Keselamatan: - o Mengadakan pelatihan rutin terkait keselamatan kerja di ketinggian. - o Menyediakan papan informasi dan tanda peringatan keselamatan di area kerja. b. Pengawasan Lebih Ketat: - o Menugaskan <i>safety officer</i> untuk melakukan inspeksi harian di area kerja berisiko tinggi. - o Mewajibkan <i>supervisor</i> untuk memastikan semua pekerja menggunakan APD sebelum memulai pekerjaan. c. Meningkatkan Ketersediaan dan Kewajiban Penggunaan APD: - o Menyediakan tali pengaman dan peralatan keselamatan lain yang sesuai. - o Memberikan sanksi bagi pekerja atau supervisor yang melanggar aturan keselamatan. d. Menyusun SOP Keselamatan yang Lebih Ketat: - o Membuat prosedur wajib bagi semua pekerjaan di ketinggian,

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				termasuk pengecekan APD sebelum bekerja. Memastikan semua pekerja mengikuti <i>toolbox meeting</i> sebelum memulai tugas. 6. Kesimpulan Metode <i>Root Cause Analysis (RCA)</i> membantu mengidentifikasi akar penyebab kecelakaan kerja fatal di proyek konstruksi, bukan hanya mencari siapa yang salah, tetapi mengungkap masalah sistemik yang harus diperbaiki. Dengan menerapkan tindakan korektif berbasis penyebab utama, diharapkan kecelakaan serupa dapat dicegah di masa depan, meningkatkan keselamatan kerja secara menyeluruh.
	Tumpahan bahan kimia berbahaya di laboratorium	Di laboratorium farmasi, seorang teknisi secara tidak	1. Bagaimana RCA dapat membantu mengidentifikasi kasi akar penyebab kesalahan ini? 2. Apakah ada	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		sengaja menum-pahkan bahan kimia beracun yang menyebabkan iritasi dan sesak napas bagi beberapa pekerja di sekitarnya. Setelah diselidiki, ditemukan bahwa teknisinya salah	masalah dalam sistem pelabelan atau pelatihan pekerja? 3. Apa tindakan korektif yang perlu diterapkan untuk mencegah kesalahan serupa?	

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		membaca label bahan kimia.		
	Kecelakaan di area <i>loading dock</i> pabrik logistik	Seorang pekerja tertabrak forklift saat sedang memindahkan barang di area <i>loading dock</i> . Setelah investigasi lebih lanjut, ditemukan	1. Bagaimana RCA dapat membantu mengidentifikasi kasi akar penyebab kecelakaan ini? 2. Apakah ada kekurangan dalam sistem pelatihan atau pengawasan? 3. Apa tindakan korektif yang perlu diterapkan	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		bahwa pekerja dan operator forklift tidak memiliki prosedur komunikasi yang jelas, dan jalur pergerakan kendaraan tidak ditandai dengan baik.	untuk mencegah kecelakaan serupa?	

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
VII.Bowtie Analysis	Kebakaran di gudang penyimpanan bahan bakar	Di sebuah gudang penyimpanan bahan bakar, terjadi kebakaran besar yang menghancurkan sebagian besar fasilitas. Penyebab kebakaran belum diketahui, tetapi ada dugaan bahwa	1. Bagaimana Bowtie Analysis dapat digunakan untuk memetakan hubungan antara ancaman, peristiwa utama, dan konsekuensi? 2. Faktor-faktor pengendali apa saja yang bisa diterapkan untuk mengurangi risiko? 3. Bagaimana	1. Identifikasi Insiden (Top Event) Insiden: Terjadi kebakaran besar di gudang penyimpanan bahan bakar akibat percikan api yang mengenai uap bahan bakar yang mudah terbakar. 2. Diagram Bowtie Analysis Metode <i>Bowtie Analysis</i> digunakan untuk menganalisis risiko dengan memetakan penyebab (<i>threats</i>) dan dampak (<i>consequences</i>) dari kejadian utama (<i>top event</i>) serta langkah-langkah pencegahan (<i>barriers</i>) dan mitigasi (<i>barriers</i>). 3. Diagram Bowtie Sederhana a. <i>Penyebab</i> (Threats) 1) Kebocoran tangki penyimpanan → Uap bahan bakar menyebar 2) Percikan api dari peralatan listrik → Memicu kebakaran 3) Kelalaian pekerja (merokok, alat kerja panas, dll.) 4) Sistem ventilasi tidak memadai → Akumulasi gas mudah terbakar 5) Lonjakan listrik atau korsleting → (TOP EVENT: Kebakaran di Gudang Penyimpanan Bahan Bakar) ←

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		percikan api dari peralatan listrik memicu ledakan.	memastikan strategi mitigasi yang efektif dalam pencegahan kebakaran?	b. Dampak (Consequences) 1) Kerusakan gudang dan fasilitas sekitar 2) Cedera atau kematian pekerja 3) Pencemaran lingkungan akibat bahan bakar terbakar 4) Gangguan operasional dan kerugian finansial 4. Langkah-Langkah Pencegahan dan Mitigasi a. Pencegahan (<i>Preventive Barriers</i>) 1) Sistem Deteksi dan Pencegahan Kebocoran: Sensor gas, inspeksi rutin tangki bahan bakar 2) Prosedur Keselamatan Kerja: Larangan merokok, penggunaan APD khusus 3) Ventilasi yang Memadai: Mengurangi akumulasi gas berbahaya 4) Perawatan dan Inspeksi Peralatan Listrik: Mencegah korsleting atau lonjakan Listrik 5) Pelatihan Keselamatan: Edukasi pekerja tentang bahaya dan penanganan bahan bakar b. Mitigasi (<i>Mitigative Barriers</i>)

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
				1) Sistem Pemadam Api Otomatis: <i>Sprinkler</i> berbasis foam atau CO₂ 2) Pintu Darurat dan Jalur Evakuasi: Memastikan pekerja dapat menyelamatkan diri 3) APAR (Alat Pemadam Api Ringan) yang Tersedia dan Terlatih: Pemadaman awal sebelum kebakaran membesar 4) Tim Tanggap Darurat dan Simulasi Evakuasi: Memastikan kesiapan menghadapi kebakaran 5) Asuransi dan Rencana Pemulihan Bencana: Mengurangi dampak finansial
	Kebakaran di pabrik tekstil	Sebuah pabrik tekstil	1. Bagaimana <i>Bowtie Analysis</i> dapat	5. Kesimpulan <i>Bowtie Analysis</i> membantu mengidentifikasi akar penyebab kebakaran di gudang bahan bakar serta tindakan pencegahan dan mitigasi untuk meminimalkan risiko. Dengan menerapkan barriers yang efektif, perusahaan dapat mencegah insiden serupa, mengurangi dampak negatif, serta meningkatkan keselamatan kerja dan kelangsungan operasional.
<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk</i>				

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		mengalami kebakaran besar akibat korsleting listrik di salah satu mesin produksi. Meskipun sistem pemadam api tersedia, banyak alat tidak berfungsi karena kurangnya perawatan	digunakan untuk menganalisis hubungan antara penyebab, kejadian utama, dan konsekuensi? 2. Faktor pengendali apa yang dapat diterapkan untuk mencegah atau mengurangi dampak kebakaran? 3. Bagaimana strategi	<i>melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		rutin.	mitigasi risiko yang bisa diterapkan agar kejadian serupa tidak terjadi lagi?	
	Runtuhnya perancah di proyek konstruksi	Perancah (scaffolding) di proyek gedung tinggi tiba-tiba runtuh saat digunakan oleh beberapa pekerja, menye-	1. Bagaimana <i>Bowtie Analysis</i> dapat membantu memahami hubungan antara penyebab, kejadian utama, dan konsekuensi? 2. Faktor pengendali apa	<i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i>

METODE	TOPIK	KASUS	TANTANGAN	ANALISIS LOGIS
		babak cedera serius. Setelah investigasi, ditemukan bahwa perancah dipasang tanpa mengikuti prosedur standar dan tidak dilakukan inspeksi sebelum digunakan	yang dapat diterapkan untuk mengurangi risiko runtuhnya perancah? 3. Bagaimana strategi mitigasi risiko yang bisa diterapkan agar kejadian serupa tidak terjadi lagi?	

*****TS*****

Buku Referensi Total Feb 25.docx

ORIGINALITY REPORT

14%
SIMILARITY INDEX

13%
INTERNET SOURCES

9%
PUBLICATIONS

4%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 dspace.uii.ac.id
Internet Source <1 %

2 artikelpendidikan.id
Internet Source <1 %

3 repository.ub.ac.id
Internet Source <1 %

4 text-id.123dok.com
Internet Source <1 %

5 www.inspeksi.co.id
Internet Source <1 %

6 tawon.co.id
Internet Source <1 %

7 Submitted to Institut Pertanian Bogor
Student Paper <1 %

8 pt.scribd.com
Internet Source <1 %

9 repository.its.ac.id
Internet Source <1 %

10 Submitted to Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya
Student Paper <1 %

11 geograf.id
Internet Source <1 %

12 123dok.com
Internet Source <1 %

13	Hugo Nainggolan, Hendra Hendra. "EVALUASI PENERAPAN SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PADA INDUSTRI GALANGAN KAPAL KECIL DI INDONESIA", Jurnal Kesehatan Tambusai, 2023 Publication	<1 %
14	Submitted to itera Student Paper	<1 %
15	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
16	repository.ppns.ac.id Internet Source	<1 %
17	www.scribd.com Internet Source	<1 %
18	idoc.pub Internet Source	<1 %
19	Alfin Rizki Bagus, Joumil Aidil Saifuddin. "Analisis dan usulan perbaikan risiko kecelakaan kerja dengan metode HIRARC (Hazard Identification Risk Assesment And Risk Control) di PT Putra Jawamas", Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2025 Publication	<1 %
20	ejurnal.itats.ac.id Internet Source	<1 %
21	docplayer.info Internet Source	<1 %
22	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
23	www.localstartupfest.id Internet Source	<1 %

24	Submitted to Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Student Paper	<1 %
25	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
26	Submitted to Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang Student Paper	<1 %
27	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
28	Submitted to Universitas Dian Nuswantoro Student Paper	<1 %
29	publication.petra.ac.id Internet Source	<1 %
30	Febria Surjaman. "Evaluasi Implementasi Protokol K3 terhadap Keselamatan dan Produktivitas Operasional Mesin Kapal di Industri Maritim", Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2024 Publication	<1 %
31	Submitted to Universitas Islam Bandung Student Paper	<1 %
32	publisher.kodogutrainner.com Internet Source	<1 %
33	multidisipliner.org Internet Source	<1 %
34	rspo.org Internet Source	<1 %
35	www.stkipgetsempena.ac.id Internet Source	<1 %
36	Tri Niswati Utami, Citra Aulia Amanda, Nabila Inne Azri, Adriansyah Arya Pratama et al.	<1 %

"IDENTIFIKASI RISIKO DAN PENILAIAN RISIKO TERHADAP BAHAYA FISIK PADA PENGOPERASIAN FORKLIFT DI PT. X",
PREPOTIF : JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT, 2024
Publication

37	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
38	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
39	docobook.com Internet Source	<1 %
40	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
41	Oppy Oktavianty Windari, Dwi Hirdanti, Muhammad Amru Siddiq, Muliyani Muliyani et al. "PENGARUH IDENTIFIKASI BAHAYA DAN PENILAIAN RISIKO TERHADAP PENERAPAN K3 DI PT. KAWASAN INDUSTRI NUSANTARA (KINRA)", PREPOTIF : JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT, 2024 Publication	<1 %
42	baf-mobile-prod.oss-ap-southeast-5.aliyuncs.com Internet Source	<1 %
43	cdn.repository.uisi.ac.id Internet Source	<1 %
44	bulevard.bg Internet Source	<1 %
45	ejournal.sisfokomtek.org Internet Source	<1 %
46	jurnal.stikes-yrsds.ac.id Internet Source	<1 %

47	vdocuments.site Internet Source	<1 %
48	id.123dok.com Internet Source	<1 %
49	Submitted to Universitas Mercu Buana Student Paper	<1 %
50	Submitted to Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1 %
51	katigaku.top Internet Source	<1 %
52	tekniksipil.id Internet Source	<1 %
53	Submitted to poltera Student Paper	<1 %
54	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1 %
55	ein.org.pl Internet Source	<1 %
56	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
57	eprints.unisnu.ac.id Internet Source	<1 %
58	indonesiasafetycenter.org Internet Source	<1 %
59	ask.orkg.org Internet Source	<1 %
60	docplayer.net Internet Source	<1 %
61	ejournal.uika-bogor.ac.id Internet Source	<1 %

[journal.univetbantara.ac.id](#)

62	Internet Source	<1 %
63	repository.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1 %
64	repository.upbatam.ac.id Internet Source	<1 %
65	ugmpress.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
66	Bintang Ardiyansyah, Ardhy Lazuardy, Arief Nurdini. "PENGUNAAN METODE HIRARC DALAM MENGANALISIS RISIKO K3 PADA BAGIAN PENGEMASAN", Jurnal Teknik dan Science, 2024 Publication	<1 %
67	ejournal2.undip.ac.id Internet Source	<1 %
68	help.notifyvisitors.com Internet Source	<1 %
69	margoforlothian.com Internet Source	<1 %
70	repository.helvetia.ac.id Internet Source	<1 %
71	www.adaro.com Internet Source	<1 %
72	www.entaeg.com Internet Source	<1 %
73	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
74	Yasyfa Maghfyra, Dewi Ayu Larassati. "Membangun Budaya Kerja Sehat dan Berkinerja Tinggi: Mengintegrasikan Work-life balance dalam Manajemen Kantor melalui	<1 %

75	anotherorion.com Internet Source	<1 %
76	belajark3.com Internet Source	<1 %
77	ejournal.papanda.org Internet Source	<1 %
78	seminar-fst.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
79	www.kirani.id Internet Source	<1 %
80	Eska Stefani, Artita Devi Maharani, Epsilandri Sepryarini. "Sosialisasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja untuk Meningkatkan Kinerja Karyawan pada Unit LDPM Gapoktan Sidomulyo", Jurnal Ilmiah Padma Sri Kreshna, 2025 Publication	<1 %
81	eprints.poltekkesjogja.ac.id Internet Source	<1 %
82	eprints.umg.ac.id Internet Source	<1 %
83	jurnal.utb.ac.id Internet Source	<1 %
84	qdoc.tips Internet Source	<1 %
85	synergysolusi.com Internet Source	<1 %
86	www.slideshare.net Internet Source	<1 %

87	Akmal Maulana Ramadhan, Kusnadi Kusnadi, Asep Erik Nugraha. "Analisis Upaya Pengendalian dan Penilaian Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode Job Safety Analysis (JSA) pada WTM 16 di PT XYZ", Tekinfo: Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi, 2024 Publication	<1 %
88	Dhika Aufa Hardinata, Ida Ayu Sri Adnyani, I Made Ari Nratha. "Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode HIRARC pada Pemeliharaan Gardu Distribusi di ULP PLN Praya", Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2024 Publication	<1 %
89	M Ali Pahmi. "Studi kasus analisa risk assessment pada unit bisnis stasiun pengisian bulk elpiji (SPBE)", JENIUS : Jurnal Terapan Teknik Industri, 2024 Publication	<1 %
90	Sandi Kurniawan, Indah Apriliana Sari Wulandari, Tedjo Sukmono. "Optimalisasi Preventive Maintenance Ground Power Unit pada Perawatan Pesawat Udara di PT. IAA AMO Menggunakan Metode FMEA", JATI UNIK : Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri, 2024 Publication	<1 %
91	dslab.konkuk.ac.kr Internet Source	<1 %
92	thekaysa.blogspot.com Internet Source	<1 %
93	Deo Globy Ramadani, Farida Pulansari. "Analisis risiko potensi bahaya dan pengendalian dengan metode HIRADC pada	<1 %

pabrik asam fosfat (Studi kasus: PT XYZ)",
Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2025

Publication

94	jurnal.univ45sby.ac.id	<1 %
Internet Source		
95	prin.or.id	<1 %
Internet Source		
96	sostech.greenvest.co.id	<1 %
Internet Source		
97	Dona Silviani, Citra Savitri, Wike Pertiwi. "Pengaruh Pelatihan K3 dan Kepemimpinan terhadap Perilaku Keselamatan Kerja pada PT. Trigunapratama Abadi", Journal of Business, Finance, and Economics (JBFE), 2022	<1 %
Publication		
98	Submitted to Universitas Brawijaya	<1 %
Student Paper		
99	Yasmin Nur Aqila, Yuda Nabella Prameswari, Dewi Friska. "HUBUNGAN LAMA PENDIDIKAN DAN PENGETAHUAN K3 TERHADAP KEPATUHAN MAHASISWA KEDOKTERAN DI LABORATORIUM FKIK UNTIRTA", JOURNAL OF BAJA HEALTH SCIENCE, 2025	<1 %
Publication		
100	indoaghniy.com	<1 %
Internet Source		
101	motivaction.imeirs.org	<1 %
Internet Source		
102	www.liputan6.com	<1 %
Internet Source		
103	Submitted to Binus University International	<1 %
Student Paper		
104	Submitted to Defense University	

105

Natalia Caliysta Ardani, Minto Waluyo.
"Implementasi Job Safety Analysis (JSA)
terhadap keselamatan kerja pada proyek
pembangunan polder/pompa PT. XYZ", Jurnal
Teknik Industri Terintegrasi, 2025
Publication

<1 %

106

Seval Literindo Kreasi, Adiek Astika Clara
Sudarni, Faisol, Suhadarliyah et al.
"Manajemen Strategik (Teori dan Analisis)",
Thesis Commons, 2023
Publication

<1 %

107

Submitted to UM Surabaya
Student Paper

<1 %

108

Submitted to Universitas Indonesia
Student Paper

<1 %

109

adoc.tips
Internet Source

<1 %

110

es.scribd.com
Internet Source

<1 %

111

futurisconsulting.com
Internet Source

<1 %

112

journal.umg.ac.id
Internet Source

<1 %

113

juminten.upnjatim.ac.id
Internet Source

<1 %

114

mail.jurnal.stikeskesdam4dip.ac.id
Internet Source

<1 %

115

nawacita.co
Internet Source

<1 %

116

www.aarizky.com
Internet Source

<1 %

117	www.lintasarta.net Internet Source	<1 %
118	Richard Putra, Tritiya A.R. Arungpadang, Johan S. C. Neyland. "PERAWATAN SISTEM PENGISIAN PRODUK MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE DI PT PERTAMINA PATRA NIAGA INTEGRATED TERMINAL BITUNG", Jurnal Tekno Mesin, 2024 Publication	<1 %
119	samasamabelajarelektro.blogspot.com Internet Source	<1 %
120	savedwebhistory.com Internet Source	<1 %
121	seminarpei.unpar.ac.id Internet Source	<1 %
122	standarisasikinerjakariawan.wordpress.com Internet Source	<1 %
123	www.noos.co.id Internet Source	<1 %
124	Anang Abdiansyah. "ANALISIS RISIKO KECELAKAAN KERJA BONGKAR MUAT PETI KEMAS PADA AREA LAPANGAN PENUMPUKAN TERMINAL TELUK LAMONG DENGAN METODE HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT AND RISK", JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri), 2024 Publication	<1 %
125	Anshari Akbar, Andi Mangka, Marulan Andivas. "Analisis Tingkat Resiko Kecelakaan Kerja pada Galangan Kapal Logistik di PT X dengan Metode HIRARC", Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2024 Publication	<1 %

126	Hasti Hasanati Marfuah, Yaning Tri Hapsari, Kurniawanti. "Analisis Potensi Bahaya Dengan Metode Hazard Identification, Risk Assessment and Determine Control (HIRADC) Studi Kasus : UMKM Logam di Yogyakarta", Jurnal Rekayasa Industri (JRI), 2024 Publication	<1 %
127	Rian Muhamid, Willy Tambunan, Lina Dianati Fatimahhayati. "Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kegiatan Bongkar Muat Pupuk", Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya, 2018 Publication	<1 %
128	e-journal.sari-mutiara.ac.id Internet Source	<1 %
129	eiti.org Internet Source	<1 %
130	ejournal.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
131	ejournal3.undip.ac.id Internet Source	<1 %
132	elko.polnam.ac.id Internet Source	<1 %
133	issuu.com Internet Source	<1 %
134	journal.lppm-stikesfa.ac.id Internet Source	<1 %
135	publisher.yayasandpi.or.id Internet Source	<1 %
136	Eka nur wahid Wahid, Irwanto Irwanto. "Penilaian Kinerja dan Efektivitas Mesin Extruder PEX150JA pada Produksi Kabel Medium Voltage (MV) dalam Fase Outer	<1 %

137	Makomulamin, Nila Puspita Sari, Alfina Mutiara Sany. "HUBUNGAN ANTARA PPE, WPS, BBS DAN KOMPETENSI WELDER TERHADAP PENERAPAN K3 BIDANG PEKERJAAN FABRIKASI LOGAM PADA PROSES WELDING", Al-Tamimi Kesmas: Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health Sciences), 2025	<1 %
138	Meryna Suwito, Evi Yuliawati. "Identifikasi Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Proses Perbaikan Kapal Riset Geomarin III dengan Metode HIRADC", JATI UNIK : Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri, 2023	<1 %
139	Muh. Ikhsan R. Wattimena, Aminah Soleman, Ariviana L. Kakerissa. "IDENTIFIKASI BAHAYA DAN PENILAIAN RISIKO UNTUK PENGENDALIAN RISIKO BAHAYA PADA AKTIVITAS PENANGKAPAN IKAN TUNA NELAYAN HANDLINE", i tabaos, 2024	<1 %
140	e-learning.safetysign.co.id	<1 %
141	ejournal.itn.ac.id	<1 %
142	ejurnal.stie-trianandra.ac.id	<1 %
143	ejurnal.ubharajaya.ac.id	<1 %
144	eprints.bsi.ac.id	<1 %

145	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
146	ghinaghefaztn.blogspot.com Internet Source	<1 %
147	ilhamadityagnw.blogspot.com Internet Source	<1 %
148	journal.ppns.ac.id Internet Source	<1 %
149	jr.si.sie.telkomuniversiti.ac.id Internet Source	<1 %
150	ojs.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
151	pelatihank3kemenaker.com Internet Source	<1 %
152	peraturan.bpk.go.id Internet Source	<1 %
153	repository.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
154	sinta3.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
155	www.megajaya.co.id Internet Source	<1 %
156	Delita Bilqis, Farida Pulansari. "Analisis performa quality rate pada produk moorlife menggunakan metode six sigma dan kaizen serta statistical quality control", Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2025 Publication	<1 %
157	Felicia Gledys Dhtasiri Go, Marulan Andivas, Alex Kisanjani, Wahyu Ismail Kurnia. "Evaluasi Keselamatan Kerja Loading Unloading Container pada PT.X Menggunakan Metode	<1 %

158

Hery Medianto Kurniawan, Rudy Triadi Yuliarto. "Creative Economy-Based Biofortification Farming Model for Stunting Prevention in Kuala Dua Village", Jurnal Agrosains Universitas Panca Bhakti, 2024

<1 %

Publication

159

Jazirostudiinil Koyyimah, Fahrurrozi Fahrurrozi. "Circular Economy Perspective of Hifdz Al-Bi'ah Through the Utilization of Shell Waste as Raw Material for Decorative Products", Perisai : Islamic Banking and Finance Journal, 2024

<1 %

Publication

160

M. Afdholul Fikri, Nina Aini Mahbubah, Yanuar Pandu Negoro. "Pengelolaan Risiko Kecelakaan Kerja di Open Area Konstruksi Berbasis Pendekatan HIRARC", Jurnal Surya Teknika, 2022

<1 %

Publication

161

Maharani. "Studi Penerapan Sistem Manajemen Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (SMK3) Pada Para Pekerja Konstruksi", Open Science Framework, 2023

<1 %

Publication

162

Mahrus Khoirul Umami, Muhammad Arif, Zaenal Arifin, Imnatus Mu'arrifah. "EVALUASI DAN REKOMENDASI PENERAPAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA INDUSTRI KECIL MEBEL (STUDI KASUS PADA INDUSTRI KECIL MEBEL PURNAMA DI JOMBANG)", Jurnal Aplikasi Ilmu Teknik Industri (JAPTI), 2021

<1 %

Publication

163	Muhammad Afifuddin, Deny Andesta, Said Salim Dahda. "PENDEKATAN METODE HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT AND RISK CONTROL DENGAN KOMBINASI OHSAS 18001 DI SEKSI FABRIKASI PT. XYZ", JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri), 2021 Publication	<1 %
164	Muhammad Trianditanaka, Avisha Gita Prafitasiwi. "Analisa Kecelakaan Kerja pada Proyek Pembangunan Gardu Induk JIPE Menggunakan Metode Hazop", Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2024 Publication	<1 %
165	adoc.pub Internet Source	<1 %
166	asefts63.wordpress.com Internet Source	<1 %
167	berita.unikom.ac.id Internet Source	<1 %
168	digilib.uns.ac.id Internet Source	<1 %
169	erwinazizijayadipraja.wordpress.com Internet Source	<1 %
170	fauziawaludin.wordpress.com Internet Source	<1 %
171	fernayou.blogspot.com Internet Source	<1 %
172	garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %
173	gemilangtotal.blogspot.com Internet Source	<1 %
174	groeduacademy.com Internet Source	<1 %

175	journal.univpancasila.ac.id Internet Source	<1 %
176	journal.unmasmataram.ac.id Internet Source	<1 %
177	jurnal.syntaxliterate.co.id Internet Source	<1 %
178	jurnal.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
179	moam.info Internet Source	<1 %
180	nanopdf.com Internet Source	<1 %
181	nuricasuarina.blogspot.com Internet Source	<1 %
182	portaltataruang.wordpress.com Internet Source	<1 %
183	posdai.com Internet Source	<1 %
184	read.bookcreator.com Internet Source	<1 %
185	repository.um-palembang.ac.id Internet Source	<1 %
186	repository.upm.ac.id Internet Source	<1 %
187	researchonline.ljmu.ac.uk Internet Source	<1 %
188	riset.unisma.ac.id Internet Source	<1 %
189	supplychainindonesia.com Internet Source	<1 %

190	wajahhukum.unbari.ac.id Internet Source	<1 %
191	www.6sigma.us Internet Source	<1 %
192	www.corporate.carrier.com Internet Source	<1 %
193	www.idntimes.com Internet Source	<1 %
194	www.itdc.co.id Internet Source	<1 %
195	www.sepeda.me Internet Source	<1 %
196	www.suara.com Internet Source	<1 %
197	www.tespsikometri.com Internet Source	<1 %
198	Andi Arifwangsa Adiningrat, Andi Arwinny Asmasary, Rusnaedi Rusnaedi, Yuyu Ruhayu, Nur Amalianty, Naidah Naidah. "Optimalisasi Manajemen Keuangan Dan Sumber Daya Manusia Dalam Mendukung Kesehatan Pekerja Bongkar Muat Pada Perusahaan Transportasi Laut", Journal of Economic, Bussines and Accounting (COSTING), 2024 Publication	<1 %
199	Annisa Latifah Salsabila, Dinda Muhajirina, Oppy Oktavianty Windari, Abdurrozzaq Hasibuan. "Analisis Kedaruratan K3 dengan Kejadian Kecelakaan pada Proyek Konstruksi Bangunan di Perumahan Grand Safira Binjai", Indonesian Journal of Innovation Multidisipliner Research, 2024 Publication	<1 %

200

journal.iteba.ac.id

Internet Source

<1 %

201

repository.upstegal.ac.id

Internet Source

<1 %

202

Adhiya Faisal, Davina Kheisya Alliyah Gumay, Tesalonika Amazia Simamora, Dwi Desi Yayi Tarina. "Analisis Penerapan K3 pada Perusahaan yang Menyebabkan Buruh Meninggal Dunia Berdasarkan Putusan Nomor 107/PID.C/2021/PN.KIS", Indonesian Journal of Law and Justice, 2024

Publication

<1 %

203

Ardana Sultan Alhaq, Syifa Nur Afiya. "Analisis keselamatan dan kesehatan kerja pada PT Avia Cahya Raya menggunakan hazard identification risk assessment and control", JENIUS : Jurnal Terapan Teknik Industri, 2024

Publication

<1 %

204

Astri Nopiani, Beny Yulianto, Makomulamin Makomulamin. "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Hazard Identification, Risk Assessment And Risk Control (HIRARC) Pada Kegiatan Pengelasan Di PT. Kunango Jantan Tahun 2020", Media Kesmas (Public Health Media), 2021

Publication

<1 %

205

Fajar Susilowati, Riska Rahayu, Siti Amalia. "Prioritas Penanganan Masalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja Dalam Upaya Perbaikan Pelaksanaan Proyek Jalan Tol di Indonesia", Jurnal Penelitian Transportasi Darat, 2020

Publication

<1 %

206

Januar Diyah Prasetyowati, Hanifa Maher Denny, Suroto Suroto. "analisis penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (k3)

<1 %

puskesmas di kabupaten semarang menggunakan re-aim framework", Jurnal Formil (Forum Ilmiah) Kemas Respati, 2019

Publication

207

Muhammad Hafid Ar Rohman, Moh Jufriyanto, Akhmad Wasiur Rizqi. "Identifikasi Potensi Bahaya Pada Proses Fabrikasi Dengan Metode HAZOP dan FTA PT. Ravana Jaya", INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science, 2024

Publication

<1 %

208

Radja Fulky Daulay, Moch Nuruddin. "ANALISIS K3 DI BENGKEL DWI JAYA MOTOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE HIRA TERINTEGRASI METODE FTA", JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri), 2022

Publication

<1 %

209

Subijanto, Agus Amin Sulistyono, Mariani. "PENINGKATAN SIKAP DAN DISIPLIN SISWA SMK MENGGUNAKAN ALAT PELINDUNG DIRI DALAM PEMBELAJARAN K3", Jurnal Penelitian Kebijakan Pendidikan, 2020

Publication

<1 %

210

Teo Lukmanul Hakim, Made Yuri Suriyani, Adhe Paramita, Wahyuni Harliyanti. "Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko untuk Mengendalikan Potensi Kecelakaan Kerja di Laboratorium Klima Dasar Institut Teknologi Kalimantan (ITK)", Science and Physics Education Journal (SPEJ, 2023

Publication

<1 %

211

ejournal.uniramalang.ac.id
Internet Source

<1 %

212

repository.unair.ac.id
Internet Source

<1 %

Exclude quotes	On	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	On		