



# **TEKNIK ANALISA K3**

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 & 5 WHYS (RCA & 5W)  
BOWTIE ANALYSIS (BA)

**DR. TRISMAWATI, S.SI., M.T**  
**DR. HENDRY Y NANLOHY, S.T., M.T**  
**DR. IR. TRI TJAHJONO, M.T**  
**DYAN HARYO MUJI UTOMO, S.T**  
**ANGGITIA RETNO DEWANTI**

# TEKNIK ANALISA K3

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 & 5 Whys (RCA & 5W)

Bowtie Analysis (BA)

Dr. Trismawati, S.Si., M.T

Dr. Hendry Y Nanlohy, S.T., M.T

Dr. Ir. Tri Tjahjono, M.T

Dyan Haryo Muji Utomo, S.T

Anggitia Retno Dewanti



**Penerbit**

**CV. Zenius Publisher**

---

## **TEKNIK ANALISA K3**

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 & 5 Whys (RCA & 5W)

Bowtie Analysis (BA)

---

Dr. Trismawati, S.Si., M.T

Dr. Hendry Y Nanlohy, S.T., M.T

Dr. Ir. Tri Tjahjono, M.T

Dyan Haryo Muji Utomo, S.T

Anggitia Retno Dewanti

Editor: Ahmad Zaeni.

Februari 2025

Size: 182 x 257 mm, iv, 272 pages.

---

ISBN : 978-623-5264-82-0

---

**Published by: CV. Zenius Publisher**

**Anggota IKAPI Jabar**

Jalan Waruroyom-Depok- Cirebon 45155,

Email : [zenius955@gmail.com](mailto:zenius955@gmail.com)

Telp: (0231)8829291

Web: [zeniuspublisher.com](http://zeniuspublisher.com)

---

*Hak cipta dilindungi Undang-undang. Tidak ada bagian dari publikasi ini yang boleh direproduksi, disimpan dalam sistem pengambilan, atau ditransmisikan, dalam bentuk apa pun atau dengan cara apa pun, elektronik, mekanik, fotokopi, rekaman, atau lainnya, kecuali untuk dimasukkannya kutipan singkat dalam ulasan, tanpa terlebih dahulu izin tertulis dari penerbit*

---

## KATA PENGANTAR

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. *Hazard and Operability Study (HAZOP)* – Menganalisis deviasi dalam sistem operasional untuk mengidentifikasi potensi kegagalan.
4. *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* – Menentukan mode kegagalan dalam sistem serta dampaknya terhadap keselamatan kerja.
5. *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, buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi pembaca dalam menerapkan strategi analisis K3 yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. Kami menyadari bahwa dalam penyusunan buku ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran 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 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      |
| <b>BAB 1 DASAR - DASAR KESELAMATAN DAN</b>                                                 |          |
| <b>KESEHATAN KERJA (K3) .....</b>                                                          | <b>1</b> |
| <b>1.1. Regulasi Terkait K3 .....</b>                                                      | <b>1</b> |
| 1.1.1. Regulasi K3 di Indonesia (Pical, 2024) .....                                        | 1        |
| a. Undang-Undang .....                                                                     | 1        |
| b. Peraturan Pemerintah (PP).....                                                          | 2        |
| c. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan<br>(Permenaker).....                                  | 2        |
| 1.1.2. Standar Internasional K3 (Setiawan,<br>2023) .....                                  | 3        |
| <b>1.2. Analisis Risiko dalam Sistem Kerja .....</b>                                       | <b>4</b> |
| 1.2.1. Tujuan Analisis Risiko dalam K3 .....                                               | 4        |
| 1.2.2. Metode Analisis Risiko .....                                                        | 5        |
| 1. <i>Job Safety Analysis</i> (JSA).....                                                   | 5        |
| 2. <i>Hazard Identification, Risk Assessment,</i><br><i>and Risk Control</i> (HIRARC)..... | 5        |
| 3. HAZOP ( <i>Hazard and Operability Study</i> ).....                                      | 6        |
| 4. <i>Failure Mode and Effects Analysis</i><br>(FMEA).....                                 | 6        |
| 5. <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....                                                   | 7        |

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

|                                                                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.1. <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        |
| <b>3.3. Manfaat HIRARC (Magdalena dkk., 2022; Nurmahmudi dkk., 2023) .....</b>                                                                  | <b>60</b> |
| <b>3.4. Kelemahan <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control</i> (HIRARC) (Priyanka &amp; Basaria, 2023; Raza, 2023) .....</b> | <b>62</b> |
| <b>3.5. Aplikasi <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control</i> (HIRARC) .....</b>                                             | <b>64</b> |
| <b>3.6. Beberapa Contoh Kasus K3 dengan Kelemahan <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control</i> (HIRARC).....</b>             | <b>68</b> |
| 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        |
| <b>3.7. Perbandingan Tingkat Resiko awal dan Resiko Residual .....</b>                                                                          | <b>72</b> |
| 3.7.1. Risiko Awal ( <i>Initial Risk</i> ) (Fauziyah dkk., 2021) .....                                                                          | 72        |

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.7.2. Risiko Residual ( <i>Residual Risk</i> ) (Uyan 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         |
| <b>BAB 4 HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP).....</b>                                | <b>77</b>  |
| 4.1. Definisi <i>Hazard and Operability Study</i> (HAZOP) ..                          | 78         |
| 4.2. Tahap-tahap dalam <i>Hazard and Operability Study</i> (HAZOP) .....              | 80         |
| 4.3. Manfaat dan Kelebihan <i>Hazard and Operability Study</i> (HAZOP).....           | 87         |
| 4.4. Kelemahan <i>Hazard and Operability Study</i> (HAZOP) .....                      | 89         |
| 4.5. Aplikasi <i>Hazard and Operability Study</i> (HAZOP) .....                       | 91         |
| 4.6. Contoh Kasus K3 dengan Analisis <i>Hazard and Operability Study</i> (HAZOP)..... | 93         |
| <b>BAB 5 FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) .....</b>                          | <b>100</b> |
| 5.1. Definisi <i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (FMEA) .....                  | 100        |
| 5.2. Tahap-tahap dalam <i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (FMEA).....          | 103        |
| 5.3. Penerapan FMEA dalam K3.....                                                     | 105        |

|              |                                                                                     |     |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.4.         | <b>Manfaat dan Kelebihan <i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (FMEA)</b> ..... | 106 |
| 5.4.1.       | Manfaat FMEA dalam K3.....                                                          | 107 |
| 5.4.2.       | Kelebihan FMEA dalam K3 .....                                                       | 108 |
| 5.5.         | <b>Kelemahan <i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (FMEA)</b> .....             | 110 |
| 5.6.         | <b>Aplikasi <i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (FMEA) dalam K3</b> .....     | 111 |
| <b>BAB 6</b> | <b><i>FAULT TREE ANALYSIS</i> (FTA)</b> .....                                       | 116 |
| 6.1.         | <b>Definisi <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)</b> .....                              | 117 |
| 6.2.         | <b>Tahap-tahap dalam <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)</b> .....                     | 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.         | <b>Penerapan FTA dalam K3</b> .....                                                 | 122 |
| 1.           | Identifikasi kejadian tidak diinginkan dalam K3.....                                | 123 |

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

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



|                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------|------------|
| 4. Menentukan Konsekuensi dan Pengendalian Mitigasi .....           | 162        |
| 5. Implementasi dan Pemantauan Keefektifan Sistem K3 .....          | 162        |
| <b>8.4. Manfaat dan Kelebihan <i>Bowtie Analysis</i>.....</b>       | <b>163</b> |
| 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        |
| <b>8.5. Kelemahan <i>Bowtie Analysis</i>.....</b>                   | <b>167</b> |
| <b>8.6. Aplikasi <i>Bowtie Analysis</i> .....</b>                   | <b>171</b> |
| <b>BAB 9 PERBANDINGAN METODE ANALISIS K3 .....</b>                  | <b>176</b> |
| <b>BAB 10 PENUTUP .....</b>                                         | <b>190</b> |
| 10.1. Kesimpulan .....                                              | 191        |
| 10.2. Saran .....                                                   | 193        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                          | <b>197</b> |

|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| <b>LAMPIRAN BEBERAPA STUDI KASUS SESUAI METODE</b> |            |
| <b>MANAJEMEN RISIKO K3 .....</b>                   | <b>223</b> |

## 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  |
| 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 2**

### ***JOB SAFETY ANALYSIS***

#### **2.1. Definisi *Job Safety Analysis* (JSA)**

*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 *Job 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 yang perlu diambil untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman. Dalam menjalankan analisis menggunakan JSA mengikuti langkah-langkah berikut (Hidayat & Nuruddin, 2022):

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

#### 2.3. Manfaat *Job Safety Analysis* (JSA)

Dalam upaya menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat, *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 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 | : | <ol style="list-style-type: none"><li>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.</li><li>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.</li><li>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</li></ol> |

- 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            | <i>Likelihood</i> | <i>Severity</i> | <i>Risk Rating</i> | 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 *Job Safety Analysis* (JSA) adalah menetapkan kontrol risiko dan tindakan pengendalian yang tepat. Tahap ini bertujuan 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<br>(R) | Resiko residual<br>(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).

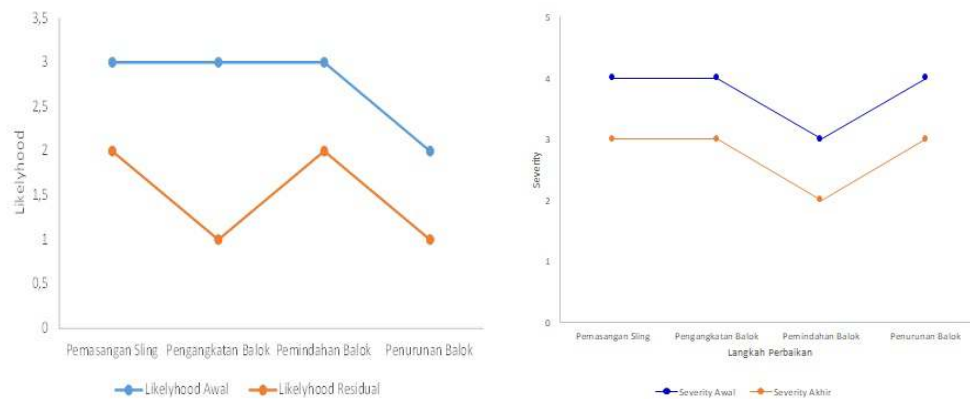
Dalam analisis JSA (*Job Safety Analysis*), grafik perbandingan perubahan tingkat risiko adalah salah satu cara yang paling umum untuk memvisualisasikan hasilnya. Namun, ini bukan satu-satunya jenis grafik yang bisa digunakan. Ada beberapa grafik lain yang bisa memberikan wawasan lebih

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*



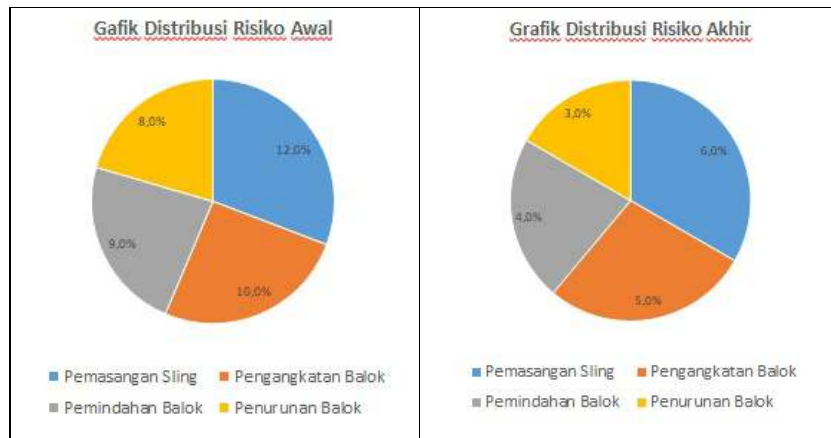
Grafik di atas menunjukkan perbandingan *Likelihood* dan *Severity* sebelum dan sesudah pengendalian:

- 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 mana yang memiliki tingkat risiko 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 pengendalian risiko yang efektif dalam *Job Safety Analysis* (JSA).

Secara keseluruhan, *Job Safety Analysis* (JSA) adalah alat 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 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\*\*\*\*\*

## 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. *MOTIVECTON : 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, 578–589. <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 Pekerja)*. Garuda QHSE Institution.  
<https://www.garudasysttrain.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 Instalasi 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/educov1i1.2024.527>
- 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/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. *Al-DYAS*, 3(1), 112–122.  
<https://doi.org/10.58578/alldyas.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., Pemayun, 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.v3i1.254>
- 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<br><i>Job Safety Analysis</i> | Kecelakaan saat pekerjaan panjat di pabrik baja | Di sebuah pabrik baja, seorang pekerja mengalami cedera akibat jatuh saat melakukan pemeliharaan di ketinggian. Proses pemeliharaan melibatkan | 1. Apakah pekerja menggunakan APD dengan benar?<br>2. Apakah ada SOP yang tidak dipatuhi?<br>3. Apakah kondisi tempat kerja sudah memenuhi standar keselamatan?<br>4. Bagaimana langkah JSA untuk | <p><b>1. Latar Belakang Kasus</b><br/>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.</p> <p><b>2. Identifikasi Bahaya dalam Pekerjaan Panjat</b><br/>Pekerjaan panjat di pabrik baja memiliki risiko tinggi, dengan beberapa potensi bahaya yang perlu diidentifikasi, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjatuh dari ketinggian akibat tidak menggunakan atau kesalahan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).</li> <li>• Struktur tempat berpijak tidak stabil, seperti tangga atau <i>scaffolding</i> yang kurang aman.</li> <li>• Kesalahan prosedur kerja, seperti tidak adanya pemeriksaan alat sebelum digunakan.</li> <li>• Kelelahan pekerja, yang dapat memengaruhi konsentrasi dan keseimbangan.</li> </ul> |
|                                      |                                                 |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| METODE                             | TOPIK                                                  | KASUS                                                                                               | TANTANGAN                 | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |                 |                |                     |                           |                                                        |                                                                         |                                    |                                                        |                                                                                                 |                             |                                                      |                                                                           |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|-----------------|----------------|---------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                    |                                                        | penggunaan tangga lipat, namun pekerja kehilangan keseimbangan dan terjatuh dari ketinggian 3 meter | mencegah kejadian serupa? | <ul style="list-style-type: none"><li>Kurangnya pengawasan, sehingga pelanggaran prosedur keselamatan tidak terdeteksi.</li></ul> <p><b>3. Penerapan Job Safety Analysis (JSA)</b></p> <p>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:</p> <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 menggunakan peralatan | Pastikan alat kerja dikembalikan dengan aman sebelum turun                |
| <p><b>4. Kesimpulan dan Rekomendasi</b></p> <p>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:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pelatihan Keselamatan Kerja – Pekerja harus dilatih mengenai prosedur kerja di ketinggian dan penggunaan APD yang benar.</li> <li>2. Penerapan Sistem Pengawasan Ketat – <i>Supervisor</i> harus memastikan pekerja menggunakan APD dengan benar sebelum memulai pekerjaan.</li> <li>3. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Alat – Tangga dan <i>scaffolding</i> harus diperiksa secara berkala oleh tim K3.</li> </ol> |       |       |           |                                             |                                                        |                                                                           |



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

| 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. | <p>3. Bagaimana JSA dapat digunakan untuk mengidentifikasi kasi dan mengurangi risiko kecelakaan ini?</p> |                                                                                         |
|        | 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 |
|--------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|        |       | <p>ember beton yang jatuh dari lantai 5 saat proses pengecoran.</p> <p>Investigasi awal menunjukan bahwa tali pengaman ember tidak terpasang dengan benar, dan pekerja di</p> | <p>aktivitas pengecoran?</p> <p>2. Apa langkah-langkah pengendalian yang seharusnya diterapkan untuk mencegah kecelakaan ini?</p> <p>3. Bagaimana memastikan komunikasi yang efektif antara pekerja di lantai atas dan bawah?</p> |                |

| METODE     | TOPIK                                         | KASUS                                                                          | TANTANGAN                                                                                                                                      | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |                                               | bawahnya tidak diberi peringatan saat pengecoran berlangsung.                  |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|            |                                               |                                                                                |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| II. HIRACS | Ledakan akibat kebocoran gas di kilang minyak | Di sebuah kilang minyak, terjadi ledakan akibat kebocoran gas metana dari pipa | 1. Faktor bahaya apa yang terlibat dalam kejadian ini?<br>2. Bagaimana cara menilai tingkat risiko sebelum insiden terjadi?<br>3. Apa strategi | <b>1. Latar Belakang Kasus</b><br>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? | <p>risiko, dan pengendalian risiko.</p> <p><b>2. Penerapan HIRARC dalam Investigasi Ledakan Kilang Minyak</b><br/>HIRARC digunakan untuk mengidentifikasi bahaya potensial, menilai tingkat risikonya, dan menentukan langkah pengendalian agar insiden serupa tidak terulang kembali. Berikut tahapan analisisnya:</p> <p><b>2.1. Identifikasi Bahaya (<i>Hazard Identification</i>)</b><br/>Pada proses ini, berbagai potensi bahaya dalam operasional kilang minyak diidentifikasi, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebocoran gas akibat pipa yang mengalami korosi</li> <li>• Sistem deteksi gas yang tidak berfungsi dengan baik</li> <li>• Percikan api dari peralatan listrik atau aktivitas pengelasan</li> <li>• Kurangnya ventilasi yang dapat mempercepat akumulasi gas mudah terbakar</li> <li>• Kurangnya kesadaran pekerja terhadap tanda-tanda kebocoran gas</li> <li>• Tidak adanya prosedur evakuasi dan tanggap darurat yang jelas</li> </ul> <p><b>2.2. Penilaian Risiko (<i>Risk Assessment</i>)</b><br/>Setelah bahaya diidentifikasi, dilakukan penilaian risiko berdasarkan</p> |

| 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                              |            |                |    |        |
|        |       |       |           | 4<br>Kurang-nya ventilasi di area penyimpanan gas               | Konsentrasi gas meningkat cepat                       | 3 (Kadang) | 4 (Kritis)     | 12 | Sedang |
|        |       |       |           | 5<br>Kurang-nya pelatihan pekerja terkait tanda-tanda kebocoran | Pekerja tidak menyadari bahaya sebelum terlan-<br>bat | 3 (Kadang) | 3 (Signifikan) | 9  | Sedang |

| METODE              | TOPIK                                                       | KASUS | TANTANGAN | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                     |                     |                  |                                                             |                   |                                            |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|
|                     |                                                             |       |           | <p>Tingkat risiko dinilai berdasarkan skala:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ekstrim (16-25): Perlu tindakan segera, aktivitas harus dihentikan sampai risiko dikendalikan.</li><li>• Tinggi (10-15): Harus dikendalikan sebelum pekerjaan dilanjutkan.</li><li>• Sedang (5-9): Pengendalian risiko harus diterapkan sebelum terjadi kecelakaan.</li><li>• Rendah (1-4): Dapat diterima, tetapi harus dipantau.</li></ul> <p>Dari analisis di atas, terlihat bahwa kebocoran gas akibat korosi pipa merupakan risiko ekstrim, yang membutuhkan tindakan segera sebelum aktivitas kilang dapat dilanjutkan.</p> <p><b>2.3. Pengendalian Risiko (<i>Risk Control</i>)</b></p> <p>Setelah risiko dinilai, langkah-langkah pengendalian diterapkan berdasarkan hierarki pengendalian bahaya:</p> <table><tr><th>Metode Pengendalian</th><th>Tindakan Pencegahan</th></tr><tr><td><b>Eliminasi</b></td><td>Mengganti pipa yang sudah tua dan berisiko mengalami korosi</td></tr><tr><td><b>Substitusi</b></td><td>Menggunakan material pipa yang lebih tahan</td></tr></table> | Metode Pengendalian | Tindakan Pencegahan | <b>Eliminasi</b> | Mengganti pipa yang sudah tua dan berisiko mengalami korosi | <b>Substitusi</b> | Menggunakan material pipa yang lebih tahan |
| Metode Pengendalian | Tindakan Pencegahan                                         |       |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                     |                     |                  |                                                             |                   |                                            |
| <b>Eliminasi</b>    | Mengganti pipa yang sudah tua dan berisiko mengalami korosi |       |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                     |                     |                  |                                                             |                   |                                            |
| <b>Substitusi</b>   | 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<br>2) Memperbaiki sistem ventilasi agar gas mudah terbawa keluar |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |       |       |           | Administratif             | a. Meningkatkan inspeksi berkala terhadap pipa dan katup<br>b. Mewajibkan pelatihan tanggap darurat bagi seluruh pekerja         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |       |       |           | Alat Pelindung Diri (APD) | a. Mewajibkan pekerja menggunakan alat deteksi gas pribadi<br>b. Memakai pakaian anti-api saat bekerja di area berisiko tinggi   |
| <b>3. Kesimpulan dan Rekomendasi</b><br>Dari analisis menggunakan <b>HIRARC</b> , ditemukan bahwa penyebab utama kecelakaan ini adalah <b>kurangnya inspeksi pipa, sistem deteksi gas yang tidak berfungsi, dan kurangnya pelatihan keselamatan bagi pekerja</b> . Untuk mencegah kejadian serupa, langkah-langkah berikut harus diterapkan: |       |       |           |                           |                                                                                                                                  |

| METODE | TOPIK                         | KASUS                   | TANTANGAN                                  | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                               |                         |                                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melakukan inspeksi rutin dan pemeliharaan pipa serta katup gas untuk mendeteksi kebocoran sebelum terjadi insiden.</li> <li>2. Mengganti sensor deteksi gas dengan sistem otomatis yang dapat mematikan aliran gas jika mendeteksi kebocoran.</li> <li>3. Memperbaiki sistem ventilasi agar gas tidak terakumulasi dalam konsentrasi berbahaya.</li> <li>4. Mewajibkan pelatihan keselamatan kerja bagi seluruh pekerja, terutama dalam mengenali tanda-tanda kebocoran gas.</li> <li>5. Menerapkan sistem tanggap darurat yang jelas, termasuk prosedur evakuasi dan jalur keluar yang aman.</li> <li>6. Memastikan pekerja memakai alat deteksi gas pribadi dan pakaian pelindung tahan api saat bekerja di area berisiko tinggi.</li> </ol> <p>Dengan menerapkan pendekatan <b>HIRARC</b>, kilang minyak dapat mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan bahaya secara efektif sehingga risiko kecelakaan akibat kebocoran gas dapat diminimalkan</p> |
|        | Paparan debu silika di Pabrik | Pekerja di pabrik semen | 1. Bagaimana cara menilai risiko kesehatan | <p><i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| 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?<br>2. Apa langkah pengendalian yang bisa diterapkan untuk mengurangi paparan?<br>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 | <p>1. Bagaimana cara melakukan identifikasi dan penilaian risiko terhadap paparan gas beracun?</p> <p>2. Apa langkah pengendalian yang paling efektif untuk</p> | <p><i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i></p> |

| METODE     | TOPIK                                 | KASUS                                                                                                            | TANTANGAN                                                                                                                                | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |                                       | baru diganti. Setelah dilakukan pengukuran, ditemukan kadar gas karbon monoksida (CO) yang melebihi ambang batas | <p>mengurangi risiko paparan CO?</p> <p>3. Bagaimana cara memastikan pekerja bekerja dalam kondisi yang aman di lingkungan tertutup?</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|            |                                       |                                                                                                                  |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| III. HAZOP | Kesalahan operasional di pabrik kimia | Di sebuah pabrik kimia, terjadi pencampuran                                                                      | <p>1. Bagaimana metode HAZOP dapat mengidentifikasi potensi deviasi dalam sistem</p>                                                     | <p><b>1. Latar Belakang Kasus</b></p> <p>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 <b>Hazard and Operability</b></p> |

| METODE       | TOPIK        | KASUS                                                                                                                                                                      | TANTANGAN                                                                                                                                                                                 | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |              |                    |             |                     |              |          |                 |                    |                      |
|--------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|--------------------|-------------|---------------------|--------------|----------|-----------------|--------------------|----------------------|
|              |              | <p>bahan kimia yang menghasilkan reaksi berbahaya. Operator secara tidak sengaja membuka katup bahan kimia yang salah, menyebabkan pelepasan gas beracun ke lingkungan</p> | <p>operasional?<br/>2. Apa dampak dari kesalahan parameter seperti tekanan dan suhu terhadap keselamatan kerja?<br/>3. Bagaimana memastikan operator tidak salah mengoperasikan alat?</p> | <p><b>Study (HAZOP)</b> diterapkan.</p> <p><b>2. Identifikasi Sistem dan Parameter Proses</b><br/>Sistem yang dianalisis dalam pabrik ini melibatkan reaktor pencampuran bahan kimia yang dikendalikan secara otomatis. Parameter utama yang dianalisis dalam HAZOP meliputi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aliran bahan baku</b> (terlalu banyak, terlalu sedikit, tidak ada aliran)</li> <li>• <b>Tekanan dalam tangki</b> (terlalu tinggi, terlalu rendah)</li> <li>• <b>Suhu reaktor</b> (terlalu panas, terlalu dingin)</li> <li>• <b>Konsentrasi zat kimia</b> (berlebihan, kurang, tidak sesuai spesifikasi)</li> </ul> <p><b>3. Penerapan HAZOP pada Kasus Ini</b><br/>Tim HAZOP yang terdiri dari insinyur proses, operator pabrik, dan ahli keselamatan melakukan analisis dengan mengidentifikasi <b>penyimpangan dalam parameter proses</b> yang berpotensi menyebabkan kecelakaan. Berikut adalah beberapa skenario penyimpangan dan dampaknya:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter</th><th>Penyimpangan</th><th>Penyebab Potensial</th><th>Konsekuensi</th><th>Tindakan Pencegahan</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aliran bahan</td><td>Berlebih</td><td>Kesalahan katup</td><td>Reaksi berlebihan,</td><td>Kalibrasi sensor dan</td></tr> </tbody> </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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|-------|-------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |       |       |           | <p>2) Kegagalan sistem otomatis dalam mendeteksi perubahan aliran.</p> <p>3) Kurangnya pemeliharaan preventif pada katup dan sensor tekanan.</p> <p>4) Tidak adanya prosedur darurat yang efektif dalam menangani penyimpangan parameter.</p> <p><b>3.2 Tindakan Perbaikan dan Pencegahan</b></p> <p>Berdasarkan hasil analisis HAZOP, berikut adalah beberapa tindakan perbaikan yang direkomendasikan untuk mencegah insiden serupa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Peningkatan sistem deteksi dan alarm</b> untuk memastikan perubahan parameter dapat terdeteksi lebih cepat.</li> <li>• <b>Pelatihan ulang bagi operator</b> untuk meningkatkan pemahaman terhadap prosedur operasi normal dan darurat.</li> <li>• <b>Peningkatan jadwal pemeliharaan preventif</b> terhadap katup, sensor, dan sistem pendingin.</li> <li>• <b>Implementasi interlock system</b> yang otomatis menghentikan proses jika terjadi penyimpangan ekstrem.</li> </ul> <p><b>4. Kesimpulan</b></p> <p>Metode HAZOP memungkinkan analisis mendalam terhadap penyimpangan dalam proses operasional yang berpotensi menyebabkan kecelakaan.</p> |



| 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. |
|        | <b>Overpressure pada tangki penyimpanan gas LPG</b> | Sebuah tangki penyimpanan gas LPG mengalami overpressure dan hampir meledak karena sistem ventilasi yang tidak berfungsi. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bagaimana HAZOP dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan sistem?</li> <li>2. Parameter operasional apa saja yang harus diawasi untuk mencegah overpressure?</li> <li>3. Apa prosedur</li> </ol> | <p><i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                      |

| 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?<br>2. Parameter | <i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i> |

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

| 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. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apa mode kegagalan yang mungkin terjadi pada sistem rem? Bagaimana FMEA dapat membantu dalam mengidentifikasi kasi dan mencegah kegagalan komponen kritis?</li> <li>2. Faktor apa saja yang perlu dianalisis untuk</li> </ol> | <p>Berikut adalah analisis logis kegagalan sistem rem pada alat berat di tambang menggunakan metode <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Identifikasi Sistem dan Komponen yang Dianalisis</b><br/>Sistem yang dianalisis adalah <b>sistem rem</b> pada alat berat yang digunakan di tambang, seperti <b><i>dump truck</i></b>, <b><i>excavator</i></b>, dan <b><i>bulldozer</i></b>. Komponen utama sistem rem meliputi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><i>Master cylinder</i></b></li> <li>• <b><i>Brake pads/shoes</i></b></li> <li>• <b><i>Hydraulic lines</i></b></li> <li>• <b><i>Brake fluid</i></b></li> <li>• <b><i>Brake drum/disc</i></b></li> <li>• <b><i>Electronic control system</i></b> (jika ada <b><i>ABS/automated braking system</i></b>)</li> </ul> </li> <li>2. <b>Identifikasi Mode Kegagalan (<i>Failure Modes</i>)</b><br/>Beberapa mode kegagalan utama dalam sistem rem alat berat di tambang</li> </ol> |
|          |                                                 |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| METODE | TOPIK | KASUS                                                                                   | TANTANGAN                          | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |       | Sopir kehilangan kendali sehingga kendaraan terguling dan menyebabkan korban luka-luka. | meningkatkan keandalan sistem rem? | <p>meliputi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Rem tidak berfungsi sama sekali</b> → Operator tidak dapat menghentikan alat berat.</li> <li><b>Rem berfungsi sebagian (kurang daya pengereman)</b> → Memperpanjang jarak pengereman.</li> <li><b>Rem terkunci (<i>seized brake</i>)</b> → Alat berat berhenti mendadak dan berisiko terbalik.</li> <li><b>Kebocoran minyak rem</b> → Mengurangi efektivitas sistem hidrolik.</li> <li><b><i>Overheating pada rem</i></b> → Mengurangi daya cengkram dan meningkatkan risiko kecelakaan.</li> </ol> <p><b>3. Penilaian Risiko (<i>Severity, Occurrence, Detection</i>)</b></p> <p>Tiga faktor utama dalam FMEA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><i>Severity (S)</i></b>: Seberapa parah akibat dari kegagalan sistem rem.</li> <li>• <b><i>Occurrence (O)</i></b>: Seberapa sering kegagalan ini terjadi.</li> <li>• <b><i>Detection (D)</i></b>: Seberapa mudah kegagalan dapat dideteksi sebelum terjadi kecelakaan.</li> </ul> <p>Tabel contoh analisis FMEA untuk sistem rem alat berat:</p> |

| METODE | TOPIK | KASUS | TANTANGAN | ANALISIS LOGIS |                     |                                                   |    |   |   |                 |                                                   |
|--------|-------|-------|-----------|----------------|---------------------|---------------------------------------------------|----|---|---|-----------------|---------------------------------------------------|
|        |       |       |           | No             | Mode Kegagalan      | Efek Kegagalan                                    | S  | O | D | RPN (S x O x 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 |

| METODE |  |  |  | TOPIK |  |  |  | KASUS |  |  |  | TANTANGAN |  |  |  | ANALISIS LOGIS |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|-------|--|--|--|-------|--|--|--|-----------|--|--|--|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|        |  |  |  |       |  |  |  |       |  |  |  |           |  |  |  |                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| METODE | TOPIK                                             | KASUS                                             | TANTANGAN                                                             | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                                   |                                                   |                                                                       | <p>4. Pemantauan suhu rem dan peringatan dini pada sistem ABS.</p> <p>5. Pelatihan operator tentang gejala awal kegagalan sistem rem dan langkah darurat.</p> <p>6. Penggantian kampas rem secara berkala sebelum mencapai batas keausan.</p> <p><b>5. Kesimpulan</b><br/> 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.</p> |
|        | <b>Kerusakan conveyor belt di pabrik Otomotif</b> | 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.<br>Setelah diperiksa, ditemukan bahwa motor penggerak mengalami keausan dan tidak diganti tepat waktu karena | pada sistem <i>conveyor</i> ?<br>2. Komponen mana yang memiliki risiko kegagalan tertinggi?<br>3. Bagaimana meningkatkan keandalan sistem agar kejadian serupa tidak terulang? |                |

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

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

| 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, | <p>utama pemadaman listrik?</p> <p>2. Apa saja faktor penyebab yang mungkin berkontribusi terhadap kegagalan sistem kelistrikan?</p> <p>3. Apa solusi jangka panjang untuk mencegah insiden serupa?</p> | <p><b>2. Identifikasi Penyebab Langsung dan Tidak Langsung</b><br/>Menggunakan <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i>, penyebab pemadaman listrik dianalisis secara hierarkis dengan menggunakan <b>logika AND dan OR</b>.</p> <p><b>a. Penyebab langsung (<i>immediate causes</i>)</b> dari pemadaman listrik:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Gangguan pada sumber listrik utama</li> <li>2) Kegagalan sistem kelistrikan internal pabrik</li> <li>3) Gangguan akibat faktor eksternal (bencana alam, kecelakaan, dll.)</li> </ol> <p><b>b. Penyebab lebih rinci dari setiap penyebab langsung:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Gangguan pada sumber listrik utama <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pemadaman dari PLN</li> <li>▪ <i>Overload</i> jaringan listrik</li> <li>▪ Kerusakan pada gardu induk</li> </ul> </li> <li>2) Kegagalan sistem kelistrikan internal pabrik <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kerusakan panel listrik utama</li> <li>▪ Gangguan pada generator cadangan</li> <li>▪ Korsleting pada kabel atau komponen listrik</li> </ul> </li> <li>3) Gangguan eksternal <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sambaran petir</li> <li>▪ Kecelakaan yang merusak infrastruktur listrik</li> </ul> </li> </ol> |



| METODE | TOPIK | KASUS | TANTANGAN | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------|-------|-------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |       |       |           | <p><b>4. Analisis Risiko dan Pencegahan</b><br/>           Berdasarkan pohon kesalahan di atas, tindakan pencegahan dapat diterapkan pada setiap cabang penyebab:</p> <p><b>a. Mengatasi Gangguan dari PLN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Menggunakan <b>UPS (Uninterruptible Power Supply)</b> untuk daya cadangan sementara.</li> <li>o Menjalin komunikasi dengan penyedia listrik (PLN) untuk mengetahui pemadaman terjadwal.</li> <li>o Memasang <b>detektor beban listrik</b> untuk mencegah <i>overload</i>.</li> </ul> <p><b>b. Mencegah Gangguan Sistem Internal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Melakukan <b>pemeliharaan berkala</b> pada panel listrik, generator, dan kabel listrik.</li> <li>o Menggunakan sistem <b>redundansi</b> (dua generator cadangan atau lebih).</li> <li>o Menggunakan <b>pelindung petir</b> untuk menghindari kerusakan akibat sambaran petir.</li> </ul> <p><b>c. Mengatasi Gangguan Eksternal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Membuat sistem <b>pelindung infrastruktur</b> terhadap banjir atau</li> </ul> |

| METODE | TOPIK                                                    | KASUS                                                    | TANTANGAN                                                                | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                                          |                                                          |                                                                          | <p>kecelakaan eksternal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Melakukan inspeksi rutin terhadap <b>instalasi listrik di area terbuka</b>.</li> <li>o Menggunakan sensor deteksi kegagalan listrik agar perbaikan bisa dilakukan segera.</li> </ul> <p><b>5. Kesimpulan</b><br/> Metode <b>Fault Tree Analysis (FTA)</b> 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 <b>pencegahan dan mitigasi risiko</b> untuk mengurangi dampak pemadaman listrik di pabrik manufaktur.</p> |
|        | <b>Kegagalan sistem hidrolik pada crane di Pelabuhan</b> | Sebuah crane di pelabuhan tiba-tiba tidak dapat mengang- | 1. Bagaimana FTA dapat membantu menemukan akar penyebab kegagalan sistem | <p><i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

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



| 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 | <p>1. Bagaimana FTA dapat membantu mengidentifikasi kasi akar penyebab utama dari kebocoran ini?</p> <p>2. Apa saja skenario kegagalan yang mungkin terjadi dan bagaimana mencegahnya?</p> <p>3. Bagaimana cara</p> | <i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i> |

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

| 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 | <p>1. Bagaimana teknik RCA dapat mengungkap akar penyebab kecelakaan?</p> <p>2. Apakah ada kegagalan sistemik dalam manajemen keselamatan proyek?</p> <p>3. Apa tindakan korektif yang harus dilakukan untuk mencegah insiden serupa?</p> | <p><b>1. Identifikasi Insiden (<i>Top Event</i>)</b><br/>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.</p> <p><b>2. Pengumpulan Data</b><br/>Dalam investigasi awal, tim keselamatan proyek mengumpulkan data sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kondisi lingkungan:</b> Cuaca cerah, tidak ada gangguan eksternal.</li> <li>• <b>Kondisi pekerja:</b> Tidak menggunakan tali pengaman atau alat pelindung diri (APD) yang sesuai.</li> <li>• <b>Kondisi peralatan:</b> Tidak ada pagar pengaman di tepi lantai kerja, scaffolding kurang stabil.</li> <li>• <b>Saksi mata:</b> Beberapa pekerja lain melihat korban kehilangan keseimbangan sebelum jatuh.</li> <li>• <b>Prosedur kerja:</b> Tidak ada briefing keselamatan sebelum bekerja di ketinggian.</li> </ul> <p><b>3. Analisis Menggunakan Metode 5 Whys</b></p> |
|         |                                             |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| METODE | TOPIK | KASUS                                                                                            | TANTANGAN | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |       | ada kelalaian dalam sistem pengamanan, tetapi akar masalahnya masih perlu diteliti lebih lanjut. |           | <p>1) <b>Kenapa pekerja jatuh dari ketinggian?</b><br/> → Karena kehilangan keseimbangan saat memasang rangka baja.</p> <p>2) <b>Kenapa pekerja kehilangan keseimbangan?</b><br/> → Karena tidak menggunakan tali pengaman saat bekerja di ketinggian.</p> <p>3) <b>Kenapa pekerja tidak menggunakan tali pengaman?</b><br/> → Karena tidak tersedia atau tidak diwajibkan dalam pekerjaan tersebut.</p> <p>4) <b>Kenapa tali pengaman tidak tersedia atau tidak diwajibkan?</b><br/> → Karena pengawasan keselamatan kerja kurang ketat dan tidak ada inspeksi rutin.</p> <p>5) <b>Kenapa pengawasan keselamatan kerja kurang ketat?</b><br/> → Karena budaya keselamatan kerja di proyek tidak diterapkan dengan baik dan tidak ada hukuman bagi pelanggar.</p> <p>4. <b>Root Cause (Penyebab Utama):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak adanya budaya keselamatan kerja yang kuat.</li> <li>• Kurangnya pengawasan dan inspeksi terhadap kepatuhan penggunaan APD.</li> <li>• Kebijakan keselamatan kerja tidak diterapkan dengan disiplin di lapangan.</li> </ul> |

| METODE | TOPIK | KASUS | TANTANGAN | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------|-------|-------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |       |       |           | <p><b>5. Solusi dan Tindakan Korektif</b><br/>           Berdasarkan hasil analisis RCA, beberapa tindakan korektif yang harus diterapkan:</p> <p><b>a. Meningkatkan Kesadaran Keselamatan:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Mengadakan pelatihan rutin terkait keselamatan kerja di ketinggian.</li> <li>o Menyediakan papan informasi dan tanda peringatan keselamatan di area kerja.</li> </ul> <p><b>b. Pengawasan Lebih Ketat:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Menugaskan <i>safety officer</i> untuk melakukan inspeksi harian di area kerja berisiko tinggi.</li> <li>o Mewajibkan <i>supervisor</i> untuk memastikan semua pekerja menggunakan APD sebelum memulai pekerjaan.</li> </ul> <p><b>c. Meningkatkan Ketersediaan dan Kewajiban Penggunaan APD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Menyediakan tali pengaman dan peralatan keselamatan lain yang sesuai.</li> <li>o Memberikan sanksi bagi pekerja atau supervisor yang melanggar aturan keselamatan.</li> </ul> <p><b>d. Menyusun SOP Keselamatan yang Lebih Ketat:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Membuat prosedur wajib bagi semua pekerjaan di ketinggian,</li> </ul> |

| METODE | TOPIK                                          | KASUS                                                 | TANTANGAN                                                                                                      | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                                |                                                       |                                                                                                                | <p>termasuk pengecekan APD sebelum bekerja.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Memastikan semua pekerja mengikuti <i>toolbox meeting</i> sebelum memulai tugas.</li> </ul> <p><b>6. Kesimpulan</b></p> <p>Metode <b>Root Cause Analysis (RCA)</b> 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 <b>tindakan korektif berbasis penyebab utama</b>, diharapkan kecelakaan serupa dapat dicegah di masa depan, meningkatkan keselamatan kerja secara menyeluruh.</p> |
|        | Tumpahan bahan kimia berbahaya di laboratorium | Di laboratorium farmasi, seorang teknisi secara tidak | <p>1. Bagaimana RCA dapat membantu mengidentifikasi kasi akar penyebab kesalahan ini?</p> <p>2. Apakah ada</p> | <p><i>Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk melatih anda menjadi HSE yang handal</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

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

| METODE | TOPIK                                           | KASUS                                                                                                                               | TANTANGAN                                                                                                                                                                                                                                                               | ANALISIS LOGIS                                                                          |
|--------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                                 | membaca label bahan kimia.                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                         |
|        | Kecelakaan di area loading dock pabrik logistik | Seorang pekerja tertabrak forklift saat sedang memindahkan barang di area loading dock. Setelah investigasi lebih lanjut, ditemukan | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bagaimana RCA dapat membantu mengidentifikasi kasi akar penyebab kecelakaan ini?</li> <li>2. Apakah ada kekurangan dalam sistem pelatihan atau pengawasan?</li> <li>3. Apa tindakan korektif yang perlu diterapkan</li> </ol> | <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?<br>2. Faktor-faktor pengendali apa saja yang bisa diterapkan untuk mengurangi risiko?<br>3. Bagaimana | <p><b>1. Identifikasi Insiden (Top Event)</b><br/> <b>Insiden:</b> Terjadi kebakaran besar di gudang penyimpanan bahan bakar akibat percikan api yang mengenai uap bahan bakar yang mudah terbakar.</p> <p><b>2. Diagram Bowtie Analysis</b><br/> Metode <b>Bowtie Analysis</b> digunakan untuk menganalisis risiko dengan memetakan <b>penyebab (threats)</b> dan <b>dampak (consequences)</b> dari <b>kejadian utama (top event)</b> serta langkah-langkah <b>pencegahan (barriers)</b> dan <b>mitigasi (barriers)</b>.</p> <p><b>3. Diagram Bowtie Sederhana</b><br/> a. <b>Penyebab (Threats)</b><br/> 1) Kebocoran tangki penyimpanan → Uap bahan bakar menyebar<br/> 2) Percikan api dari peralatan listrik → Memicu kebakaran<br/> 3) Kelalaian pekerja (merokok, alat kerja panas, dll.)<br/> 4) Sistem ventilasi tidak memadai → Akumulasi gas mudah terbakar<br/> 5) Lonjakan listrik atau korsleting</p> <p>→ (TOP EVENT: Kebakaran di Gudang Penyimpanan Bahan Bakar) ←</p> |
|                      |                                             |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| METODE | TOPIK | KASUS                                               | TANTANGAN                                                             | ANALISIS LOGIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|-------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |       | percikan api dari peralatan listrik memicu ledakan. | memastikan strategi mitigasi yang efektif dalam pencegahan kebakaran? | <p><b>b. Dampak (Consequences)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Kerusakan gudang dan fasilitas sekitar</li> <li>2) Cedera atau kematian pekerja</li> <li>3) Pencemaran lingkungan akibat bahan bakar terbakar</li> <li>4) Gangguan operasional dan kerugian finansial</li> </ol> <p><b>4. Langkah-Langkah Pencegahan dan Mitigasi</b></p> <p><b>a. Pencegahan (<i>Preventive Barriers</i>)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>Sistem Deteksi dan Pencegahan Kebocoran:</b> Sensor gas, inspeksi rutin tangki bahan bakar</li> <li>2) <b>Prosedur Keselamatan Kerja:</b> Larangan merokok, penggunaan APD khusus</li> <li>3) <b>Ventilasi yang Memadai:</b> Mengurangi akumulasi gas berbahaya</li> <li>4) <b>Perawatan dan Inspeksi Peralatan Listrik:</b> Mencegah korsleting atau lonjakan Listrik</li> <li>5) <b>Pelatihan Keselamatan:</b> Edukasi pekerja tentang bahaya dan penanganan bahan bakar</li> </ol> <p><b>b. Mitigasi (<i>Mitigative Barriers</i>)</b></p> |

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

*Silakan dikerjakan analisis logisnya, untuk*

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

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

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

\*\*\*\*\*TS\*\*\*\*\*