

# Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi Bangunan Bertingkat Menggunakan Metode Bowtie

Amanda Parahita Padmarini<sup>1</sup>, Dewi Yustriarini<sup>2</sup>, Naufal Ariq Pratama<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia  
Jalan Dr. Setiabudi No.229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154

<sup>1</sup>E-mail: amanda.parahita03@upi.edu

*Abstract — The construction industry presents a high risk of work accidents, particularly in multi-story building projects. This study aims to analyze occupational accident risks in an educational building project in Sumedang Regency by identifying key risk factors and corresponding control measures. Data were obtained from questionnaires distributed to 10 respondents with at least two years of field experience. The analysis employed likelihood and severity matrices (AS/NZS 4360:2004) and the Bowtie method to map the relationship between causes, events, and consequences. Results indicate 45 risk factors, with four classified as high: workers falling during scaffolding installation, concreting, and formwork dismantling, and workers cut by sharp tools during rebar work. Unsafe working conditions and worker negligence were identified as dominant causes. This approach provides a comprehensive understanding of risk management for upper-structure work that can be adapted for similar construction projects.*

*Keywords: work accident risk; risk analysis; Bowtie method; construction project.*

*Abstrak — Industri konstruksi memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja yang tinggi, terutama pada proyek gedung bertingkat. Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko kecelakaan kerja pada proyek pembangunan gedung pendidikan di Kabupaten Sumedang dengan menyoroti faktor risiko utama serta upaya pengendaliannya. Data diperoleh melalui kuesioner kepada 10 responden berpengalaman minimal dua tahun, kemudian dianalisis menggunakan matriks kemungkinan dan keparahan (AS/NZS 4360:2004) serta metode Bowtie untuk memetakan hubungan antara penyebab, kejadian, dan dampak risiko. Hasil menunjukkan terdapat 45 faktor risiko, dengan empat kategori tinggi, yakni pekerja terjatuh saat pemasangan scaffolding, pengecoran, pembongkaran bekisting, dan teriris alat saat pembesian. Kondisi kerja yang tidak aman dan kelalaian pekerja menjadi penyebab dominan. Pendekatan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai pengelolaan risiko pekerjaan struktur atas yang dapat diterapkan pada proyek konstruksi serupa.*

*Kata-kata kunci: risiko kecelakaan kerja; analisis risiko; metode Bowtie; proyek konstruksi.*

## I. PENDAHULUAN

Risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam proyek konstruksi, khususnya pada pembangunan gedung bertingkat, merupakan salah satu isu krusial yang perlu mendapatkan perhatian serius. Kompleksitas struktur, kondisi lapangan yang dinamis, serta keterlibatan banyak pihak dalam waktu yang bersamaan, menjadikan potensi terjadinya kecelakaan kerja cukup tinggi. Kecelakaan yang terjadi tidak hanya berdampak pada keselamatan pekerja, tetapi juga dapat mengganggu kinerja proyek secara keseluruhan, baik dari sisi biaya, waktu, maupun mutu pekerjaan.

Berbagai faktor penyebab kecelakaan kerja dapat berasal dari tindakan tidak aman (*unsafe acts*), kondisi tidak aman (*unsafe conditions*), kurangnya pengawasan, lemahnya komunikasi antar tim, serta tidak adanya perencanaan pengendalian risiko yang memadai. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode analisis risiko yang

sistematis dan terukur untuk mengidentifikasi serta mengevaluasi potensi bahaya yang mungkin terjadi di lapangan.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan matriks risiko untuk menilai tingkat probabilitas (kemungkinan) dan dampak (konsekuensi) dari setiap risiko yang teridentifikasi. Risiko yang masuk dalam kategori tinggi hingga ekstrem perlu dianalisis lebih lanjut agar dapat ditentukan penyebab utamanya serta upaya pengendalian yang tepat.

Penelitian ini menggunakan metode Bowtie untuk menganalisis risiko dominan kecelakaan kerja pada pekerjaan struktur atas proyek gedung bertingkat. Metode Bowtie dikenal mampu memetakan secara visual hubungan antara penyebab risiko, dampak, serta langkah-langkah pengendalian yang bersifat preventif maupun mitigatif.

Objek penelitian dilakukan pada salah satu proyek pembangunan gedung bertingkat di

Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, dengan melibatkan kontraktor dan konsultan yang terlibat langsung dalam pekerjaan struktur. Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner yang telah divalidasi oleh para ahli, kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi risiko yang paling signifikan dan selanjutnya dikaji lebih dalam melalui pendekatan Bowtie.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Risiko

Menurut PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) edisi ke-6, risiko adalah peristiwa tidak pasti yang dapat berdampak positif atau negatif pada proyek (PMBOK, 2017). Risiko merupakan bagian inheren dari setiap kegiatan di tempat kerja, baik itu di industri, konstruksi, maupun layanan. Secara umum, risiko didefinisikan sebagai kemungkinan terjadinya peristiwa atau kondisi yang dapat mengakibatkan kerugian, cedera, atau kerusakan (Romadona, Sudirman, & Syarie, 2024).

2.1.1 Identifikasi Bahaya

Bahaya merupakan potensi yang dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan, keselamatan, atau lingkungan. Identifikasi bahaya adalah proses mengenali potensi yang bisa menimbulkan cedera atau kerugian di tempat kerja. Langkah ini penting dalam manajemen risiko untuk menemukan dan menilai potensi bahaya yang ada.

2.1.2 Penilaian Risiko

Penilaian risiko adalah cara untuk menghitung seberapa besar suatu risiko dan menentukan apakah risiko tersebut masih bisa diterima atau tidak (Ramli, 2010). Penilaian risiko mengacu pada standar *Australian/New Zealand Standard for Risk Management* (AS/NZS 4360:2004). Digunakan dua parameter utama dalam penilaian risiko, yaitu tingkat kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*).

Kemungkinan (*likelihood*) mengacu pada kemungkinan terjadinya suatu peristiwa atau insiden, dalam hal ini adalah kecelakaan kerja, seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala ukur tingkat kemungkinan (*likelihood*)

Level	Tingkat Kemungkinan ( <i>Likelihood</i> )	Deskripsi
1	Sangat Jarang Terjadi ( <i>Very Unlikely</i> )	Sangat kecil kemungkinannya, tidak pernah terjadi

Level	Tingkat Kemungkinan ( <i>Likelihood</i> )	Deskripsi
2	Jarang Terjadi ( <i>Unlikely</i> )	Dapat terjadi, namun kecil kemungkinannya / jarang terjadi
3	Mungkin Terjadi ( <i>Possible</i> )	Dapat terjadi sesekali atau mungkin terjadi pada kondisi tertentu
4	Sering Terjadi ( <i>Likely</i> )	Sering terjadi / kemungkinan terjadi secara berkala
5	Sangat Sering Terjadi ( <i>Almost Certain</i> )	Dapat terjadi kapan saja

Sumber: AS/NZS 4360 (2004)

Sedangkan keparahan (*severity*) adalah tingkatan yang menggambarkan seberapa parah dampak dari suatu kecelakaan yang mungkin terjadi, seperti yang terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skala ukur tingkat keparahan (*severity*)

Level	Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> )	Deskripsi
1	Tidak Signifikan ( <i>Insignificant</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tidak ada cedera</li> <li>Tidak ada dampak pada lingkungan</li> <li>Kerugian finansial sedikit</li> </ul>
2	Kecil ( <i>Minor</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cedera ringan, misal luka lecet</li> <li>Dampak kecil pada lingkungan</li> <li>Kerugian finansial sedang</li> </ul>
3	Sedang ( <i>Moderate</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cedera sedang yang memerlukan penanganan medis</li> <li>Dampak sedang pada lingkungan</li> <li>Kerugian finansial cukup besar</li> </ul>
4	Berat ( <i>Major</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cedera serius yang memerlukan perawatan medis &gt; orang</li> <li>Kerusakan lingkungan serius dan jangka Panjang</li> <li>Kerugian finansial besar</li> <li>Gangguan produksi</li> </ul>
5	Bencana ( <i>Catastrophic</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kematian atau cedera yang memerlukan perawatan medis serius (Fatal) &gt; 1 orang</li> <li>Kerusakan lingkungan sangat serius dan jangka Panjang</li> <li>Kerugian finansial sangat besar</li> <li>Dampak yang sangat luas (terhentinya seluruh kegiatan)</li> </ul>

Sumber: AS/NZS 4360 (2004)

Setelah hasil dari perhitungan tingkat risiko ditemukan, selanjutnya adalah menentukan nilai *risk matrix* (matriks risiko) yang diperoleh dengan mengalikan nilai *likelihood* dan *severity*, sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Matriks penilaian risiko

AS/NZS 4360 : 2004	<i>Severity</i>				
	<i>Insignificant</i> (1)	<i>Minor</i> (2)	<i>Mode rate</i> (3)	<i>Major</i> (4)	<i>Catastro phic</i> (5)
<i>Likeli</i> : <i>Almost Certain</i> (5)	5	10	15	20	25

Likely (4)	4	8	12	16	20
Possible (3)	3	6	9	12	15
Unlikely (2)	2	4	6	8	10
Rare (1)	1	2	3	4	5

Sumber: AS/NZS 4360 (2004)

Tabel 4. Keterangan matriks risiko

Risk Matrix	Deskripsi
Very High (Sangat Tinggi)	Tidak dapat ditoleransi dan perlu penanganan segera
High (Tinggi)	Tidak diinginkan dan memerlukan perhatian khusus
Medium (Sedang)	Diterima dengan persetujuan dan tanggung jawab tinggi
Low (Rendah)	Diterima dengan persetujuan oleh tim manajemen

Sumber: AS/NZS 4360 (2004)

## 2.2 Metode Bowtie

Analisis Bowtie adalah metode visual untuk menggambarkan jalur risiko dari penyebab hingga konsekuensi, sekaligus menunjukkan pengendalian atau penghalang (*barrier*) yang ada di antaranya. Metode ini menggabungkan konsep fault tree analysis (penyebab) dan event tree analysis (konsekuensi), tetapi lebih sederhana dan mudah dipahami sehingga efektif sebagai alat komunikasi risiko (Alijoyo, Wijaya, & Jacob, 2021).

### 2.2.1 Bahaya

Analisis bowtie dimulai dengan mengidentifikasi bahaya, yaitu kondisi, objek, atau aktivitas yang berpotensi menimbulkan kerugian (Alijoyo, Wijaya, & Jacob, 2021). Bahaya dapat berupa risiko terhadap kesehatan, keselamatan, lingkungan, atau kerusakan aset (Aust & Pons, 2019).

### 2.2.2 Peristiwa Puncak

Setelah bahaya dikenali, langkah berikutnya adalah menentukan peristiwa puncak, yaitu saat kendali terhadap bahaya hilang. Peristiwa ini belum menimbulkan dampak langsung, tetapi dapat menyebabkan konsekuensi serius jika semua penghalang gagal (Aust & Pons, 2019).

### 2.2.3 Penyebab Bahaya

Ancaman adalah faktor yang memicu terjadinya peristiwa puncak. Dengan merumuskan penyebab secara spesifik, langkah pengendalian yang tepat dapat ditentukan (Aust & Pons, 2019).

### 2.2.4 Konsekuensi/Dampak

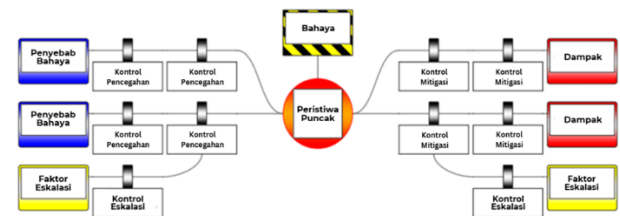
Konsekuensi adalah hasil yang muncul dari peristiwa puncak ketika penghalang mitigasi tidak berfungsi. Penentuan konsekuensi harus jelas dan spesifik agar langkah pengendalian lebih efektif (Aust & Pons, 2019).

### 2.2.5 Kontrol Pencegahan dan Mitigasi

Analisis bowtie menunjukkan kontrol di kedua sisi peristiwa puncak. Kontrol pencegahan mencegah penyebab terjadi, sedangkan kontrol mitigasi dan pemulihan berfungsi mengurangi dampak jika peristiwa tetap terjadi (Alijoyo, Wijaya, & Jacob, 2021).

### 2.2.6 Faktor Eskalasi dan Kontrol Eskalasi

Kontrol dapat gagal karena adanya faktor eskalasi, yaitu alasan yang melemahkan efektivitas kontrol. Untuk itu diperlukan kontrol eskalasi, berupa langkah tambahan yang memastikan kontrol utama tetap berjalan (Alijoyo, Wijaya, & Jacob, 2021).



Gambar 1. Metode Bowtie

Sumber: S.Aust, J., & Pons, D. (2019)

## III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan tujuan menganalisis tingkat kemungkinan dan keparahan kecelakaan kerja. Fokus penelitian diarahkan pada identifikasi risiko kecelakaan yang terjadi pada pekerjaan struktur atas.

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian awal didapatkan dari studi literatur, observasi di lapangan, dan wawancara dengan kontraktor maupun konsultan, yang kemudian akan disusun dalam kuesioner untuk melaksanakan survei pendahuluan dan survei utama kepada responden.

### 3.3 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer

dan data sekunder. Instrumen penelitian dikembangkan oleh penulis dan disempurnakan melalui penilaian *expert judgment* dengan melibatkan 3 ahli yang berpengalaman di bidang keselamatan konstruksi. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa variabel dan indikator yang tercantum dalam kuesioner telah sesuai serta relevan dengan kondisi proyek yang dikaji. Selanjutnya, instrumen tersebut diuji kelayakannya melalui uji validitas dan reliabilitas untuk menjamin keakuratan serta konsistensinya dalam mengukur variabel penelitian.

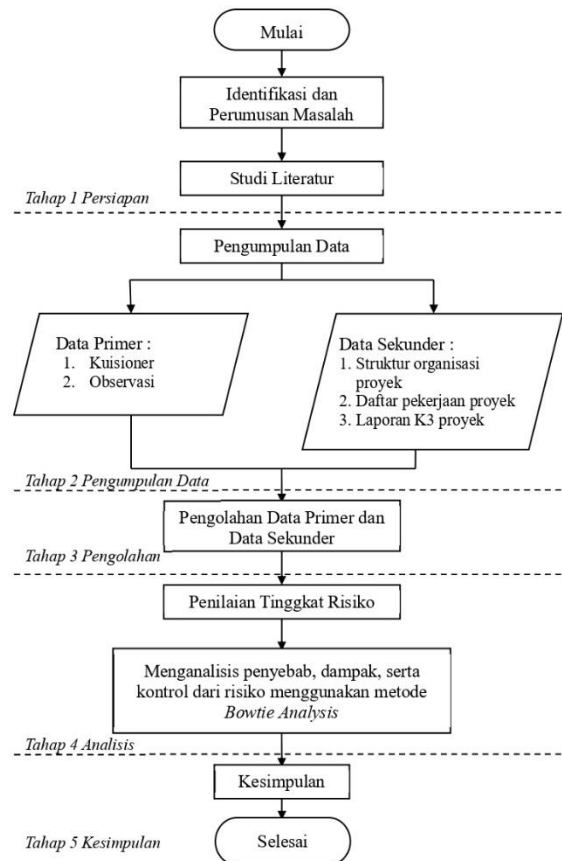
### 3.4 Populasi dan sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah pihak-pihak yang terlibat dalam proyek pembangunan gedung X. Dari populasi tersebut, akan diambil sampel dengan memilih 10 responden yang memiliki keterkaitan langsung dengan risiko kecelakaan kerja pada proyek tersebut, yaitu:

- a) *Project Manager*, sebanyak 1 orang.
- b) *Site Manager*, sebanyak 1 orang.
- c) HSE/K3, sebanyak 2 orang.
- d) *Drafter*, sebanyak 1 orang.
- e) MEP, sebanyak 1 orang.
- f) Inspektur Pengawas, sebanyak 2 orang.
- g) Admin Project, sebanyak 2 orang.

### 3.5 Survei Kuesioner

Survei dilakukan untuk mengidentifikasi variabel risiko kecelakaan kerja, serta mengetahui kemungkinan dan keparahan dari risiko kecelakaan kerja. Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alir

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Identifikasi Risiko

Langkah ini dilakukan melalui studi literatur, observasi di lapangan, dan wawancara dengan kontraktor maupun konsultan yang kemudian disusun dalam bentuk kuesioner untuk melakukan survei pendahuluan kepada 3 *expert judgment*.

### 4.2 Penilaian Risiko

Langkah ini dilakukan dengan tahap sebagai berikut:

- 1) Penyebaran survei utama hasil identifikasi risiko awal kepada 10 responden terpilih, untuk menentukan tingkat kemungkinan risiko dapat terjadi dan keparahan yang ditimbulkan dari risiko tersebut,
- 2) Menentukan risiko dominan yaitu variabel risiko yang memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja paling tinggi pada matriks risiko.

Penilaian risiko dilakukan dengan menggunakan tingkat kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat

keparahan (*severity*) seperti yang dijelaskan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Data yang diperoleh dari kuesioner terhadap 10 responden, kemudian diolah untuk mendapatkan nilai *likelihood index* dan *severity index* dengan menggunakan rumus:

$$LI/SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i \times n_i}{4N} \times 100\% \quad \dots 1)$$

Dimana:

- LI = *Likelihood Index*;
- SI = *Severity Index*;
- a = konstanta penilaian (0 s/d 4) ;
- n = probabilitas responden;
- i = 0,1,2,3,4, ...n;
- N = total jumlah responden

Berikut ini merupakan contoh perhitungan menggunakan metode *Likelihood Index* (LI). Berdasarkan data yang didapat melalui kuesioner probabilitas terjadinya risiko pada variabel risiko X1 (pekerja jatuh dari ketinggian pada pekerjaan pemasangan scaffolding) didapat data sebagai berikut, yaitu 5 responden menyatakan kemungkinan Sangat Jarang Terjadi (*Very Unlikely*), 4 responden menyatakan Jarang Terjadi (*Unlikely*), 1 responden menyatakan Mungkin Terjadi (*Possible*), 0 responden menyatakan Sering Terjadi (*Likely*), 0 responden menyatakan Sangat Sering Terjadi (*Almost Certain*).

$$LI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i \times n_i}{4N} \times 100\%$$

$$LI_{X1} = \frac{\{(5 \times 0) + (4 \times 1) + (1 \times 2) + (0 \times 3) + (0 \times 4)\}}{4.10} \times 100\%$$

$$LI_{X1} = \frac{6}{40} \times 100\%$$

$$LI_{X1} = 15\%$$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan menggunakan metode *Severity Index* (SI). Berdasarkan data yang didapat melalui kuesioner

probabilitas terjadinya risiko pada variabel risiko X1 (pekerja jatuh dari ketinggian pada pekerjaan pemasangan scaffolding) didapat data sebagai berikut, yaitu 0 responden menyatakan kemungkinan Tidak Signifikan (*Insignificant*), 0 responden menyatakan Kecil (*Minor*), 0 responden menyatakan Sedang (*Moderate*), 2 responden menyatakan Berat (*Major*), 8 responden menyatakan Bencana (*Catastrophic*).

$$LI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i \times n_i}{4N} \times 100\%$$

$$SI_{X1} = \frac{\{(0 \times 0) + (0 \times 1) + (0 \times 2) + (2 \times 3) + (8 \times 4)\}}{4.10} \times 100\%$$

$$SI_{X1} = \frac{38}{40} \times 100\%$$

$$SI_{X1} = 95\%$$

Nilai *likelihood index* dan *severity index* yang didapatkan tersebut masih dalam bentuk prosentase, sehingga perlu dilakukan konversi persentase nilai LI/SI ke dalam skala penilaian kemungkinan dan keparahan yang dikemukakan oleh Abd Majid & McCaffer pada tahun 1997 berdasarkan Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Skala penilaian kemungkinan dan keparahan

Level	Skala (LI/SI)	Nilai LI/SI (%)
1	Sangat Jarang Terjadi / Tidak Signifikan	0,00 ≤ LI/SI < 12,5
2	Jarang Terjadi / Kecil	12,5 ≤ LI/SI < 37,5
3	Mungkin Terjadi / Sedang	37,5 ≤ LI/SI < 62,5
4	Sering Terjadi / Berat	62,5 ≤ LI/SI < 87,5
5	Sangat Sering Terjadi / Bencana	87,5 ≤ LI/SI ≤ 100

Sumber: Abd. Majid & McCaffer (1997)

Nilai LI sebesar 15% adalah masuk dalam kategori Jarang Terjadi (*Unlikely*), sedangkan nilai SI sebesar 95% masuk dalam kategori Bencana (*Catastrophic*).

Hasil penilaian *Likelihood Index* dan *Severity Index* kemudian dipetakan pada matriks risiko berdasarkan Tabel 3, sehingga didapatkan hasil penilaian risiko seperti pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil kemungkinan (*likelihood*) x keparahan (*severity*)

No.	Aktivitas	Bahaya (Hazard)	Kode	Risiko (Risk)	Variabel Code	Likelihood Index	Rank	Severity Index	Rank	Likelihood x Severity	Kategori Matriks
1	Pekerjaan Pemasangan Scaffolding	Pemasangan scaffolding pada ketinggian	X1	Pekerja terjatuh dari ketinggian	X1	15%	2	95%	5	10	High
			X2	Pekerja tertimpa material/peralatan yang jatuh dari ketinggian	X2	15%	2	70%	4	8	Medium
			X3	Pekerja terjepit saat perakitan perancah	X3	25%	2	48%	3	6	Medium

No.	Aktivitas	Bahaya (Hazard)	Kode	Risiko (Risk)	Variabel Code	Likelihood Index	Rank	Severity Index	Rank	Likelihood x Severity	Kategori Matriks
2	Pemasangan Bekisting	Permukaan platform licin	X4	Pekerja tergores	X4	55%	3	38%	3	9	Medium
			X5	Kepala pekerja terbentur	X5	35%	2	18%	2	4	Medium
			X6	Pekerja terpeleset	X6	20%	2	43%	3	6	Medium
		Pengerjaan bekisting pada ketinggian	X7	Pekerja terjatuh dari ketinggian	X7	18%	2	80%	4	8	Medium
			X8	Pekerja tertimpa material/peralatan yang jatuh dari ketinggian	X8	20%	2	78%	4	8	Medium
		Pemasangan bekisting menggunakan peralatan tajam (manual)	X9	Pekerja terluka/tertusuk	X9	38%	3	43%	3	9	Medium
			X10	Pekerja tergores	X10	40%	3	28%	2	6	Medium
			X11	Pekerja teriris/terpotong	X11	33%	2	53%	3	6	Medium
		Pemasangan bekisting yang tidak kokoh	X12	Pekerja tertimpa bekisting yang ambruk/roboh	X12	18%	2	53%	3	6	Medium
			X13	Pekerja terjepit bekisting	X13	23%	2	35%	2	4	Medium
		3	Pekerjaan Pembesian	Penggunaan peralatan tajam pada saat pembesian	X14	Pekerja terjepit	X14	25%	2	48%	3
X15	Pekerja tergores				X15	55%	3	38%	3	9	Medium
X16	Pekerja terluka/tertusuk				X16	50%	3	45%	3	9	Medium
X17	Pekerja teriris/terpotong			X17	40%	3	63%	4	12	High	
X18	Peralatan yang menggunakan sumber listrik			X18	Pekerja tersengat listrik akibat terjadinya korsleting listrik	X18	18%	2	73%	4	8
3	Pekerjaan Pembesian (Lanjutan)	Peralatan yang menggunakan sumber listrik (Lanjutan)	X19	Terjadi kebakaran akibat terjadinya korsleting listrik	X19	18%	2	78%	4	8	Medium
			X20	Pekerja tertusuk material tajam berserakan	X20	50%	3	55%	3	9	Medium
		Lokasi pembesian yang tidak steril/tidak bersih	X21	Pekerja tergores material tajam berserakan	X21	60%	3	38%	3	9	Medium
			X22	Debu-debu halus dari besi masuk ke mata	X22	38%	3	33%	2	6	Medium
			X23	Pekerja Tersandung	X23	43%	3	18%	2	6	Medium
		Pembesian pada ketinggian	X24	Pekerja terjatuh dari ketinggian	X24	10%	1	90%	5	5	Medium
			X25	Pekerja tertimpa material/peralatan yang jatuh dari ketinggian	X25	20%	2	78%	4	8	Medium
4	Pengecoran Kolom, Balok, Plat lantai	Pengecoran di ketinggian	X26	Pekerja terjatuh dari ketinggian	X26	18%	2	90%	5	10	High
			X27	Pekerja tertimpa material/peralatan yang jatuh dari ketinggian	X27	15%	2	73%	4	8	Medium
		Penggunaan concrete vibrator untuk memadatkan beton	X28	Pekerja mengalami iritasi kulit karena terkena adonan beton	X28	23%	2	33%	2	4	Medium
			X29	Mata pekerja terkena cipratan beton	X29	30%	2	25%	2	4	Medium

No.	Aktivitas	Bahaya (Hazard)	Kode	Risiko (Risk)	Variabel Code	Likelihood Index	Rank	Severity Index	Rank	Likelihood x Severity	Kategori Matriks
5	Peralatan yang menggunakan sumber listrik (genset)	Peralatan yang menggunakan sumber listrik (genset)	X30	Pekerja tersengat listrik akibat terjadinya korsleting listrik	X30	23%	2	73%	4	8	Medium
			X31	Terjadi kebakaran akibat terjadinya korsleting listrik	X31	10%	1	80%	4	4	Medium
		Lokasi pengecoran yang tidak steril/tidak bersih	X32	Pekerja tertusuk material tajam berserakan	X32	45%	3	40%	3	9	Medium
			X33	Pekerja tergores material tajam berserakan	X33	43%	3	35%	2	6	Medium
	Penggunaan Tower Crane untuk mengangkat alat dan material	Penggunaan Tower Crane untuk mengangkat alat dan material	X34	Pekerja Tersandung	X34	43%	3	28%	2	6	Medium
			X35	Concrete bucket jatuh mengenai pekerja di bawahnya	X35	10%	1	83%	4	4	Medium
			X36	Sling putus	X36	5%	1	83%	4	4	Medium
			X37	Tower crane collapse	X37	5%	1	93%	5	5	Medium
	Pembongkaran Bekisting	Pengerjaan pembongkaran bekisting pada ketinggian	X38	Boom/jib patah	X38	8%	1	93%	5	5	Medium
			X39	Pekerja terjatuh dari ketinggian	X39	18%	2	90%	5	10	High
			X40	Pekerja tertimpa material/peralatan yang jatuh dari ketinggian	X40	18%	2	73%	4	8	Medium
			X41	Pekerja tertusuk	X41	25%	2	53%	3	6	Medium
	Pembongkaran Bekisting (Lanjutan)	Pembongkaran bekisting menggunakan peralatan tajam (manual)	X42	Pekerja tergores	X42	33%	2	38%	3	6	Medium
			X43	Pekerja tertimpa bekisting yang ambruk/robok	X43	18%	2	58%	3	6	Medium
X44			Pekerja terjepit bekisting	X44	30%	2	38%	3	6	Medium	
X45			Pekerja terpental alat	X45	25%	2	45%	3	6	Medium	

Sumber: Penulis (2025)

### 4.3 Metode Bowtie

Setelah didapatkan variabel risiko “*high*” atau dominan dari penilaian tingkat risiko maka selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode bowtie untuk menganalisis penyebab, dampak serta kontrol dari risiko tersebut. Didapatkan 4 variabel dengan tingkat risiko “*high*” yaitu pada variabel:

- X1 (Pekerja terjatuh dari ketinggian pada pekerjaan pemasangan scaffolding),
- X17 (Pekerja teriris/terpotong pada saat penggunaan peralatan tajam pada saat pembesian),
- X26 (Pekerja terjatuh dari ketinggian pada pekerjaan pengecoran), dan
- X39 (Pekerja terjatuh dari ketinggian pada pengerjaan pembongkaran bekisting).

Terdapat 3 variabel dengan risiko yang sama yaitu “terjatuh dari ketinggian”, sehingga penulis kelompokkan menjadi satu. Sehingga berikut adalah diagram bowtie dari risiko yang tergolong “*High*” yang terpilih, seperti yang terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

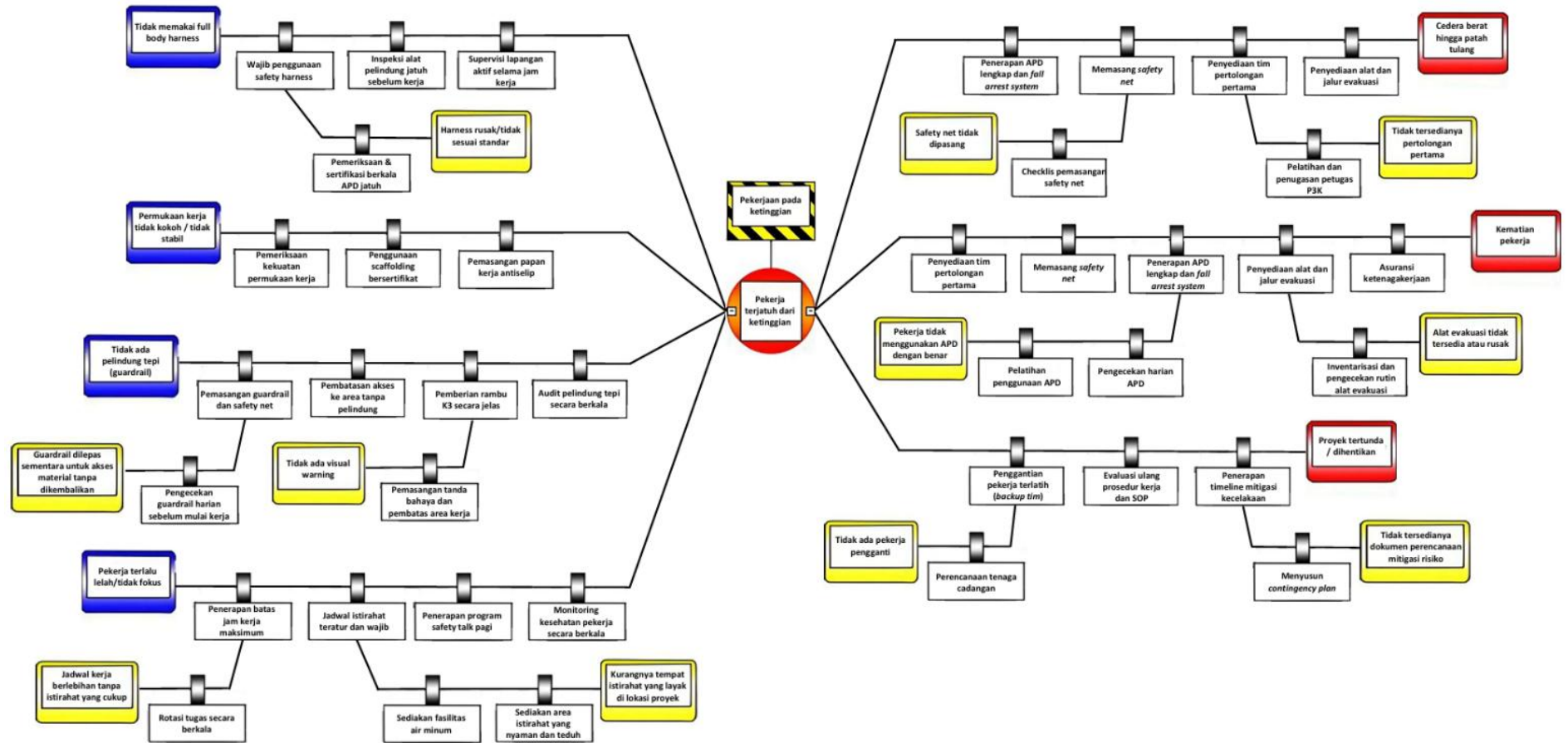
### 4.4 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa risiko kecelakaan kerja paling dominan terjadi pada aktivitas pekerjaan struktur atas, khususnya pekerjaan yang melibatkan ketinggian dan penggunaan alat tajam, seperti pemasangan scaffolding, pembesian, pengecoran, dan pembongkaran bekisting. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Gusti dan Wiguna (2021) yang juga mengidentifikasi jatuh dari ketinggian dan tertimpa material sebagai risiko tertinggi pada proyek gedung bertingkat di

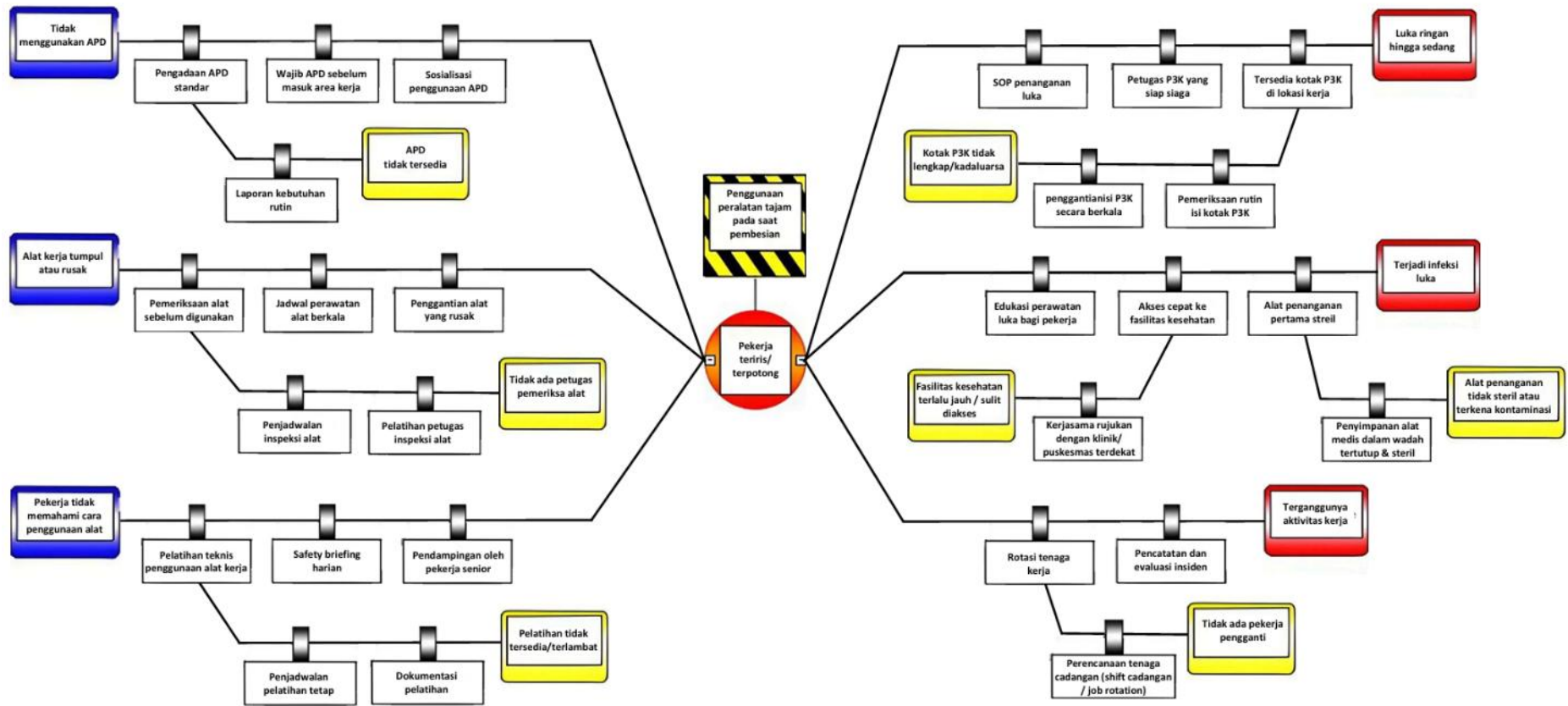
Surabaya. Kondisi tersebut umumnya disebabkan oleh kurangnya penggunaan alat pelindung diri (APD) serta pengawasan kerja yang belum optimal.

Selain itu, hasil penelitian ini juga mendukung temuan Ardiansyah et al. (2022) yang menegaskan bahwa faktor manusia, khususnya tindakan tidak aman (*unsafe acts*) dan kondisi kerja tidak aman (*unsafe conditions*), merupakan penyebab dominan kecelakaan di proyek konstruksi Indonesia dalam satu dekade terakhir. Dalam konteks penelitian ini, faktor kelalaian pekerja dan kondisi kerja yang tidak stabil menjadi penyumbang utama risiko tinggi.

Namun, dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, studi ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam melalui penerapan metode Bowtie untuk memetakan hubungan sebab-akibat dan mekanisme pengendalian secara visual. Pendekatan ini membantu mengidentifikasi tidak hanya penyebab langsung, tetapi juga kontrol pencegahan dan mitigasi yang dapat diterapkan pada setiap titik risiko. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya mengonfirmasi temuan sebelumnya, tetapi juga memperluasnya dengan memberikan model analisis yang lebih terstruktur dan aplikatif bagi penerapan K3 di proyek struktur atas.



Gambar 3. Diagram Bowtie pekerja terjatuh dari ketinggian



Gambar 4. Diagram Bowtie pekerja teriris/terpotong

## V. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis risiko dengan menggunakan metode Bowtie pada Proyek Pembangunan Gedung X, diperoleh empat risiko kecelakaan kerja yang paling dominan, yaitu: [1] pekerja terjatuh dari ketinggian saat pemasangan scaffolding (X1), [2] pekerja teriris atau terpotong saat melakukan pembesian (X17), [3] pekerja terjatuh dari ketinggian saat pengecoran kolom, balok, dan plat lantai (X26), serta [4] pekerja terjatuh dari ketinggian saat pembongkaran bekisting (X39).
2. Metode Bowtie terbukti efektif dalam memvisualisasikan hubungan antara penyebab, kejadian utama, dan konsekuensi, serta menempatkan langkah pengendalian pada sisi pencegahan dan mitigasi secara terstruktur. Temuan menunjukkan bahwa penyebab utama kecelakaan adalah tidak digunakannya APD, kondisi kerja yang tidak stabil, ketiadaan pelindung tepi, serta rendahnya kesadaran pekerja terhadap standar K3. Dampaknya mencakup cedera ringan hingga berat, kematian pekerja, infeksi luka, serta terganggunya aktivitas proyek.
3. Langkah pengendalian yang direkomendasikan meliputi penerapan wajib APD, pemasangan sistem perlindungan jatuh (*fall arrest system* dan *safety net*), inspeksi alat kerja berkala, serta peningkatan pelatihan dan pengawasan.
4. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyusunan model analisis risiko visual berbasis metode Bowtie yang dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam penerapan sistem manajemen K3 pada pekerjaan struktur atas proyek gedung bertingkat. Selain itu, hasil penelitian ini memperluas penerapan metode Bowtie yang sebelumnya lebih banyak digunakan di sektor minyak dan gas ke bidang konstruksi bangunan di Indonesia, sehingga memberikan nilai tambah baik secara teoretis maupun praktis bagi pengelolaan keselamatan kerja proyek.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M. K., Irawan, S., & Purba, H. H. (2022). Identifikasi faktor risiko keselamatan pada proyek konstruksi bangunan gedung di Indonesia dalam 10 tahun terakhir (2011–2021): Kajian literatur. *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 20(1), 45–58. <https://doi.org/10.52330/jtm.v20i1.46>
- Alijoyo, A., Wijaya, B., & Jacob, I. (2021). *Bow Tie analysis*. LSP MKS.
- AS/NZS. (2004). *Australian/New Zealand standard on risk management*. Standards Australia & Standards New Zealand.
- Aust, J., & Pons, D. (2019). Bowtie methodology for risk analysis of visual borescope inspection during aircraft engine maintenance. *Aerospace*, 6(10), Article 110. <https://doi.org/10.3390/aerospace6100110>
- Bramantio, B., & Rachmawati, F. (2021). Analisis risiko kecelakaan kerja menggunakan metode Bowtie pada Proyek The Grandstand Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), D170–D175. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.72060>
- Gusti, R. N., & Wiguna, P. A. (2021). Analisis risiko kecelakaan kerja pada proyek pembangunan Gedung Kampus II UINSA Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), D185–D191. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.74036>
- International Labour Organization. (2013). *Keselamatan dan kesehatan kerja: Sarana untuk produktivitas*. International Labour Office.
- Majid, R., & McAffer. (1997). Discussion of assessment of work performance of maintenance contractors in Saudi Arabia. *Journal of Management in Engineering*, 13(5), 91–94. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(1997\)13:5\(91\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(1997)13:5(91))
- Priyono, A., & Harianto, F. (2019). Analisis penerapan sistem manajemen K3 dan kelengkapan fasilitas K3 pada proyek konstruksi gedung di Surabaya. *Rekayasa Jurnal Teknik Sipil*, 4(2). <https://doi.org/10.53712/tjrs.v4i2.783>
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.). Project Management Institute.
- Romadona, H. G., Sudirman, L., & Syarie, E. (2024). Efektivitas sistem manajemen keselamatan dan kesehatan. *Wawasan: Jurnal Hukum*, 8(1), 200–212. <https://doi.org/10.33087/wjh.v8i1.1402>
- Suryani, & Pramulia, R. (2022). Pemberdayaan pekerja dalam penggunaan full body harness saat bekerja di ketinggian. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Radisi*, 2(2), 43–49. <https://doi.org/10.55266/pkmradiasi.v2i2.141>