

Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Bowtie (Studi Kasus: Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya)

Nelson Elkana Daud Way^{1,*}, Maulidya Octaviani B¹, Wisnu Abiarto N.¹, Sekar Ayu Kuncaravita¹

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo, Surabaya¹

Koresponden*, Email: liyaocta@unitomo.ac.id

Info Artikel		Abstract
Diajukan	23 Oktober 2024	<i>In the implementation of construction such as the Joyoboyo Tunnel, there are always risks that can arise in every activity or work on the project. The purpose of this study is to analyze the causes, impacts and responses to the most dominant risks and control methods to reduce the risk of work accidents in the Joyoboyo Tunnel Construction project. Data collection techniques through distributing questionnaires with data analysis techniques through Risk Identification and Assessment and Bowtie. The results of the study stated that the causal factors for the risk of "Land prone to landslides" with a risk value of 25. Then the causal factors for the risk of "Low oxygen levels" with a risk value of 20. For the causal factors for the risk of "Scaffolding has not been installed properly" and the causal factors for the risk of "Falling Material in Excavation" with a risk value of 16 with high risk category.</i>
Diperbaiki	17 Januari 2025	
Disetujui	15 Agustus 2025	
<i>Keywords: joyoboyo tunnel, risk, bowtie</i>		Abstrak Pada pelaksanaan pembangunan seperti Terowongan Joyoboyo, selalu ada risiko yang dapat muncul pada setiap kegiatan ataupun pekerjaan pada proyek. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa penyebab, dampak dan respon pada risiko paling dominan serta cara pengendalian untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi Pembangunan Terowongan Joyoboyo. Teknik Pengumpulan data melalui penyebaran kuesioner dengan teknik analisis data melalui Identifikasi dan Penilaian risiko serta Bowtie. Hasil penelitian menyatakan Faktor penyebab pada risiko “Tanah rawan longsor” dengan nilai risiko sebesar 25. Kemudian Faktor penyebab pada risiko “Kadar oksigen rendah” dengan nilai risiko sebesar 20. Untuk faktor penyebab pada risiko “Scaffolding belum terpasang dengan benar” serta Faktor penyebab pada risiko “Material Jatuh dalam Galian” dengan nilai risiko sebesar 16 dengan kategori risiko tinggi.
<i>Kata kunci: terowongan joyoboyo, risiko, bowtie</i>		

1. Pendahuluan

Terowongan Joyoboyo adalah salah satu proyek pembangunan dari Pemerintah Kota Surabaya dalam rangka untuk memberikan kemudahan bagi masyarakat yang akan menuju Kebun Binatang Surabaya (KBS). Terowongan Joyoboyo terletak di bawah Jalan Joyoboyo yang menghubungkan Terminal Intermoda Joyoboyo (TIJ) dengan Kebun Binatang Surabaya. Terowongan Joyoboyo ini adalah Terowongan Pejalan Kaki yang bertujuan memudahkan masyarakat yang menuju Kebun Binatang Surabaya, apabila memarkirkan kendaraanya pada Terminal Intermoda Joyoboyo secara terintegrasi.

Dalam setiap proyek konstruksi termasuk proyek Pembangunan Terowongan Joyoboy selalu memiliki risiko yang dapat muncul pada setiap kegiatan ataupun pekerjaan pada proyek khususnya risiko teknis yang dapat mengganggu pelaksanaan proyek. Risiko merupakan bahaya, akibat atau konsekuensi yang dapat terjadi pada proses yang sedang berlangsung dan mempunyai efek yang negatif [1]. Proses konstruksi yang kompleks dan juga

cukup lama dapat menimbulkan berbagai macam risiko yang dapat menghambat pencapaian tujuan. Dalam setiap kegiatan dapat timbul suatu risiko yang lebih besar dari yang terdeteksi atau yang sudah diperhitungkan, apabila tidak dilakukan pemantauan dan pengendalian terhadap kejadian atau keadaan tersebut. Pekerjaan konstruksi merupakan suatu bidang yang memiliki pekerjaan fluktuatif dan cenderung mengandung risiko. Risiko tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap produktivitas, kinerja, kualitas dan biaya dari suatu proyek. Risiko dapat mungkin terjadi secara tak terduga [2]. Walaupun suatu kegiatan telah direncanakan sebaik mungkin, namun tetap mengandung ketidakpastian bahwa nanti akan berjalan sepenuhnya sesuai rencana. Risiko pada suatu proyek konstruksi tidak dapat dihilangkan tetapi dapat minimalisir atau ditransfer dari satu pihak kepihak lainnya.

Keberadaan risiko tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, namun dapat diminimalkan melalui evaluasi dan perancangan kontrol yang tepat [3]. Kegagalan untuk

menilai risiko dengan cermat dapat berdampak buruk pada reputasi perusahaan dan menyebabkan kerugian finansial yang besar [4]. Untuk melakukan upaya minimalisasi risiko perlu dilakukan usaha Manajemen Risiko. Manajemen risiko adalah suatu kegiatan yang dilaksanakan untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengendalikan risiko yang mungkin terjadi dalam suatu aktivitas atau kegiatan sehingga akan diperoleh efektivitas dan efisiensi yang lebih tinggi [5].

Dalam proses manajemen risiko terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan upaya perbaikan. Beberapa tahapan tersebut adalah seperti identifikasi dan analisis risiko. Dalam Proses identifikasi dan analisis risiko dapat dilakukan dengan berbagai teknik analisis yang salah satunya adalah menggunakan teknik analisis *Bowtie*. Metode *Bowtie* adalah sebuah teknik yang merujuk pada suatu diagram berbentuk kupu-kupu yang menggambarkan atau memvisualisasikan peristiwa risiko yang dihadapi secara sederhana [6]. Pada metode *bowtie* dapat menampilkan perintah yang mencegah peristiwa risiko puncak terjadi, baik dari aspek pencegahan dan tindakan pemulihan dengan hasil yang kredibel, dimana risiko puncak adalah potensi bahaya risiko tinggi dan medium sesuai dengan pemaparan sebelumnya [7].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan hasil identifikasi bahaya dan analisis risiko dengan metode *Bowtie*. Penelitian Koohathongsumrit & Meethom (2024) terkait pembangunan tunnel di Bangkok Thailand menyatakan terdapat 68 risiko dari 8 kriteria risiko pembangunan. Kemudian dari hasil analisis risiko pada objek penelitian yaitu proyek pembangunan terowongan Joyoboyo menyatakan terdapat risiko “Tertimbun Tanah” dari pekerjaan “Galian”. Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas dapat diketahui bahwa dalam setiap proses pembangunan selalu terdapat risiko yang tidak dapat dihilangkan. Untuk memperkecil risiko pembangunan yang ada perlu dilakukan manajemen risiko. Dalam penelitian ini akan menggunakan metode *Bowtie* ini diharapkan mampu mengidentifikasi sumber penyebab risiko-risiko kecelakaan kerja yang mungkin dapat terjadi selama proses pelaksanaan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa risiko kecelakaan kerja apa saja yang paling dominan pada proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya, Menganalisa penyebab (*threats*), dampak (*consequences*) dan respon risiko pada proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya dan Menganalisa cara pengendalian

untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya.

2. Metode

A. Konsep Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan studi kasus untuk secara mendalam mengidentifikasi dan menganalisis risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi Terowongan Joyoboyo Surabaya. Guna menjamin validitas hasil dan keteraturan analisis, seluruh proses penelitian disusun secara sistematis mulai dari tahap persiapan, pengumpulan data lapangan, analisis risiko, hingga perumusan strategi pengendalian.

B. Rancangan Penelitian

Bagian rancangan penelitian ini berfungsi sebagai pedoman operasional dalam pelaksanaan akuisisi dan pengolahan data. Fokus utama dalam rancangan ini mencakup identifikasi variabel-variabel yang berpengaruh, serta penetapan populasi dan teknik pengambilan sampel yang representatif. Untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai parameter-parameter tersebut, ringkasan komponen penelitian ditampilkan pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1 Variabel Potensi Risiko Pembangunan Terowongan Joyoboyo

No	Aktivitas	Risiko
1	Galian Tanah	Material jatuh ke dalam galian Uap/gas beracun Kadar oksigen rendah Tanah rawan longsor Pengangkatan material menggunakan Crane
2	Pemasangan dinding penahan tanah (<i>soldierpile</i>)	Alat berat menabrak fasilitas/pekerja Mengangkat material berat Menggunakan TC
3	Pengecoran	Pembersihan lokasi Pengecoran dengan <i>compressor</i> <i>Scaffolding</i> belum terpasang dengan benar Tersebur mortar dari <i>concrete pump</i>

C. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah koordinator K3 dan mandor proyek konstruksi pembangunan Terowongan Joyoboyo. Populasi koordinator K3 PT. Jaya Etika Teknik ada 15 orang pekerja dengan rincian 1 orang koordinator K3 dan 14 orang pekerja di bagian konstruksi. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik purposive sampling dimana teknik ini bertujuan sebagai pembatas untuk kriteria responden yang diinginkan oleh peneliti. Populasi sejumlah 15 orang tersebut telah masuk dalam kriteria sebagai berikut: Memahami proses kerja

pembangunan terowongan Joyoboyo, Memahami potensi risiko dalam proyek pembangunan terowongan Joyoboyo, Pekerja konstruksi swasta atau subkontrak, bukan konstruksi BUMN. Maka jumlah sampel penelitian adalah sebanyak 15 orang.

D. Teknik Pengumpulan Data

Data yang didapat untuk penelitian ini hanya berasal dari proyek yang ditinjau yaitu proyek pembangunan terowongan Joyoboyo. Proses pengumpulan data dan informasi yang direncanakan dengan melakukan wawancara dan penyebaran kuesioner nantinya akan didapat kejadian yang paling dominan terjadi. Adapun langkah dari penelitian ini adalah: Identifikasi Risiko dan Analisis Risiko.

3. Hasil dan Pembahasan

A. Identifikasi Resiko

Identifikasi risiko dilakukan dengan cara melakukan observasi dan diskusi bersama koordinator K3 serta Mandor yang berpengalaman dalam bidang konstruksi pembangunan. Dari hasil observasi dan diskusi akan didapatkan variabel *Hazard* pada setiap kegiatan dan menentukan variabel *Hazard Effect*. Berikut hasil identifikasi *Hazard* dan *Hazard Effect* kegiatan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Risiko Proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo Yang Dilakukan PT. Jaya Etika Teknik

No	Aktivitas	Risiko	Hazard Effect
1	Galian Tanah	Material jatuh ke dalam galian Uap/gas beracun Kadar oksigen rendah Tanah rawan longsor Pekerja tertimpa material sling crane putus	Pekerja tertimpa material yang di gali Pekerja mengalami gangguan pernapasan Pekerja mengalami gangguan pernapasan Pekerja terpeleset dan berat tergelincir ke lubang galian Pekerja meninggal dunia akibat luka berat
2	Pemasangan Alat berat		Pekerja tertabrak

No	Aktivitas	Risiko	Hazard Effect
	dinding penahan tanah (soldierpile)	menabrak fasilitas/pekerja Pekerja tertimpa material akibat sling TC putus	Pekerja meninggal dunia berat
3	Pengecoran	Terkena paparan debu Scaffolding belum terpasang Dengan benar Tersebur mortar dari concrete pump	Terkena pernapasan Pekerja jatuh dari ketinggian Pekerja mengalami luka ringan

B. Penilaian Risiko

Penilaian risiko (matriks risiko) adalah hasil perkalian antara *Likelihood index* dengan *severity index* untuk mengetahui tingkat risiko pada setiap variabel kegiatan. Berikut hasil penilaian risiko pada nilai *Likelihood* dan *severity* yaitu:

Penilaian Likelihood

Likelihood merupakan tingkat kemungkinan sebuah risiko terjadi dibandingkan seluruh aktivitas dan/atau periode waktu tertentu, berdasarkan pada pengalaman historis dan/atau kemungkinan di masa depan. Untuk menentukan nilai *Likelihood* peneliti merujuk pada pedoman nilai tingkat kemungkinan (*Likelihood*) menurut Risk Management Standard AS/NZ 4360:1999 yaitu:

Nilai 1 = *Rare* = Hampir tidak pernah, sangat Jarang terjadi
 Nilai 2 = *Unlikely* = Jarang
 Nilai 3 = *Possible* = Hampir tidak pernah, sangat Jarang terjadi
 Nilai 4 = *Likely* = Sering
 Nilai 5 = *Almost Certain* = Dapat terjadi setiap saat

Pada **Tabel 3** merupakan hasil penilaian *Likelihood* terhadap proyek pembangunan Terowongan Joyoboyo yang dilakukan oleh PT. Jaya Etika Teknik oleh 15 responden penelitian.

Tabel 3 Hasil Penilaian *Likelihood* Terhadap Proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo

No	Aktivitas	Risiko	1 R	2 U	3 P	4 L	5 AC	Tot	SI (%)	Ket
1	Galian Tanah	Material jatuh ke dalam galian	0	0	2	5	8	15	85,0	L
		Uap/gas beracun	10	5	0	0	0	15	8,3	R
		Kadar oksigen rendah	0	0	5	8	2	15	70,0	L
		Tanah rawan longsor	0	0	0	6	9	15	90,0	AC
		Sling Crane Terputus	5	6	4	0	0	15	23,3	U
2	Pemasangan dinding penahan	Alat Berat menabrak fasilitas / pekerja	9	6	0	0	0	15	10,0	R

Berikut **Tabel 4** hasil penilaian *Severity* terhadap proyek pembangunan Terowongan Joyoboyo yang dilakukan oleh PT. Java Etika Teknik oleh 15 responden penelitian yaitu:

No	Aktivitas	Risiko	1	2	3	4	5	Tot	SI (%)	Ket
			NS	MI	MO	MA	E			
3	Pengecoran	Terkena paparan debu dari pembersihan lokasi Pengecoran dengan <i>compressor Scaffolding</i> belum terpasang dengan benar	6	6	3	0	0	15	20,0	MI
		Tersembur Mortar dari <i>concrete pump</i>	0	0	6	6	3	15	70,0	MA
			9	5	1	0	0	15	11,7	NS

Perhitungan nilai *Severity Index* akan *Severity* diatas didapatkan melalui rumus berikut ini:

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i x_i}{4 \sum_{i=0}^4 x_i} (100\%) \quad (2)$$

Berikut contoh perhitungan *Severity Index* penilaian *Severity* pada kategori risiko Biaya (*Cost*) khususnya faktor risiko “Material Jatuh ke Dalam Tanah”. Dengan 15 responden yang memberikan penilaian risiko “Material Jatuh ke Dalam Tanah” yaitu *Not Significant* (NS) sebanyak 0 orang, *Minor* (Mi) sebanyak 0 orang, *Moderat* (Mo) sebanyak 2 orang, *Mayor* (Ma) sebanyak 8 orang dan *Ekstrim* (E) sebanyak 5 orang. Maka perhitungan *Severity Index*nya adalah:

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i x_i}{4 \sum_{i=0}^4 x_i} (100\%)$$

$$SI = \frac{(0 \times 0) + (0 \times 1) + (2 \times 2) + (8 \times 3) + (5 \times 4)}{4 \times 15} \times (100\%)$$

$$SI = \frac{48}{60} \times (100\%)$$

$$SI = 80\%$$

Maka besaran *Severity Index* pada penilaian *Likelihood* risiko “Material Jatuh ke Dalam Tanah” yaitu sebesar 80%. Nilai tersebut akan diklasifikasikan sesuai klasifikasi skala

Tabel 5 Hasil Penilaian Tingkat Risiko Proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo

No	Aktivitas	Risiko	Likelihood	Severity	Risk	Kategori Risiko	Peringkat
1	Galian Tanah	Material jatuh ke dalam galian	4	4	16	T	4
		Uap/gas beracun	1	5	5	S	8
		Kadar oksigen rendah	4	5	20	T	2
		Tanah rawan longsor	5	5	25	T	1
2	Pemasangan dinding penahan tanah (<i>soldierpile</i>)	<i>Sling Crane</i> Terputus	2	4	8	S	6
		Alat berat menabrak fasilitas/pekerja	1	4	4	R	9
		<i>Sling TC</i> Putus	2	4	8	S	5
		Terkena paparan debu dari pembersihan lokasi Pengecoran dengan <i>compressor Scaffolding</i> belum terpasang dengan benar	4	2	8	S	7
3	Pengecoran	Tersembur Mortar dari <i>concrete pump</i>	4	4	16	T	3
			1	1	1	R	10

Penilaian Risiko pada tabel diatas dilakukan dengan menentukan nilai Probabilitas dan Dampak dari hasil klasifikasi *Severity Index* diatas. Berikut kriteria dari Probabilitas dan Dampak risiko, yaitu:

Untuk *Likelihood* yaitu *Rare* (R) = 1, *Unlikely* (U) = 2, *Possible* (P) = 3, *Likely* (L) = 4 dan *Almost Certain* (AC) = 5. Sedangkan untuk *Severity* adalah Sangat Not Signicant (NS) = 1, *Minor* (Mi) = 2, *Moderat* (Mo) = 3, *Mayor* (Ma) = 4 *Ekstrim* (E) = 5.

penilaian dalam penelitian Habir & Mukti (2019) dengan kriteria sebagai berikut:

- Not Significant* (NS) $0,00 \leq SI \leq 12,5$
- Minor* (Mi) $12,5 \leq SI \leq 37,5$
- Moderat* (Mo) $37,5 \leq SI \leq 62,5$
- Mayor* (Ma) $62,5 \leq SI \leq 87,5$
- Ekstrim* (E) $87,5 \leq SI \leq 100$

Maka nilai *Severity Index* faktor risiko “Material Jatuh ke Dalam Tanah” masuk pada kategori Mayor (Ma).

Penilaian Tingkat Risiko

Tingkat Risiko adalah potensi terjadinya suatu bahaya terhadap kesehatan, keselamatan, lingkungan, pemanfaatan sumber daya alam dan/atau bahaya lainnya yang masuk ke dalam kategori Rendah, Menengah, atau Tinggi. Tingkat Risiko didapatkan dari perkalian antara *Likelihood* index dengan *severity index* untuk mengetahui tingkat risiko pada setiap variabel kegiatan. **Tabel 5** merupakan hasil penilaian tingkat risiko.

Berdasarkan nilai pada faktor risiko “Material Jatuh ke Dalam Tanah” yang mendapatkan kategori *Likelihood* yaitu *Likely* (L) sebesar 4 dan *Severity* yaitu Mayor (Ma) sebesar 4. Perhitungan risiko didapatkan melalui Persamaan (3) beriktu ini:

$$R = L \times S \quad (3)$$

Maka perhitungan risiko pada faktor risiko “Material Jatuh ke Dalam Tanah” adalah:

$$R = L \times S$$

$$R = 4 \times 4$$

$$R = 16$$

Maka nilai risiko faktor risiko “Material Jatuh ke Dalam Tanah” adalah 16. Kemudian akan dilakukan klasifikasi berdasarkan Risk Matriks yang telah ditentukan yaitu:

Tabel 6 Risk Matriks [8]

Likelihood	AC	5	5	10	15	20	25
	L	4	4	8	12	16	20
	P	3	3	6	9	12	15
	U	2	2	4	6	8	10
	R	1	1	2	3	4	5
			1	2	3	4	5
			NS	Mi	Mo	Ma	E
			Severity				

Keterangan :

- Warna Merah melambangkan Risiko Tinggi
- Warna Kuning melambangkan Risiko Sedang
- Warna Hijau melambangkan Risiko Rendah

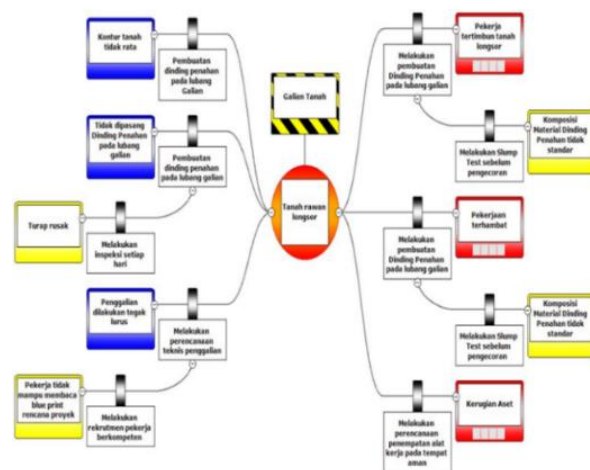
Maka dengan nilai risiko faktor risiko “Material Jatuh ke Dalam Tanah” adalah 16 dapat disimpulkan risiko tersebut masuk pada kategori “Tinggi” (T)

C. Analisis Bowtie

Setelah mendapatkan variabel risiko Tinggi dari hasil indentifikasi dan penilaian risiko maka selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode *bowtie* untuk mengetahui penyebab, dampak dan kontrol pada setiap risiko ekstrim yang terjadi. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis *Bowtie* pada risiko yang memiliki tingkat risiko Tinggi yaitu pada risiko “Material jatuh ke dalam galian”, “Kadar oksigen rendah”, “Tanah rawan longsor” dan “Scaffolding belum terpasang dengan benar”.

Dalam analisis *Bowtie* perlu dilakukan penentuan faktor Penyebab dan Pencegahan serta Faktor Dampak dan Mitigasi.

Hasil Analisis Bowtie pada Risiko Tanah Rawan Longsor

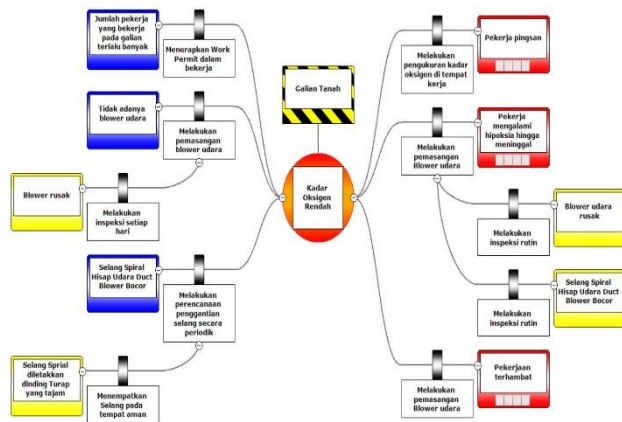


Gambar 2 Diagram *Bowtie* 1 (Risiko Tanah Rawan Longsor)

Berdasarkan **Gambar 2** diatas dapat dianalisis faktor penyebab dan pencegahan serta faktor dampak dan mitigasi yang dilakukan pada risiko “Tanah Rawan Longsor”. Faktor penyebab pada risiko “Tanah Rawan Longsor” digambarkan pada kotak warna biru yang meliputi Kontur tanah tidak rata, Tidak dipasang dinding penahan pada lubang galian dan Penggalian dilakukan tegak lurus. Untuk faktor pencegahan yang dilakukan pada risiko “Tanah Rawan Longsor” digambarkan pada kotak berwarna putih di sebelah kanan kotak biru yang meliputi Pembuatan dinding penahan pada lubang Galian dan Melakukan perencanaan teknis penggalian. Sedangkan faktor eskalasi yang meningkatkan terjadinya faktor penyebab digambarkan dengan kotak warna kuning yang meliputi Turap rusak dan Pekerja tidak mampu membaca blue print rencana proyek. Untuk langkah pencegahan eskalasi digambarkan dengan kotak berwarna putih di sebelah kanan kotak kuning yang meliputi Melakukan inspeksi setiap hari dan Melakukan rekrutmen pekerja berkompeten.

Kemudian untuk faktor dampak dan mitigasi pada risiko “Tanah Rawan Longsor” menunjukkan untuk faktor dampak digambarkan pada kotak warna merah yang meliputi Pekerja tertimbun tanah longsor, Pekerjaan terhambat dan Kerugian Aset. Untuk faktor mitigasi dari faktor dampak digambarkan pada kotak berwarna putih di sebelah kiri kotak merah yang meliputi Melakukan pembuatan Dinding Penahan pada lubang galian dan Melakukan perencanaan penempatan alat kerja pada tempat aman. Sedangkan faktor eskalasi yang meningkatkan dampak risiko digambarkan dengan kotak warna kuning yang meliputi Komposisi Material Dinding Penahan tidak standar. Untuk langkah pencegahan eskalasi digambarkan dengan kotak berwarna putih di sebelah kiri kotak kuning yang meliputi Melakukan Slump Test sebelum pengecoran.

Hasil Analisis *Bowtie* pada Risiko Kadar Oksigen Rendah



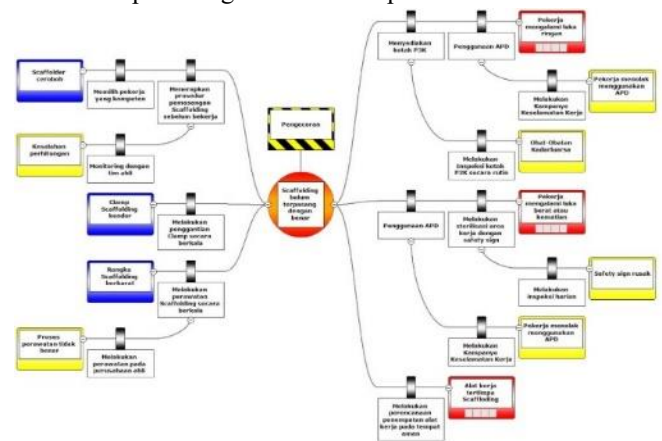
Gambar 3 Diagram *Bowtie* 2 (Kadar Oksigen Rendah)

Berdasarkan **Gambar 3** diatas dapat dianalisis faktor penyebab dan pencegahan serta faktor dampak dan mitigasi yang dilakukan pada risiko “Kadar Oksigen Rendah”. Faktor penyebab pada risiko “Kadar Oksigen Rendah” digambarkan pada kotak warna biru yang meliputi Jumlah pekerja yang bekerja pada galian terlalu banyak, Tidak adanya blower udara dan Selang Spiral Hisap Udara *Duct Blower* Bocor. Untuk faktor pencegahan yang dilakukan pada risiko “Kadar Oksigen Rendah” digambarkan pada kotak berwarna putih di sebelah kanan kotak biru yang meliputi Menerapkan *Work Permit* dalam bekerja, Melakukan pemasangan blower udara dan Melakukan perencanaan penggantian selang secara berkala. Sedangkan faktor eskalasi yang meningkatkan terjadinya faktor penyebab digambarkan dengan kotak warna kuning yang meliputi Blower rusak dan Selang Sprial diletakkan dinding Turap yang tajam. Untuk langkah pencegahan eskalasi digambarkan dengan kotak berwarna putih di sebelah kanan kotak kuning yang meliputi Melakukan inspeksi setiap hari dan Menempatkan Selang pada tempat aman. Kemudian untuk faktor dampak dan mitigasi pada risiko “Kadar Oksigen Rendah” menunjukkan untuk faktor dampak digambarkan pada kotak warna merah yang meliputi Pekerja pingsan, Pekerja mengalami hipoksia hingga meninggal dan Pekerjaan terhambat. Untuk faktor mitigasi dari faktor dampak digambarkan pada kotak berwarna putih di sebelah kiri kotak merah yang meliputi Melakukan pengukuran kadar oksigen di tempat kerja dan Melakukan pemasangan Blower udara. Sedangkan faktor eskalasi yang meningkatkan dampak risiko digambarkan dengan kotak warna kuning yang meliputi Blower udara rusak dan Selang Sprial Hisap Udara Duct Blower Bocor. Untuk langkah pencegahan eskalasi digambarkan dengan kotak berwarna

putih di sebelah kiri kotak kuning yang meliputi Melakukan inspeksi rutin.

Hasil Analisis *Bowtie* Pada Risiko Scaffolding Belum Terpasang Dengan Benar

Berdasarkan **Gambar 4** diatas dapat dianalisis faktor penyebab dan pencegahan serta faktor dampak dan mitigasi yang dilakukan pada risiko “Scaffolding Belum Terpasang dengan Benar”. Faktor penyebab pada risiko “Scaffolding Belum Terpasang dengan Benar” digambarkan pada kotak warna biru yang meliputi Scaffolder ceroboh, Clamp Scaffolding kendur dan Rangka Scaffolding berkarat. Untuk faktor pencegahan yang dilakukan pada risiko “Scaffolding Belum Terpasang dengan Benar” digambarkan pada kotak berwarna putih di sebelah kanan kotak biru yang meliputi Memilih pekerja yang kompeten, Menerapkan prosedur pemasangan Scaffolding sebelum bekerja, Melakukan penggantian Clamp secara berkala dan Melakukan perawatan *Scaffolding* secara berkala. Sedangkan faktor eskalasi yang meningkatkan terjadinya faktor penyebab digambarkan dengan kotak warna kuning yang meliputi Kesalahan perhitungan dan Proses perawatan tidak benar.

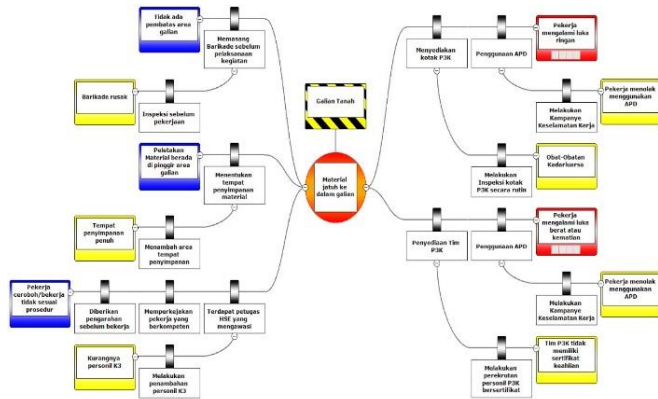


Gambar 4 Diagram *Bowtie* 3 (*Scaffolding* Belum Terpasang Dengan Benar)

Untuk langkah pencegahan eskalasi digambarkan dengan kotak berwarna putih di sebelah kanan kotak kuning yang meliputi Monitoring dengan tim ahli dan Melakukan perawatan pada perusahaan ahli. Kemudian untuk faktor dampak dan mitigasi pada risiko “Scaffolding Belum Terpasang dengan Benar” menunjukkan untuk faktor dampak digambarkan pada kotak warna merah yang meliputi Pekerja mengalami luka ringan, Pekerja mengalami luka berat atau kematian dan Alat kerja tertimpa *Scaffolding*. Untuk faktor mitigasi dari faktor dampak digambarkan pada kotak berwarna putih di sebelah kiri kotak merah yang meliputi Penggunaan APD, Menyediakan

kotak P3K, Melakukan sterilisasi area kerja dengan *Safety Sign* dan Melakukan perencanaan penempatan alat kerja pada tempat aman. Sedangkan faktor eskalasi yang meningkatkan dampak risiko digambarkan dengan kotak warna kuning yang meliputi Pekerja menolak menggunakan APD, Obat-Obatan Kadarluarsa dan *Safety Sign* rusak. Untuk langkah pencegahan eskalasi digambarkan dengan kotak berwarna putih di sebelah kiri kotak kuning yang meliputi Melakukan Kampanye Keselamatan Kerja, Melakukan Inspeksi kotak P3K secara rutin dan Melakukan inspeksi harian.

Hasil Analisis *Bowtie* Pada Risiko Material Jatuh Ke Dalam Galian



Gambar 5 Diagram *Bowtie* 4 (Risiko Material Jatuh Ke Dalam Galian)

Berdasarkan **Gambar 5** diatas dapat dianalisis faktor penyebab dan pencegahan serta faktor dampak dan mitigasi yang dilakukan pada risiko “Material Jatuh ke dalam Galian”. Faktor penyebab pada risiko “Material Jatuh ke dalam Galian” digambarkan pada kotak warna biru yang meliputi Tidak ada pembatas area galian, Peletakan Material berada di pinggir area galian dan Pekerja ceroboh/bekerja tidak sesuai prosedur. Untuk faktor pencegahan yang dilakukan pada risiko “Material Jatuh ke dalam Galian” digambarkan pada kotak berwarna putih di sebelah kanan kotak biru yang meliputi Memasang Barikade sebelum pelaksanaan kegiatan, Menentukan tempat penyimpanan material, Diberikan pengarahan sebelum bekerja, Memperkejakan pekerja yang berkompeten dan Terdapat petugas HSE yang mengawasi. Sedangkan faktor eskalasi yang meningkatkan terjadinya faktor penyebab digambarkan dengan kotak warna kuning yang meliputi Barikade rusak, Tempat penyimpanan penuh dan Kurangnya personil K3. Untuk langkah pencegahan eskalasi digambarkan dengan kotak berwarna putih di sebelah kanan kotak kuning yang meliputi Inspeksi sebelum pekerjaan, Menambah area tempat penyimpanan dan Melakukan

penambahan personil K3. Kemudian untuk faktor dampak dan mitigasi pada risiko “Material Jatuh ke dalam Galian” menunjukkan untuk faktor dampak digambarkan pada kotak warna merah yang meliputi Pekerja mengalami luka ringan dan Pekerja mengalami luka berat atau kematian. Untuk faktor mitigasi dari faktor dampak digambarkan pada kotak berwarna putih di sebelah kiri kotak merah yang meliputi Penggunaan APD, Menyediakan kotak P3K dan Penyediaan Tim P3K. Sedangkan faktor eskalasi yang meningkatkan dampak risiko digambarkan dengan kotak warna kuning yang meliputi Pekerja menolak menggunakan APD, Obat-Obatan Kadarluarsa dan Tim P3K tidak memiliki sertifikat keahlian. Untuk langkah pencegahan eskalasi digambarkan dengan kotak berwarna putih di sebelah kiri kotak kuning yang meliputi Melakukan Kampanye Keselamatan Kerja, Melakukan Inspeksi kotak P3K secara rutin dan Melakukan perekrutan personil P3K bersertifikat.

D. Pembahasan

Risiko Kecelakaan Kerja Paling Dominan Pada Proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya

Berdasarkan hasil identifikasi dan penilaian risiko didapatkan risiko-risiko kecelakaan kerja yang memiliki tingkat risiko Tinggi, Sedang dan Ringan. Hasil penilaian risiko menunjukkan adanya 4 risiko Tinggi yaitu Risiko Material jatuh ke dalam galian dengan nilai risiko sebesar 16, Risiko Kadar oksigen rendah dengan nilai risiko sebesar 20, Risiko Tanah rawan longsor dengan nilai risiko sebesar 25 dan Risiko Scaffolding belum terpasang dengan benar dengan nilai risiko sebesar 16. Kemudian juga didapatkan 4 risiko Sedang yaitu Risiko Uap/gas beracun dengan nilai risiko sebesar 5, Risiko Sling Crane Terputus dengan nilai risiko sebesar 8, Risiko Sling TC Putus dengan nilai risiko sebesar 8 dan Risiko Terkena paparan debu dari pembersihan lokasi Pengecoran dengan compressor dengan nilai risiko sebesar 8. Selain itu untuk Risiko Rendah yaitu Risiko Alat berat menabrak fasilitas/pekerja dengan nilai risiko sebesar 4 dan Risiko Tersebur Mortar dari concrete pump dengan nilai risiko sebesar 1. Maka dapat disimpulkan risiko kecelakaan kerja yang paling dominan pada proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya adalah risiko Risiko Material jatuh ke dalam galian, Risiko Kadar oksigen rendah, Risiko Tanah rawan longsor dan Risiko Scaffolding belum terpasang dengan benar.

Penyebab (*Threats*), Dampak (*Consequences*) Dan Respon Risiko Pada Proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya

Berdasarkan hasil analisis *Bowtie* didapatkan faktor Penyebab, Dampak dan Respon Risiko dari 4 Risiko Tinggi

yang dianalisis. Untuk Risiko “Tanah rawan longsor” memiliki faktor penyebab (*Threats*) yaitu Kontur tanah tidak rata, Tidak dipasang Dinding Penahan pada lubang galian dan Penggalian dilakukan tegak lurus. Sedangkan faktor dampak (*Consequences*) adalah Pekerja tertimbun tanah longsor, Pekerjaan terhambat dan Kerugian Aset. Respon risiko yang dilakukan adalah Pembuatan dinding penahan pada lubang Galian, Melakukan perencanaan teknis penggalian dan Melakukan perencanaan penempatan alat kerja pada tempat aman. Pada risiko “Kadar oksigen rendah” memiliki faktor penyebab (*Threats*) yaitu Jumlah pekerja yang bekerja pada galian terlalu banyak, Tidak adanya blower udara dan Selang Spiral Hisap Udara Duct Blower Bocor. Sedangkan faktor dampak (*Consequences*) adalah Pekerja pingsan, Pekerja mengalami hipoksia hingga meninggal dan Pekerjaan terhambat. Respon risiko yang dilakukan adalah Menerapkan *Work Permit* dalam bekerja, Melakukan pemasangan blower udara, Melakukan perencanaan penggantian selang secara periodic dan Melakukan pengukuran kadar oksigen di tempat kerja. Untuk risiko “Scaffolding belum terpasang dengan benar” memiliki faktor penyebab (*Threats*) yaitu *Scaffolder* ceroboh, Clamp Scaffolding kendor dan Rangka *Scaffolding* berkarat. Sedangkan faktor dampak (*Consequences*) adalah Pekerja mengalami luka ringan, Pekerja mengalami luka berat atau kematian dan Alat kerja tertimpa *Scaffolding*. Respon Risiko yang dilakukan adalah Memilih pekerja yang kompeten, Menerapkan prosedur pemasangan *Scaffolding* sebelum bekerja, Melakukan penggantian Clamp secara berkala, Melakukan perawatan Scaffolding secara berkala,

Penggunaan APD, Menyediakan kotak P3K, Melakukan sterilisasi area kerja dengan Safety sign dan Melakukan perencanaan penempatan alat kerja pada tempat aman. Sedangkan pada risiko Material Jatuh dalam Galian memiliki faktor penyebab (*Threats*) yaitu Tidak ada pembatas area galian, Peletakan Material berada di pinggir area galian dan Pekerja ceroboh/bekerja tidak sesuai prosedur. Sedangkan faktor dampak (*Consequences*) adalah Pekerja mengalami luka ringan dan Pekerja mengalami luka berat atau kematian. Respon risiko yang dilakukan adalah Memasang Barikade sebelum pelaksanaan kegiatan, Menentukan tempat penyimpanan material, Diberikan pengarahan sebelum bekerja, Memperkejakan pekerja yang berkompeten, Terdapat petugas HSE yang mengawasi, Penggunaan APD, Menyediakan kotak P3K dan Penyediaan Tim P3K.

Cara Pengendalian Aspek-Aspek Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Apa Saja Yang Diterapkan Untuk Mengurangi Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya.

Berdasarkan hasil identifikasi dan penilaian risiko serta analisis *Bowtie* didapatkan beberapa cara pengendalian akan aspek K3 yang dapat diterapkan pada proyek konstruksi Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya. Cara pengendalian aspek K3 dilakukan berdasarkan risiko tingkat tinggi yang telah dianalisis. Berikut **Tabel 7** beberapa cara pengendalian pada proyek konstruksi Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya yaitu:

Tabel 7 Cara Pengendalian Aspek K3 Proyek Konstruksi Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya

a	Risiko	Cara Pengendalian
1	Tanah rawan longsor (<i>Bowtie</i> 1)	Melakukan inspeksi setiap hari (B1.1) Melakukan rekrutmen pekerja berkompeten (B1.2) Melakukan <i>Slump Test</i> sebelum pengecoran (B1.3)
2	Kadar oksigen rendah (<i>Bowtie</i> 2)	Melakukan inspeksi setiap hari (B2.1) Menempatkan Selang pada tempat aman (B2.2) Monitoring dengan tim ahli (B3.1)
3	<i>Scaffolding</i> belum terpasang dengan benar (<i>Bowtie</i> 3)	Melakukan perawatan pada perusahaan ahli (B3.2) Melakukan Kampanye Keselamatan Kerja (B3.3) Melakukan Inspeksi kotak P3K secara rutin (B3.4) Melakukan inspeksi harian (B3.5) Inspeksi sebelum pekerjaan (B4.1)
4	Material Jatuh dalam Galian (<i>Bowtie</i> 4)	Menambah area tempat penyimpanan (B4.2) Melakukan penambahan personil K3 (B4.3) Melakukan Kampanye Keselamatan Kerja (B4.4) Melakukan Inspeksi kotak P3K secara rutin (B4.5) Melakukan perekrutan personil P3K bersertifikat (B4.6)

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa dari 4 risiko dominan yang dianalisis menggunakan metode *Bowtie* didapatkan beberapa cara pengendalian sesuai jenis

risiko. Risiko “Tanah Rawan Longsor” memiliki beberapa cara pengendalian seperti melakukan inspeksi setiap hari akan dinding penahan pada lubang galian, Melakukan rekrutmen pekerja berkompeten dalam proses galian tanah

dan Melakukan *Slump Test* sebelum pengecoran dalam proses pembuatan dinding penahan galian. Kemudian untuk Risiko “Kadar Oksigen Rendah” memiliki beberapa cara pengendalian seperti Melakukan inspeksi setiap hari akan Blower Udara dan Selang Spiral Hisap Udara *Duct Blower* serta Menempatkan Selang pada tempat aman.

Kemudian untuk risiko “*Scaffolding* belum terpasang dengan benar” dapat dilakukan cara pengendalian seperti Monitoring dengan tim ahli terkait prosedur pemasangan *Scaffolding*, Melakukan perawatan pada perusahaan ahli akan *Scaffolding*, Melakukan Kampanye Keselamatan Kerja, Melakukan Inspeksi kotak P3K secara rutin dan Melakukan inspeksi harian akan ketersediaan obat-obatan P3K. Sedangkan untuk risiko “Material Jatuh dalam Galian” dapat dilakukan langkah pengendalian meliputi Inspeksi sebelum pekerjaan akan Barikade di sekitar lubang galian, Menambah area tempat penyimpanan sebagai tempat penyimpanan yang jauh dari lubang galian, Melakukan penambahan personil K3 untuk memenuhi kebutuhan pengawasan, Melakukan penambahan personil K3 agar pekerja dapat memiliki kesadaran untuk menggunakan Helm kerja, Melakukan Inspeksi kotak P3K secara rutin dan Melakukan perekrutan personil P3K bersertifikat.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan penelitian yang membahas rumusan masalah yaitu:

A. Risiko kecelakaan kerja paling dominan pada proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya adalah dengan jumlah penilaian tingkat risiko 25 pada Risiko Tanah rawan longsor. Kemudian risiko kecelakaan kerja ditingkat kedua pada proyek Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya yaitu dengan jumlah penilaian tingkat risiko 20 pada Risiko Kadar oksigen rendah. Lalu sisanya dengan jumlah penilaian tingkat risiko nilai sebesar 16 pada Risiko *Scaffolding* belum terpasang dengan benar dan risiko Risiko Material jatuh ke dalam galian.

1) Faktor penyebab (*Threats*) pada risiko “Tanah rawan longsor” dengan nilai risiko sebesar 25 adalah Kontur tanah tidak rata, Tidak dipasang Dinding Penahan pada lubang galian dan Penggalian dilakukan tegak lurus dengan faktor Dampak (*Consequence*) yaitu Pekerja tertimbun tanah longsor, Pekerjaan terhambat dan Kerugian Aset. Respon Risiko yang dapat dilakukan adalah Pembuatan dinding penahan pada lubang Galian, Melakukan perencanaan teknis penggalian dan

Melakukan perencanaan penempatan alat kerja pada tempat aman.

- 2) Faktor penyebab (*Threats*) pada risiko “Kadar oksigen rendah” dengan nilai risiko sebesar 20 adalah Jumlah pekerja yang bekerja pada galian terlalu banyak, Tidak adanya blower udara dan Selang Spiral Hisap Udara *Duct Blower* Bocor. Sedangkan faktor dampak (*Consequences*) adalah Pekerja pingsan, Pekerja mengalami hipoksia hingga meninggal dan Pekerjaan terhambat. Respon risiko yang dilakukan adalah Menerapkan *Work Permit* dalam bekerja, Melakukan pemasangan blower udara, Melakukan perencanaan penggantian selang secara periodic dan Melakukan pengukuran kadar oksigen di tempat kerja.
 - 3) Faktor penyebab (*Threats*) pada risiko “*Scaffolding* belum terpasang dengan benar” dengan nilai risiko sebesar 16 adalah *Scaffolder* ceroboh, *Clamp Scaffolding* kendur dan Rangka *Scaffolding* berkarat. Sedangkan faktor dampak (*Consequences*) adalah Pekerja mengalami luka ringan, Pekerja mengalami luka berat atau kematian dan Alat kerja tertimpa *Scaffolding*. Respon Risiko yang dilakukan adalah Memilih pekerja yang kompeten, Menerapkan prosedur pemasangan *Scaffolding* sebelum bekerja, Melakukan penggantian *Clamp* secara berkala, Melakukan perawatan *Scaffolding* secara berkala, Penggunaan APD, Menyediakan kotak P3K, Melakukan sterilisasi area kerja dengan Safety sign dan Melakukan perencanaan penempatan alat kerja pada tempat aman.
 - 4) Sedangkan Faktor penyebab (*Threats*) pada risiko “Material Jatuh dalam Galian” dengan nilai risiko sebesar 16 adalah Tidak ada pembatas area galian, Peletakan Material berada di pinggir area galian dan Pekerja ceroboh/bekerja tidak sesuai prosedur. Sedangkan faktor dampak (*Consequences*) adalah Pekerja mengalami luka ringan dan Pekerja mengalami luka berat atau kematian. Respon risiko yang dilakukan adalah Memasang Barikade sebelum pelaksanaan kegiatan, Menentukan tempat penyimpanan material, Diberikan pengarahan sebelum bekerja, Memperkejakan pekerja yang berkompeten, Terdapat petugas HSE yang mengawasi, Penggunaan APD, Menyediakan kotak P3K dan Penyediaan Tim P3K.
- B. Cara pengendalian aspek K3 pada proyek konstruksi Pembangunan Terowongan Joyoboyo Surabaya adalah Melakukan inspeksi setiap hari, Melakukan rekrutmen

pekerja berkompeten, Melakukan rekrutmen pekerja berkompeten, Menempatkan Selang pada tempat aman, Monitoring dengan tim ahli, Melakukan perawatan pada perusahaan ahli, Melakukan Kampanye Keselamatan Kerja, Menambah area tempat penyimpanan dan Melakukan perekrutan personil P3K bersertifikat.

Daftar Pustaka

- [1] B. E. Situmorang, T. T. Arsjad, and J. Tjakra, "Analisis Risiko Pelaksanaan Pembangunan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung," *J. Tekno*, vol. 16, no. 69, pp. 31–36, 2018.
- [2] F. W. Iribaram and M. Huda, "Analisa Resiko Biaya Dan Waktu Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Apartemen Biz Square Rungkut Surabaya," *J. Rekayasa dan Manaj. Konstr.*, vol. 6, no. 3, pp. 141–154, 2018.
- [3] M. Rangkuti, "Manajemen Risiko Pengertian, Ciri, Tujuan, Manfaat, dan Prinsip," *Fak. Ekon. dan Bisnis*, 2023.
- [4] I. Taufiq, "Risiko tak bisa dihilangkan, tapi dapat diminimalisir," *Inst. Teknol. Bandung. Sch. Bus. Manag.*, 2023.
- [5] H. Darmawi, "Manajemen Risiko: Edisi 2," *Sinar Graf. Offset. Jakarta*, 2016.
- [6] S. Alizadeh and P. Moshashaei, "The Bowtie method in safety management system," *Iran Sci. J. Rev.*, 2015.
- [7] I. Voicu, F. V. Panaitescu, M. Panaitescu, L. G. Dumitrescu, and M. Turof, "Risk management with Bowtie diagrams," *Publ. under licence by IOP Publ. Ltd*, vol. 400, no. 8, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/400/8/082021.
- [8] Habir and F. F. Mukti, "Analisis Risiko Pelaksanaan Konstruksi Pembangunan Jembatan Mahakam Iv Samarinda," *Teknol. Sipil*, vol. 0, no. 1, pp. 29–38, 2019.

Halaman ini sengaja dikosongkan