



## Analisis Risiko Teknis Rencana Keselamatan Konstruksi Pada Pembangunan Gedung Menggunakan Metode PROMETHEE

Wahid Hidayatullah<sup>1</sup>, Anita Trisiana<sup>2</sup>, Jojok Widodo Soetjipto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Sipil, Universitas Jember, Jember, Indonesia

\*Corresponding author's email: [whidh96@gmail.com](mailto:whidh96@gmail.com)

Diterima Juli 2024, Direvisi Agustus 2024, Disetujui Oktober 2024, Terbit Oktober 2024

**Abstract:** Implementing the Construction Safety Management System (SMKK) is crucial, considering the high number of work accidents in building projects in Indonesia. This study aims to identify and rank work safety risks in the construction project of the State Higher Education Hospital of Jember University and compile control recommendations for the highest risks. The analysis methods used are the Risk Breakdown Structure (RBS) and the Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE). Primary data were obtained from distributing questionnaires and interviews with 10 key project respondents. The identification results showed 40 categories of technical risks, with the highest risk being "falling from a height" on the work of the 6th-floor beam of the upper structure. Control recommendations include the installation of K3 signs, increased supervision, provision and use of PPE, and implementation of Job Safety Analysis (JSA). These findings confirm that combining RBS and PROMETHEE can provide accurate and applicable risk ranking results to support effective construction safety planning.

**Keywords:** Preference Ranking Organization For Enrichment Evaluation, Risk Variabels, Building construction, RKK

**Abstrak:** Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) menjadi hal yang krusial mengingat tingginya angka kecelakaan kerja pada proyek bangunan gedung di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memeringkat risiko keselamatan kerja pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Pendidikan Tinggi Negeri Universitas Jember, serta menyusun rekomendasi pengendalian terhadap risiko tertinggi. Metode analisis yang digunakan adalah Risk Breakdown Structure (RBS) dan Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE). Data primer diperoleh dari penyebaran kuesioner dan wawancara kepada 10 responden kunci proyek. Hasil identifikasi menunjukkan 40 kategori risiko teknis, dengan risiko tertinggi adalah "terjatuh dari ketinggian" pada pekerjaan balok lantai 6 struktur atas. Rekomendasi pengendalian mencakup pemasangan rambu K3, peningkatan pengawasan, penyediaan dan penggunaan APD, serta pelaksanaan Job Safety Analysis (JSA). Temuan ini menegaskan bahwa kombinasi RBS dan PROMETHEE mampu memberikan hasil pemeringkatan risiko yang akurat dan aplikatif untuk mendukung perencanaan keselamatan konstruksi yang efektif.

**Keywords:** Preference Ranking Organization For Enrichment Evaluation, Variabel Risiko, Pembangunan Gedung, RKK

### 1. Pendahuluan

Kecelakaan kerja adalah kejadian yang tidak terencana, tidak terkontrol, dan tidak terduga sebelumnya sehingga dapat mengganggu efektivitas kerja seseorang [1]. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah hak dasar bagi tenaga kerja, dengan salah satu tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja [2]. Melalui K3, berbagai upaya pengendalian terhadap segala bentuk potensi bahaya di lingkungan kerja dapat diminimalisir [3-5]. Oleh karena itu pada setiap proyek wajib menyusun dokumen RKK. Tujuan dari dibuatnya dokumen RKK berfungsi untuk mengidentifikasi, mengendalikan, dan mengurangi potensi risiko bahaya padaprojek konstruksi. Hal ini menjadikan RKK sebagai alat penting dalam menjamin keselamatan konstruksi pada proyek serta menciptakan lingkungan konstruksi yang aman [6-7].

Di dalam konstruksi proyek, analisis risiko kecelakaan dan keselamatan konstruksi merupakan langkah yang sangat penting untuk mendeteksi potensi bahaya yang sebelumnya berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja serta mengganggu keselamatan dan kelancaran proyek. Beberapa teknik analisis risiko yang paling sering digunakan adalah Job Safety Analysis (JSA) [8], yang membedah aktivitas kerja menjadi langkah-langkah yang sarat prosedur untuk tujuan mengenali kemungkinan bahaya dan tindakan pengendalian; Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) [4], untuk menentukan tingkat keparahan dan kemungkinan terjadinya

risiko; dan Fault Tree Analysis (FTA) [9], yang meneliti kemungkinan kegagalan suatu sistem atau komponen dan pengaruhnya terhadap keselamatan. Selain itu, Metode Bowtie Analysis menggandakan-kenalkan penyebab dan akibat kecelakaan bersama-sama dalam satu model, yang dapat divisualisasikan [10] dan Metode PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) [11]. Di Indonesia, metode-metode ini umum digunakan dengan pendekatan hierarkis Permenaker No. 5 Tahun 2018 untuk mengendalikan risiko, yaitu dari menghilangkan bahaya hingga menggunakan Alat Pelindung Diri (APD). Pemilihan metode yang efektif dibedakan atas dasar kompleksitas proyek, tingkat ancaman yang dihadapi, dan siapa saja tim manajemen proyek untuk melakukan pengendalian secara sistematis.

Proyek Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri Universitas Jember berada di kawasan Patrang Jember, sedang melaksanakan pembangunan gedung, nantinya rumah sakit ini akan difungsikan sebagai tempat pelayanan kesehatan. Pada penelitian ini meninjau RKK yang terdiri enam lantai serta basement. Proyek RSPTN UNEJ ini membutuhkan RKK untuk mencegah terjadinya kecelakaan konstruksi sehingga dapat menghambat alur pekerjaan pada proyek. Pada permasalahan pembangunan gedung yang sangat kompleks membutuhkan analisis risiko setiap pekerjaan secara mendetail. Oleh karena itu analisis risiko yang sesuai adalah analisis risiko yang memberikan penilaian peluang atau kemungkinan suatu kejadian dan dampak dengan probabilitas dan dampak dari adanya risiko tersebut. Risiko dapat di telaah dengan metode Risk Breakdown Structure (RBS) serta PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) [11]. Penelitian ini mengevaluasi sebuah pendekatan manajemen risiko yang menggunakan metode PROMETHEE untuk menganalisis peringkat risiko utama sehingga dapat mendeteksi semua risiko kecelakaan kerja dengan sangat detail dan dapat diterapkan pada proyek gedung yang sangat kompleks.

Meskipun berbagai studi sebelumnya telah mengulas penerapan metode analisis risiko seperti HIRA, FTA, dan JSA dalam konteks proyek konstruksi, masih sedikit penelitian yang secara sistematis mengintegrasikan metode pemetaan risiko hierarkis seperti RBS dengan teknik pemeringkatan multikriteria seperti PROMETHEE dalam konteks proyek gedung bertingkat di Indonesia. Selain itu, pendekatan berbasis data lapangan dari pekerja langsung dan manajer proyek juga masih terbatas. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada penggunaan PROMETHEE untuk memeringkat risiko secara kuantitatif dari hasil input kualitatif melalui kuesioner dan wawancara, serta penerapannya secara langsung pada struktur kompleks rumah sakit pendidikan. Hasilnya tidak hanya menghasilkan peringkat risiko, tetapi juga merekomendasikan tindakan mitigasi berbasis hasil analisis kuantitatif dan brainstorming partisipatif di lapangan.

## 2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang didukung oleh teknik pengambilan keputusan multikriteria (MCDM) untuk menganalisis dan memprioritaskan risiko keselamatan pada proyek konstruksi. Tujuannya adalah menyusun Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) yang terukur berdasarkan identifikasi risiko aktual, pemetaan risiko, dan pemeringkatan prioritas menggunakan metode PROMETHEE. Penelitian ini dilaksanakan melalui enam tahapan utama, sebagai berikut:

### Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori, konsep, dan metode yang relevan dengan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) konstruksi serta pendekatan manajemen risiko. Referensi yang digunakan mencakup jurnal ilmiah, buku teks, regulasi (Permen PUPR, Permenaker), dan standar keselamatan kerja yang berkaitan dengan penyusunan RKK.

## Pengumpulan Data

### *Data Sekunder*

Data sekunder diperoleh dari dokumentasi dan arsip proyek, termasuk gambar kerja, RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat), laporan keselamatan proyek terdahulu, peraturan gubernur Jawa Timur 2023, serta SNI 7394:2008 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proyek Konstruksi.

### *Data Primer*

Data primer dikumpulkan melalui kuesioner dan wawancara terstruktur dengan para pemangku kepentingan proyek, yang terdiri atas Petugas K3, Manajer K3 Konstruksi, Drafter, Pelaksana Lapangan, MEP, Quantity Surveyor, Tim Keuangan, dan Administrasi. Instrumen kuesioner dirancang berdasarkan matriks penilaian risiko dengan skala 1–5 untuk dua parameter utama: Likelihood (L) dan Severity (S), sesuai matriks risiko dari ISO 31000. Skor risiko dihitung dengan rumus:

$$\text{Risk Score (R)} = L \times S \quad (1)$$

## Risk Breakdown Structure (RBS)

Metode Risk Breakdown Structure (RBS) digunakan untuk mengklasifikasikan sumber risiko berdasarkan hierarki yang sistematis. RBS dalam penelitian ini dikembangkan ke dalam empat kategori utama:

- Risiko teknis (kesalahan desain, metode kerja)
- Risiko manusia (kelalaian pekerja, pelatihan K3)
- Risiko lingkungan (cuaca ekstrem, kondisi lapangan)
- Risiko manajerial (pengawasan, jadwal proyek)

## Metode PROMETHEE

Untuk melakukan pemeringkatan risiko, digunakan metode PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), yang merupakan salah satu metode Multicriteria Decision Making (MCDM) yang mampu membandingkan alternatif berdasarkan preferensi kriteria.

### 3.5 Brainstorming

Setelah hasil pemeringkatan risiko diperoleh, dilakukan sesi brainstorming dengan tim teknis proyek dan perwakilan stakeholder untuk:

- Mengevaluasi hasil ranking risiko berdasarkan data lapangan
- Menentukan bentuk mitigasi paling sesuai
- Menyusun Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK)

Proses brainstorming dilakukan dalam format diskusi kelompok terfokus (FGD) untuk menghimpun pengalaman praktis dan solusi strategis yang realistis dalam pengelolaan risiko proyek konstruksi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil yang diperoleh dari penerapan metode yang telah dijelaskan sebelumnya, mulai dari tahapan identifikasi risiko, pengelompokan menggunakan Risk Breakdown Structure (RBS), hingga pemeringkatan menggunakan metode PROMETHEE.

Hasil yang disajikan meliputi data kuantitatif dari kuesioner dan wawancara, hasil pemrosesan skor risiko, serta output analisis peringkat risiko. Selanjutnya, dilakukan interpretasi dan pembahasan terhadap temuan-temuan tersebut berdasarkan konteks lapangan dan literatur terkait. Pembahasan tidak hanya memaparkan posisi risiko tertinggi yang perlu mendapat perhatian prioritas, tetapi juga menganalisis relevansi hasil terhadap kondisi aktual proyek serta strategi mitigasi yang dapat diterapkan. Dengan demikian, bagian ini menjadi dasar dalam merumuskan Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) yang efektif, aplikatif, dan sesuai dengan kondisi proyek konstruksi yang diteliti.

### Penentuan Kriteria dengan Metode *Risk Breakdown Structure*

Metode dalam menentukan kriteria risiko yaitu melakukan analisis menggunakan metode RBS terhadap data IBPR Proyek Pembangunan RSPTN. Analisis dilakukan terhadap risiko-risiko yang ada dan diambil kategori risiko dengan rating tinggi. Hasil analisis tersebut diperoleh 40 kategori risiko dengan rating tinggi. Hasil analisis tersebut dilakukan penilaian sesuai dengan kondisi keadaan terbaru di lokasi. Penilaian tersebut guna dalam menentukan bobot dari risiko.

1. Matriks Risiko digunakan untuk menentukan rating pada hasil analisis metode RBS. Dapat dilihat pada Gambar 1.

Risk Matrix		Severity				
		1	2	3	4	5
Likelihood of Harm	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25
Key	S = Severity		15 to 25	High		
L = Likelihood		8 to 12	Medium High			
Rating S X L		4 to 6	Medium Low			
		2 to 3	Low			
		1	Insignificant			

Gambar 1. Matriks Risiko

2. Risk Breakdown Structure Struktur Bawah

Hasil analisis dengan menggunakan metode RBS Struktur Bawah. Dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis dengan menggunakan metode RBS Struktur Bawah

Bahaya	Kemungkinan ( <i>Likelihood</i> )	Kejadian ( <i>Severity</i> )	<i>Rating</i>
Pekerjaan Tangga			
Terjatuh dari Ketinggian	4	4	16
Terkena Bar Bander	4	4	16

3. Risk Breakdown Structure Struktur Atas Lantai 1

Hasil analisis dengan menggunakan metode RBS Struktur Atas Lantai 1. Dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Menggunakan Metode RBS Struktur Atas Lantai 1

Bahaya	Kemungkinan ( <i>Likelihood</i> )	Kejadian ( <i>Severity</i> )	<i>Rating</i>
Lantai 1 (Satu)			
Pekerjaan Balok			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20

<b>Bahaya</b>	<b>Kemungkinan (<i>Likehold</i>)</b>	<b>Kejadian (Severity)</b>	<b><i>Rating</i></b>
Tertimpa Balok	4	4	16
Pekerjaan Tangga			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Material	4	4	16
Terkena Bar Cutter	4	4	16
Terkena Bar Bender	4	4	16

## 4. Risk Breakdown Structure Struktur Atas Lantai 2

Tabel 3. Hasil Analisis Menggunakan Metode RBS Struktur Atas Lantai 2

<b>Bahaya</b>	<b>Kemungkinan (<i>Likehold</i>)</b>	<b>Kejadian (Severity)</b>	<b><i>Rating</i></b>
Lantai 2 (Satu)			
Pekerjaan Balok			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Balok	4	4	16
Pekerjaan Tangga			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Material	4	4	16
Terkena Bar Cutter	4	4	16
Terkena Bar Bender	4	4	16

## 5. Risk Breakdown Structure Struktur Atas Lantai 3

Hasil analisis dengan menggunakan metode RBS Struktur Atas Lantai 3. Dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Menggunakan Metode RBS Struktur Atas Lantai 3

<b>Bahaya</b>	<b>Kemungkinan (<i>Likehold</i>)</b>	<b>Kejadian (Severity)</b>	<b><i>Rating</i></b>
Lantai 3 (Tiga)			
Pekerjaan Balok			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Balok	4	4	16
Pekerjaan Tangga			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Material	4	4	16
Terkena Bar Cutter	4	4	16
Terkena Bar Bender	4	4	16

## 6. Risk Breakdown Structure Struktur Atas Lantai 4

Tabel 5. Hasil Analisis Menggunakan Metode RBS Struktur Atas Lantai 4

<b>Bahaya</b>	<b>Kemungkinan (<i>Likehold</i>)</b>	<b>Kejadian (Severity)</b>	<b><i>Rating</i></b>
Lantai 4 (Empat)			
Pekerjaan Balok			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Balok	4	4	16

<b>Bahaya</b>	<b>Kemungkinan (<i>Likehold</i>)</b>	<b>Kejadian (Severity)</b>	<b><i>Rating</i></b>
Pekerjaan Tangga			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Material	4	4	16
Terkena Bar Cutter	4	4	16
Terkena Bar Bender	4	4	16

#### 7. Risk Breakdown Structure Struktur Atas Lantai 5

Hasil analisis dengan menggunakan metode RBS Struktur Atas Lantai 5. Dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 6. Hasil Analisis Menggunakan Metode RBS Struktur Atas Lantai 5

<b>Bahaya</b>	<b>Kemungkinan (<i>Likehold</i>)</b>	<b>Kejadian (Severity)</b>	<b><i>Rating</i></b>
Lantai 5 (Lima)			
Pekerjaan Balok			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Balok	4	4	16
Pekerjaan Tangga			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Material	4	4	16
Terkena Bar Cutter	4	4	16
Terkena Bar Bender	4	4	16

#### 8. Risk Breakdown Structure Struktur Atas Lantai 6

Hasil analisis dengan menggunakan metode RBS Struktur Atas Lantai 6. Dapat dilihat dalam Tabel 7.

<b>Bahaya</b>	<b>Kemungkinan (<i>Likehold</i>)</b>	<b>Kejadian (Severity)</b>	<b><i>Rating</i></b>
Lantai 6 (Enam)			
Pekerjaan Balok			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Balok	4	4	16
Pekerjaan Tangga			
Terjatuh Pada Ketinggian	5	4	20
Tertimpa Material	4	4	16
Terkena Bar Cutter	4	4	16
Terkena Bar Bender	4	4	16

#### 9. Risk Breakdown Structure Mekanikal

Hasil analisis dengan menggunakan metode RBS Mekanikal. Dapat dilihat dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisis Menggunakan Metode RBS Mekanikal

<b>Bahaya</b>	<b>Kemungkinan (<i>Likehold</i>)</b>	<b>Kejadian (Severity)</b>	<b><i>Rating</i></b>
Pekerjaan Instalasi Hydrant dan Sprinkler			
Tersengat Listrik	4	4	16

10. Risk Breakdown Structure Eletrikal

Hasil analisis dengan menggunakan metode RBS Eletrikal. Dapat dilihat dalam Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Analisis Menggunakan Metode RBS Eletrikal

Bahaya	Kemungkinan ( <i>Likehold</i> )	Kejadian ( <i>Severity</i> )	<i>Rating</i>
Pekerjaan Instalasi Fire Alarm			
Tersengat Listrik	4	4	16

**Penilaian dari Setiap Responden**

Kuesioner diberikan kepada setiap responden dalam menentukan penilaian terhadap kategori-kategori yang tertera pada metode RBS. Kuesioner diberikan kepada sepuluh (10) responden, dengan kategori penilaian sesuai dengan Tabel 10.

Tabel 10. Tingkat Pengaruh Risiko

Nilai	Tingkat Pengaruh Risiko				
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
	1	2	3	4	5

**Analisis Metode PROMETHEE**

Metode PROMETHEE dimulai dari perhitungan derajat preferensi adalah alternatif yang diukur melalui perbandingan. Derajat preferensi pada penelitian ini menggunakan fungsi tipe usual. Hasil dari perhitungan tersebut, kemudian dilanjutkan dengan perbandingan index multikriteria untuk menghitung nilai *entering flow* ( $\Phi +$ ), nilai *leaving flow* ( $\Phi -$ ) dan nilai *net flow*. *Net flow* digunakan untuk melakukan perankingan terhadap risiko. Nilai risiko dominan tersebut diperoleh dari nilai *net flow* tertinggi.

1. Perhitungan derajat preferensi

Perhitungan derajat preferensi menggunakan rumus sesuai dengan tipepreferensinya, dengan menghitung selisih nilai kriteria

$$d = f(a) - f(b) \tag{2}$$

$$H(d) = \int (1 \text{ jika } d \geq 0)^{\wedge} (0 \text{ Jika } d \leq 0) \tag{3}$$

Contoh perhitungan :

$$P(A,B) = f(a) - f(b) \quad P(A,B) = 30 - 10$$

$$P(A,B) = 20$$

Nilai  $P(A,B) > 0$ , maka nilai  $H(d)$  tertulis 1

Setelah perhitungan derajat preferensi, dilanjutkan dengan perhitungan index preferensi multikriteria. Rumus perhitungan index preferensi multikriteria yaitu :

$$\Phi (a,b) = \sum \pi \rho_j (a, b); \forall (a, b), \in A$$

Contoh Perhitungan:

$$\Phi (a,b) = \frac{(f1 \times 16) + (f2 \times 16) + (f3 \times 16) + (f4 \times 12) + (f5 \times 16) + (f6 \times 12)}{6}$$

$$\Phi (a,b) = \frac{(1 \times 16) + (0 \times 16) + (1 \times 16) + (0 \times 12) + (0 \times 16) + (0 \times 12)}{6}$$

$$\Phi (a,b) = 5,33$$

Tabel 11. merupakan hasil derajat preferensi dan index preferensi multikriteria dari risiko.

Tabel 11. Derajat Preferensi

Fj	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	HASIL
A1,A2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<b>0.2</b>
A1,A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>0.1</b>
A1,A4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	<b>0.2</b>
A1,A5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<b>0.2</b>
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
A40,A35	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	<b>0.2</b>
A40,A36	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0.4
A40,A37	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	<b>0.3</b>
A40,A38	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	<b>0.2</b>
A40,A39	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	<b>0.2</b>

Tabel Drajat Preferensi berisi tentang perhitungan derajat preferensi dan index preferensi multikriteria. Index preferensi multikriteria ( $\Phi$ ) merupakan rata-rata dari perkalian antara masing-masing derajat preferensi

2. Perbandingan index multikriteria

Perbandingan indeks multikriteria merupakan perbandingan antara alternatif yang diperoleh dari nilai indeks preferensi multikriteria. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan preferensi index multikriteria. Hasil perbandingan indeks multikriteria pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Perbandingan Indeks Multikriteria

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1		0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
A2	0.5		0.4	0.2	0.2	0.4
A3	0.6	0.3		0.4	0.2	0.4
A4	0.4	0.2	0.4		0.3	0.2
A5	0.7	0.4	0.5	0.4		0.5
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
A35	0.8	0.6	0.6	0.6	0.5	<b>0.6</b>
A36	0.6	0.4	0.4	0.6	0.3	<b>0.5</b>
A37	0.8	0.5	0.7	0.6	0.4	<b>0.6</b>
A38	0.9	0.7	0.6	0.8	0.4	<b>0.7</b>
A39	0.8	0.6	0.5	0.6	0.4	<b>0.5</b>
A40	1	0.7	0.6	0.8	0.5	<b>0.6</b>

3. Perhitungan *Leaving Flow*, *Entering Flow* dan *Net Flow*

Perhitungan PROMETHEE I dimulai dengan menghitung nilai Leaving Flow dan Entering Flow Perhitungan ini menggunakan rumus :

$$\Phi+ = 1/(n-1)\sum \varphi(a1,x) \in A \quad \Phi- = 1/(n-1)\sum \varphi(a1,x) \in A$$

Keterangan :

n = Jumlah variabel yang digunakan

$\varphi$  = Nilai perbandingan indeks multikriteria

Contoh Perhitungan :

Leaving flow

$$\Phi_+ (B,A) = 1/(n-1)\sum \varphi(a_{1,x}) \in A$$

$$\Phi_+ (B,A) = 1/(6-1)(2+0+0+0+0)$$

$$\Phi_+ (B,A) = 0,4$$

Entering flow

$$\Phi_- (B,A) = 1/(n-1)\sum \varphi(a_{1,x}) \in A$$

$$\Phi_- (B,A) = 1/(6-1)(2+9,33+5,33+4,67+4,67)$$

$$\Phi_- (B,A) = 5,2$$

Hasil perhitungan Leaving flow dan Entering Flow dapat dilihat pada Tabel 13 sebagai hasil dan Perankingan Nilai  $\Phi +$  dan  $\Phi -$

Tabel 13. Hasil dan Perankingan Nilai  $\Phi +$  dan  $\Phi -$

	<i>Leaving Flow</i>	$\Phi +$	<i>Entering Flow</i>	$\Phi -$	<i>Net Flow</i>	<i>Ranking</i>
<b>A1</b>	0.09	40	0.59	39	-0.50	<b>39</b>
<b>A2</b>	0.27	27	0.43	28	-0.15	<b>28</b>
<b>A3</b>	0.29	26	0.40	25	-0.11	<b>24</b>
<b>A4</b>	0.27	27	0.47	34	-0.20	<b>30</b>
<b>A5</b>	0.40	11	0.30	19	0.11	<b>14</b>
<b>A6</b>	0.33	21	0.45	30	-0.12	<b>26</b>
<b>A7</b>	0.27	29	0.48	35	-0.21	<b>31</b>
<b>A8</b>	0.35	17	0.35	22	0.00	<b>21</b>
<b>A9</b>	0.13	38	0.58	37	-0.45	<b>38</b>
<b>A10</b>	0.21	35	0.47	32	-0.26	<b>35</b>
<b>A11</b>	0.23	32	0.46	31	-0.23	<b>32</b>
<b>A12</b>	0.31	22	0.33	21	-0.01	<b>22</b>
<b>A13</b>	0.38	13	0.30	20	0.08	15
<b>A14</b>	0.23	31	0.37	23	-0.14	27
<b>A15</b>	0.21	34	0.45	29	-0.23	33
<b>A16</b>	0.19	36	0.58	38	-0.39	37
<b>A17</b>	0.26	30	0.50	36	-0.25	34
<b>A18</b>	0.23	33	0.42	27	-0.19	29
<b>A19</b>	0.35	18	0.28	14	0.07	18
<b>A20</b>	0.11	39	0.62	40	-0.51	40
<b>A21</b>	0.41	10	0.28	15	0.13	12
<b>A22</b>	0.29	25	0.41	26	-0.12	25
<b>A23</b>	0.48	7	0.25	9	0.23	7
<b>A24</b>	0.31	24	0.28	16	0.02	20
<b>A25</b>	0.18	37	0.47	33	-0.29	36
<b>A26</b>	0.31	23	0.39	24	-0.08	23
<b>A27</b>	0.64	2	0.11	2	0.54	2
<b>A28</b>	0.37	15	0.25	10	0.12	13
<b>A29</b>	0.39	12	0.26	11	0.13	10
<b>A30</b>	0.34	20	0.26	13	0.08	17
<b>A31</b>	0.43	9	0.26	11	0.17	9
<b>A32</b>	0.34	19	0.29	17	0.05	19
<b>A33</b>	0.86	1	0.03	1	0.83	1
<b>A34</b>	0.37	14	0.24	8	0.13	11

	<i>Leaving Flow</i>	$\Phi +$	<i>Entering Flow</i>	$\Phi -$	<i>Net Flow</i>	<i>Ranking</i>
<b>A35</b>	0.56	3	0.16	4	0.40	3
<b>A36</b>	0.37	15	0.29	18	0.08	16
<b>A37</b>	0.43	8	0.22	7	0.21	8
<b>A38</b>	0.55	4	0.18	5	0.36	5
<b>A39</b>	0.49	6	0.18	6	0.30	6
<b>A40</b>	0.54	5	0.14	3	0.40	4

Tabel 13 dapat terlihat bahwa urutan perankingan antara nilai  $\Phi +$  dan  $\Phi -$  tidaklah sama, maka diperlukan perhitungan tahap berikutnya yaitu PROMETHEE II untuk menghitung nilai net flow. Perhitungan net flow menggunakan rumus :

$$\text{Net flow (NF)} = \Phi + - \Phi -$$

Contoh perhitungan :

$$\text{NF (F1)} = \Phi + - \Phi -$$

$$\text{NF (F1)} = 0 + 5,2$$

$$\text{NF (F1)} = -5,2$$

Hasil dari perhitungan net flow dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Perhitungan dan Perankingan *Net Flow*

	<i>Leaving Flow</i>	$\Phi +$	<i>Entering Flow</i>	$\Phi -$	<i>Net Flow</i>	<i>Ranking</i>
<b>A1</b>	0.09	40	0.59	39	-0.50	<b>39</b>
<b>A2</b>	0.27	27	0.43	28	-0.15	<b>28</b>
<b>A3</b>	0.29	26	0.40	25	-0.11	<b>24</b>
<b>A4</b>	0.27	27	0.47	34	-0.20	<b>30</b>
<b>A5</b>	0.40	11	0.30	19	0.11	<b>14</b>
<b>A6</b>	0.33	21	0.45	30	-0.12	<b>26</b>
<b>A7</b>	0.27	29	0.48	35	-0.21	<b>31</b>
<b>A8</b>	0.35	17	0.35	22	0.00	<b>21</b>
<b>A9</b>	0.13	38	0.58	37	-0.45	<b>38</b>
<b>A10</b>	0.21	35	0.47	32	-0.26	<b>35</b>
<b>A11</b>	0.23	32	0.46	31	-0.23	<b>32</b>
<b>A12</b>	0.31	22	0.33	21	-0.01	<b>22</b>
<b>A13</b>	0.38	13	0.30	20	0.08	<b>15</b>
<b>A14</b>	0.23	31	0.37	23	-0.14	<b>27</b>
<b>A15</b>	0.21	34	0.45	29	-0.23	<b>33</b>
<b>A16</b>	0.19	36	0.58	38	-0.39	<b>37</b>
<b>A17</b>	0.26	30	0.50	36	-0.25	<b>34</b>
<b>A18</b>	0.23	33	0.42	27	-0.19	<b>29</b>
<b>A19</b>	0.35	18	0.28	14	0.07	<b>18</b>
<b>A20</b>	0.11	39	0.62	40	-0.51	<b>40</b>
<b>A21</b>	0.41	10	0.28	15	0.13	<b>12</b>
<b>A22</b>	0.29	25	0.41	26	-0.12	<b>25</b>
<b>A23</b>	0.48	7	0.25	9	0.23	<b>7</b>
<b>A24</b>	0.31	24	0.28	16	0.02	<b>20</b>
<b>A25</b>	0.18	37	0.47	33	-0.29	<b>36</b>
<b>A26</b>	0.31	23	0.39	24	-0.08	<b>23</b>
<b>A27</b>	0.64	2	0.11	2	0.54	<b>2</b>
<b>A28</b>	0.37	15	0.25	10	0.12	<b>13</b>
<b>A29</b>	0.39	12	0.26	11	0.13	<b>10</b>
<b>A30</b>	0.34	20	0.26	13	0.08	<b>17</b>
<b>A31</b>	0.43	9	0.26	11	0.17	<b>9</b>
<b>A32</b>	0.34	19	0.29	17	0.05	<b>19</b>
<b>A33</b>	0.86	1	0.03	1	0.83	<b>1</b>

	<i>Leaving Flow</i>	$\Phi^+$	<i>Entering Flow</i>	$\Phi^-$	<i>Net Flow</i>	<i>Ranking</i>
<b>A34</b>	0.37	14	0.24	8	0.13	<b>11</b>
<b>A35</b>	0.56	3	0.16	4	0.40	<b>3</b>
<b>A36</b>	0.37	15	0.29	18	0.08	<b>16</b>
<b>A37</b>	0.43	8	0.22	7	0.21	<b>8</b>
<b>A38</b>	0.55	4	0.18	5	0.36	<b>5</b>
<b>A39</b>	0.49	6	0.18	6	0.30	<b>6</b>
<b>A40</b>	0.54	5	0.14	3	0.40	<b>4</b>

Hasil perhitungan pada Tabel 14 diperoleh urutan risiko dengan risiko peringkat pertama yaitu A33. Maka data A33 tersebut merupakan risiko paling tinggi (*high risk*). Risiko Terjatuh pada Ketinggian pada pekerjaan balok struktur atas lantai 6 merupakan risiko tertinggi berdasarkan hasil perhitungan.

### Rekomendasi Pengendalian Risiko Tertinggi

Hasil analisis menggunakan Risk Breakdown Structure (RBS) menunjukkan bahwa sebagian besar risiko keselamatan pada proyek pembangunan gedung RSPTN UNEJ diklasifikasikan dalam kategori teknis, khususnya yang berkaitan dengan pekerjaan struktur atas (lantai 1–6), tangga, balok, dan pekerjaan mekanikal-elektrikal. Risiko-risiko ini dinilai berdasarkan skor kombinasi kemungkinan (*likelihood*) dan dampak (*severity*) menggunakan skala 1–5, dengan *threshold* kategori tinggi mulai dari skor 16.

Langkah berikutnya adalah pemeringkatan risiko menggunakan metode PROMETHEE. Perhitungan dimulai dari derajat preferensi antar alternatif risiko, lalu dihitung indeks preferensi multikriteria. Tahapan ini menghasilkan nilai *Leaving Flow* ( $\Phi^+$ ), *Entering Flow* ( $\Phi^-$ ), dan *Net Flow* ( $\Phi$ ). Risiko dengan nilai *Net Flow* tertinggi diidentifikasi sebagai risiko paling kritis dan perlu mendapat penanganan prioritas.

Dari 40 risiko yang dianalisis, risiko “terjatuh dari ketinggian pada pekerjaan balok lantai 6 struktur atas” memperoleh nilai *Net Flow* tertinggi (0,83), menjadikannya sebagai risiko dominan. Kondisi ini mencerminkan potensi kecelakaan yang sangat tinggi pada area kerja di ketinggian tanpa pengamanan maksimal. Hal ini selaras dengan hasil studi lain yang menunjukkan bahwa kecelakaan jatuh dari ketinggian merupakan penyebab utama cedera fatal pada proyek konstruksi di Indonesia.

Diskusi kelompok melalui metode brainstorming kemudian dilakukan untuk merumuskan strategi pengendalian risiko tersebut [12–14]. Rekomendasi yang dihasilkan antara lain: pemasangan rambu K3 di area kerja rawan jatuh, pelaksanaan *Job Safety Analysis* (JSA) secara konsisten sebelum pekerjaan ketinggian dilakukan, peningkatan pengawasan terhadap penggunaan APD (seperti full body harness dan helm keselamatan), serta pemeriksaan rutin terhadap alat bantu kerja vertikal.

Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi metode RBS dan PROMETHEE memberikan pendekatan komprehensif dan aplikatif dalam manajemen risiko keselamatan konstruksi, serta mampu menjadi referensi kebijakan K3 pada proyek skala menengah hingga besar.

### 4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan memeringkat 40 risiko teknis pada proyek pembangunan Gedung RSPTN Universitas Jember dengan pendekatan Risk Breakdown Structure (RBS) dan metode PROMETHEE. Hasil analisis menunjukkan bahwa risiko paling dominan adalah terjatuh dari ketinggian pada pekerjaan balok lantai 6 struktur atas, yang memperoleh nilai net flow tertinggi. Temuan ini menegaskan bahwa pekerjaan di ketinggian merupakan sumber risiko paling krusial dalam proyek gedung bertingkat, sehingga memerlukan perhatian dan penanganan prioritas. Metode PROMETHEE terbukti efektif dalam memberikan penilaian risiko secara kuantitatif dan terukur, serta

dapat dijadikan alat bantu pengambilan keputusan dalam perencanaan keselamatan konstruksi.

Berdasarkan hasil tersebut, disarankan agar pihak manajemen proyek menerapkan sistem pengendalian risiko yang komprehensif, termasuk pemasangan rambu K3 di area kerja rawan, peningkatan pengawasan terhadap penggunaan APD, dan pelaksanaan Job Safety Analysis (JSA) secara rutin. Selain itu, penggunaan PROMETHEE dalam manajemen risiko dapat direplikasi pada proyek konstruksi lainnya untuk meningkatkan efektivitas dan transparansi pengelolaan keselamatan kerja. Integrasi metode ini dengan sistem manajemen proyek berbasis digital, seperti BIM atau dashboard risiko real-time, merupakan peluang strategis untuk pengembangan penelitian dan praktik K3 ke depan.

### Acknowledgment (Pilihan)

-

### Daftar Pustaka

- [1] F. Ramadhan, "Analisis Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) menggunakan metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)," *Semin. Nas. Ris. Terap.*, no. November, pp. 164–169, 2017.
- [2] A. Prabowo et al., "Analisis Penerapan Sistem Manajemen Kesehatan Keselamatan Kerja (SMK3) Pada Proyek Reklamasi Apron Barat Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai-Bali."
- [3] I. N. Y. Darmika, N. K. Armaeni, and I. W. G. E. Triswandana, "Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) Proyek Pembangunan Gedung Bri Kantor Cabang Gatot Subroto – Bali Pada Tahap Konstruksi," *J. Tek. Gradien*, vol. 14, no. 02, pp. 82–88, 2022, doi: 10.47329/teknikgradien.v14i02.942.
- [4] Wardhana, R. T. (2015). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode Hazard Analysis (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Marvell City Surabaya).
- [5] Santoso, Yogi. 2015. Analisis Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Marvell City Surabaya) [Skripsi]. Jember: Universitas Jember.
- [6] I. Nyoman, S. Jody, N. K. Armaeni, W. Gde, and E. Triswandana, "Rencana Keselamatan Konstruksi Proyek Pembangunan SMAN 9 Denpasar Pada Tahap Struktur," 2021. [Online]. Available: <http://www.ojs.unr.ac.id/index.php/>
- [7] Hadi, P. Y. P., Soetjipto, J. W., & Trisiana, A. (2024). Implementation of Construction Safety Plan in The Building Project. *Rekayasa Sipil*, 18(1), 24–30. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2024.018.01.5>
- [8] Amanda, A., Siregar, S.H., Prasetio, B.. (2022), Job Safety Analysis (JSA) Konstruksi Basement Pada Proyek Pembangunan Gedung B Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro Provinsi Lampung, *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, Vol. 6 No. 1 (2022),
- [9] Soetjipto, J. W., Haq, O. H. U., & Arifin, S. (2021). Asesmen Pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada Proyek Konstruksi dan Sistem Pengambilan Keputusan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis. *J. Bina Ketenagakerjaan*, 2(2), 133–147.
- [10] Alfarezi, I. A., Soetjipto, J. W., & Arifin, S. (2021). Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Masa Pandemi Covid-19 Dengan Metode Bowtie Analysis. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 96–105.
- [11] H. Gianditha Wayangkau and F. Novrian Mangeke, "Analisis Manajemen Risiko Khusus Struktur Bawah Pada Proyek Pembangunan Gedung Bertingkat Di Kota

Jayapura,” 2022.

- [12] “Desain Kursi Kuliah Dengan Metode Brainstorming Di Fakultas Teknik Universitas Quality Medan,” vol. 02, no. 02, pp. 108–120, 2018.
- [13] D. Sunandar and E. Effendi, “Penerapan Metode Brainstorming pada Pembelajaran Fisika Materi Wujud Zat,” JIPFRI (Jurnal Inov. Pendidik. Fis. dan Ris. Ilmiah), vol. 2, no. 1, pp. 38–42, 2018, doi: 10.30599/jipfri.v2i1.209.
- [14] A. Karim, “Penerapan Metode Brainstorming Pada Matapelajaran Ips Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kelas VIII Di SMPN 4 Rumbio Jaya,” J. Pendidik. Ekon. Akunt. FKIP UIR, vol. V, no. 1, pp. 1–12, 2017, [Online]. Available: <https://journal.uir.ac.id/index.php/Peka/article/view/1180>

[This page is intentionally left blank]