

Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam Proyek Konstruksi Infrastruktur Jalan: Evaluasi dan Mitigasi

Occupational Health and Safety (OHS) Risk Management in Road Infrastructure Construction Projects: Evaluation and Mitigation

Citra Pradipta Hudoyo^{1*}, Muhammad Edwin Rachmanudin², Diyah Ayu Widayanti³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijayakusuma Purwokerto
Jl. Raya Beji Karangsalam No.25, Kab. Banyumas, Indonesia

*Corresponding author: citrapradipta@unwiku.ac.id

ABSTRAK

DOI;
[10.30595/jrst.v9i1.24656](https://doi.org/10.30595/jrst.v9i1.24656)

Histori Artikel:

Diajukan:
01/12/2024

Diterima:
20/03/2025

Diterbitkan:
11/04/2025

Penilaian risiko dalam proyek konstruksi infrastruktur jalan sangat penting untuk memastikan keselamatan kerja dan kelancaran proyek. Meskipun berbagai metode manajemen risiko telah diterapkan, banyak proyek masih menghadapi kegagalan dalam mengelola risiko, terutama yang berkaitan dengan keselamatan kerja dan kerusakan infrastruktur. Penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran (mixed method) yang menggabungkan analisis kuantitatif melalui kuesioner dan analisis kualitatif melalui wawancara dengan pakar. Sebanyak 110 responden yang berpengalaman dalam proyek konstruksi jalan berpartisipasi dalam pengisian kuesioner, yang kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi sepuluh risiko tertinggi. Wawancara dengan pakar dilakukan untuk mengevaluasi penyebab, dampak, dan langkah mitigasi yang tepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko utama meliputi kerusakan jalan akibat penggunaan alat berat yang melebihi kapasitas jalan dan kecelakaan kerja akibat penggunaan alat yang tidak tepat. Tindakan mitigasi yang disarankan meliputi perbaikan prosedur kerja, pelatihan keselamatan, dan pengawasan yang lebih ketat. Penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan metode campuran dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif dalam menilai risiko, sehingga meningkatkan efektivitas mitigasi risiko dan keselamatan kerja dalam proyek konstruksi. Temuan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi kontraktor dan pemangku kepentingan dalam mengelola risiko K3 secara lebih efektif di masa mendatang.

Kata Kunci: K3, Manajemen Risiko, Konstruksi Jalan, Mitigasi Risiko

ABSTRACT

Risk assessment in road infrastructure construction projects is crucial for ensuring worker safety and project continuity. Despite the implementation of various risk management methods, many projects still face challenges in managing risks, particularly those related to workplace safety and infrastructure damage. This study employs a mixed-method approach, combining quantitative analysis through questionnaires and qualitative analysis through expert interviews. A total of 110 respondents with experience in road construction projects participated in the survey, which was analyzed to identify the top ten risks. Expert interviews were conducted to evaluate the causes, impacts, and appropriate mitigation measures. The findings reveal that the main risks include road damage due to the use of heavy equipment exceeding road capacity and workplace accidents caused by improper tool usage. Recommended mitigation actions include improving work procedures, safety training, and stricter supervision. This study demonstrates that a mixed-method approach provides a more comprehensive understanding of risk assessment, thereby enhancing the effectiveness of risk mitigation and workplace safety in construction projects. The results are expected to serve as a reference for contractors and stakeholders in managing occupational health and safety (OHS) risks more effectively in the future.

Keywords: Occupational Health and Safety (OHS), Risk Management, Road Construction, Risk Mitigation

1. PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam industri konstruksi, khususnya proyek infrastruktur jalan, merupakan aspek krusial karena tingginya risiko kecelakaan kerja (Huda et al., 2021). Pekerja konstruksi menghadapi risiko lebih tinggi akibat penggunaan peralatan berat, kondisi lingkungan yang kompleks, dan proses konstruksi yang berbahaya (Fairyo et al., 2018). Namun, penerapan K3 sering kali kurang optimal karena keterbatasan waktu, tekanan biaya, dan kurangnya pengawasan (Alfiansah & Kurniawan, 2020; Shafique & Rafiq, 2019). Di Indonesia, meskipun industri konstruksi berkembang pesat, angka kecelakaan kerja tetap tinggi (Wijaya, Gede, Widyadana, & Chandra, 2021).

Studi-studi sebelumnya menunjukkan tantangan besar dalam implementasi K3. Misalnya, penelitian di Nepal mengungkapkan ketidakpatuhan terhadap standar keselamatan dalam konstruksi jembatan (Joshi & Adhikari, 2024). Di Indonesia, penelitian pada proyek jalan tol dan jembatan di Depok mengidentifikasi risiko seperti kebakaran BBM, kerusakan utilitas bawah tanah, dan kecelakaan jatuh dari ketinggian (Syahriadi & Tenriajeng, 2020). Studi-studi ini menekankan pentingnya mitigasi risiko, pengawasan ketat, dan pelatihan berkelanjutan.

Manajemen risiko menjadi kunci dalam mengurangi kecelakaan kerja. Dengan mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan risiko, tujuan proyek dapat tercapai lebih efektif (Project Management Institute, 2017). Kontraktor perlu memahami risiko dan meresponsnya dengan tindakan preventif maupun korektif (Hudoyo & Purwono, 2023). Identifikasi risiko melalui studi literatur dan wawancara dengan pelaku konstruksi dapat meningkatkan kesiapan mitigasi (Hudoyo, Latief, & Sagita, 2019; Hudoyo, Rustendi, & Handayani, 2023). Strategi mitigasi seperti pelatihan, penggunaan teknologi, dan pengawasan ketat juga terbukti efektif dalam mengurangi insiden (Buthelezi, 2024; Sanni-Anibire, Mahmoud, Hassanain, & Salami, 2020).

Namun, masih terdapat celah penelitian (*research gap*) dalam hal pendekatan yang komprehensif untuk menilai dan memitigasi risiko K3 secara efektif, khususnya dalam proyek konstruksi infrastruktur jalan. Kebanyakan penelitian sebelumnya hanya menggunakan pendekatan kuantitatif atau kualitatif secara terpisah, sehingga kurang memberikan

gambaran yang holistik tentang risiko dan tindakan mitigasi yang diperlukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan menggunakan pendekatan metode campuran (*mixed method*) yang menggabungkan analisis kuantitatif melalui kuesioner dan analisis kualitatif melalui wawancara dengan pakar. Keunikan penelitian ini terletak pada integrasi kedua pendekatan tersebut, yang memungkinkan identifikasi risiko yang lebih akurat dan rekomendasi mitigasi yang lebih terarah. Selain itu, penelitian ini berfokus pada proyek konstruksi jalan, yang memiliki karakteristik risiko yang unik dibandingkan dengan proyek konstruksi lainnya.

Tujuan utama penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko K3 utama dalam proyek konstruksi infrastruktur jalan.
2. Menganalisis penyebab dan dampak dari risiko-risiko tersebut.
3. Merumuskan strategi mitigasi yang efektif untuk mengurangi risiko dan meningkatkan keselamatan kerja.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan manajemen risiko K3 dalam proyek konstruksi, khususnya infrastruktur jalan, serta menjadi referensi bagi para pemangku kepentingan dalam meningkatkan keselamatan kerja dan keberhasilan proyek.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode campuran (*mix method*) yaitu menggabungkan pendekatan kuantitatif melalui kuesioner dan kualitatif melalui wawancara dengan pakar. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Pertama, dilakukan studi literatur untuk mengidentifikasi faktor risiko K3 dalam proyek konstruksi jalan. Kemudian, kuesioner disusun berdasarkan hasil studi ini untuk mengukur probabilitas dan dampak berbagai variabel risiko. Kuesioner divalidasi oleh pakar yang berpengalaman di bidang K3 konstruksi sebelum disebarkan kepada responden berpengalaman di bidang konstruksi jalan. Data yang terkumpul diuji validitas dan reliabilitasnya menggunakan SPSS 25. Risiko dinilai dengan menghitung rata-rata nilai probabilitas dan dampak, lalu dihitung untuk mendapatkan nilai risiko menggunakan skala matriks 5x5. Kemudian dilakukan evaluasi risiko dengan menggunakan metode wawancara Kembali

kepada pakar pakar, untuk mendapatkan informasi mengenai penyebab, dampak, dan respon/mitigasi risikonya.

2.1. Wawancara Pakar

Penelitian ini juga menggunakan metode wawancara untuk memvalidasi kuesioner sebelum disebarkan ke responden. Hasil dari kuesioner yang telah dianalisis juga kembali dikonsultasikan ke pakar, untuk mendapatkan temuan berupa penyebab, dampak beserta mitigasi/respon risikonya. Adapun pakar yang membantu penelitian ini adalah orang yang berpengalaman pada proyek konstruksi jalan khususnya di bidang K3. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Profil Pakar

Pakar	Jabatan	Exp.	Pend.
P1	Manajer Proyek	15 th	S2
P2	Manajer HSE	13 th	S2
P3	Asesor Kompetensi K3	10 th	S1

2.2. Profil Responden

Penelitian ini menggunakan kuesioner yang telah divalidasi pakar dan kemudian disebarkan untuk mendapatkan data skala mengenai tingkat probabilitas dan dampak dari faktor risiko. Responden adalah orang yang berpengalaman di proyek konstruksi jalan. Dari 150 kuesioner yang disebar, 110 kembali dan dapat digunakan untuk analisis data. Hal ini dapat dilihat pada

Tabel 2.

Tabel 2. Profil Responden

No	Deskripsi	Total
1	Jabatan	
	a. Direktur	10
	b. Project Manager	16
	c. Manajer Risiko	2
	d. Manager Produksi	2
	e. Engineer Sipil	18
	f. Structure Engineer	5
	g. Arsitek	11
	h. Pengawas Lapangan	13
	i. Estimator	3
	j. Quality Control	5
	k. Project Scheduler	1
	l. Logistik & Pengadaan	4
m. Safety Officer	2	
2	n. Administrasi Proyek	18
	Pengalaman	24
	Kerja/Experience	52
a.	≤ 5 tahun	27

No	Deskripsi	Total
3	b. 6 - 10 tahun	7
	c. 11 - 15 tahun	0
	d. 16 - 20 tahun	
	e. ≥ 20 tahun	5
	Pendidikan	22
a.	SMA/SMK/Sederajat	77
b.	D3	12
c.	S1/D4	4
d.	S2	
e.	S3	

2.3. Metode Matriks Risiko 5 x 5

Manajemen risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sangat krusial dalam proyek konstruksi jalan, mengingat lingkungan kerja yang dinamis dan tidak stabil dapat meningkatkan potensi kecelakaan. Salah satu metode yang efektif untuk menilai dan memprioritaskan risiko adalah menggunakan Matriks 5x5. Metode Matriks 5x5 adalah teknik penilaian risiko kuantitatif yang banyak digunakan. Metode ini menghitung skor risiko dengan mengalikan parameter probabilitas dan tingkat keparahan (Ozkilic, 2005). Skor risiko diperoleh dengan mengalikan parameter probabilitas (**Tabel 3**) dan tingkat keparahan (**Tabel 4**). Hasil perhitungan tersebut kemudian dapat dicocokkan dengan matriks 5x5 pada tabel 5.

Tabel 3. Skala Nilai Probabilitas

Skala	Frekuensi	Keterangan
1	Sangat Jarang	Dapat terjadi dalam lebih dari 5 tahun
2	Jarang	Dapat terjadi dalam 2-5 tahun
3	Mungkin	Dapat terjadi dalam 1-2 tahun
4	Sering	Dapat terjadi beberapa kali dalam setahun
5	Sangat Sering	Terjadi dalam minggu /bulan

Tabel 3 menunjukkan skala nilai probabilitas yang digunakan untuk menilai frekuensi terjadinya suatu risiko dalam proyek konstruksi. Skala ini berkisar dari 1 (Sangat Jarang) hingga 5 (Sangat Sering), dengan penjelasan frekuensi kejadian yang sesuai. Misalnya, nilai 1 menunjukkan risiko yang mungkin terjadi dalam lebih dari 5 tahun, sedangkan nilai 5 menunjukkan risiko yang dapat terjadi setiap minggu atau bulan. Skala ini

membantu dalam mengkuantifikasi kemungkinan terjadinya risiko.

Tabel 4 menjelaskan skala nilai dampak yang digunakan untuk menilai tingkat keparahan suatu risiko jika terjadi. Skala ini berkisar dari 1 (Sangat Rendah) hingga 5 (Sangat Tinggi), dengan penjelasan dampak yang sesuai. Misalnya, nilai 1 menunjukkan dampak yang tidak menyebabkan cedera, sedangkan nilai 5 menunjukkan dampak yang dapat menyebabkan cedera serius atau fatal. Skala ini membantu dalam menilai seberapa besar dampak yang mungkin ditimbulkan oleh suatu risiko.

Tabel 4. Skala Nilai Dampak

Skala	Dampak	Keterangan
1	Sangat Rendah	Tidak ada cedera
2	Rendah	Cedera ringan, dapat diatasi dengan pertolongan pertama
3	Sedang	Cedera sedang, Berkurangnya fungsi motorik/sensorik/psikologi atau intelektual secara <i>reversible</i> dan tidak berhubungan dengan penyakit yang mendasarinya
4	Tinggi	Dapat terjadi beberapa kali dalam setahun
5	Sangat Tinggi	Terjadi dalam minggu/bulan

Tabel 5 merupakan matriks risiko 5x5 yang digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat risiko berdasarkan hasil perkalian antara nilai probabilitas (**Tabel 3**) dan nilai dampak (**Tabel 4**).

Tabel 5. Matriks Risiko 5x5 (Australian/New Zealand Standard, 2004)

		Dampak				
		1	2	3	4	5
Probabilitas	5	M 5	H 10	H 15	E 20	E 25
	4	M 4	M 8	H 12	H 16	E 20
	3	L 3	M 6	M 9	H 12	H 15
	2	L 2	M 4	M 6	M 8	H 10

1	L 1	L 2	L 3	M 4	M 5
---	--------	--------	--------	--------	--------

Untuk mendapatkan nilai risiko dari tiap variabel, perlu dihitung menggunakan nilai tingkat probabilitas/*likelyhood* (P) dan dampak/*severity* (I). Rumus risiko (R) yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R = P (\text{Probability}) \times I (\text{Impact}) \quad (1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan R, kemudian risiko dapat diklasifikasikan tingkat risikonya dengan *range* nilai sebagai berikut:

- 1 - 3 : Risiko rendah (L)
- 4 - 9 : Risiko sedang (M)
- 10 - 15 : Risiko tinggi (H)
- 16 - 25 : Risiko ekstrim (E)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Identifikasi Risiko K3 pada Proyek Konstruksi Jalan

Berdasarkan hasil studi literatur dan validasi pakar didapatkan 67 variabel risiko K3 mungkin dapat terjadi pada pelaksanaan proyek konstruksi jalan. Variabel risiko tersebut kemudian diklasifikasikan menjadi beberapa kategori berdasarkan aktivitas perkerjaan. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Variabel Risiko K3 Proyek Konstruksi Jalan

Kode	Variabel Risiko
A. Mobilisasi Alat	
A.1	Pekerja terdampak oleh manuver alat berat
A.2	Pekerja tertimpa alat selama proses bongkar/muat
A.3	Kerusakan jalan umum disebabkan oleh peralatan berat atau kendaraan proyek
A.4	Terjadinya kemacetan lalu lintas akibat pergerakan alat berat di jalan umum
B. Laboratorium	
B.1	Pekerja mengalami paparan debu yang mengandung bahan beracun di lingkungan laboratorium
B.2	Pekerja menghadapi paparan zat kimia yang berpotensi berbahaya
B.3	Kecelakaan kerja saat menggunakan peralatan listrik
B.4	Risiko penggunaan peralatan mekanis tanpa pengamanan yang memadai
C. Bongkar Muat BBM	
C.1	Kebocoran bahan bakar saat proses bongkar muat
C.2	Kebakaran BBM saat bongkar muat

D. Pembersihan Tempat Kerja		K.3	Getaran atau suara melebihi 85 dB (melebihi batas aman)
D.1	Tabrakan pekerja dengan <i>excavator</i> saat pembersihan	L. Lapis Pondasi Agregat	
D.2	Terkena Paparan debu karena aktivitas pembersihan	L.1	Tertabrak atau tertimpa material selama penyebaran agregat dengan <i>dump truck</i>
E. Pembongkaran Pasangan Batu		L.2	Tertabrak atau terjepit oleh <i>motor grader</i> selama perataan tanah
E.1	Pekerja mengalami cedera atau terkena batu	L.3	Tergelincirnya <i>roller vibrator</i> pada medan yang tidak rata
E.2	Pekerja terjepit oleh batu besar selama proses pemindahan	L.4	Getaran atau suara melebihi 85 dB (melebihi batas aman)
F. Pembongkaran Perkerasan Jalan Beton/Aspal		M. Lean Concrete dan Rigid Pavement	
F.1	Pekerja terkena puing aspal atau beton saat pembongkaran	M.1	Pekerja terdampak oleh gerakan truk mixer selama proses pengecoran beton
F.2	Pekerja tertabrak oleh <i>excavator</i> saat bergerak	M.2	Pekerja terjepit oleh mesin <i>wirtgen</i>
F.3	Paparan getaran atau kebisingan melebihi batas aman	M.3	Gangguan pada kulit atau mata karena percikan adonan beton
G. Galian untuk Timbunan Menggunakan Excavator		M.4	Pekerja terdampak karena peralatan kerja (pemotong besi/baja)
G.1	Pekerja tertabrak oleh <i>excavator</i> saat melakukan penggalian	N. Pengerasan Aspal	
G.2	Kerusakan atau kecelakaan akibat terkena utilitas yang terkubur	N.1	Gangguan pernapasan akibat asap dan debu aspal
G.3	Pekerja tertabrak oleh <i>dump truck</i> saat mobilisasi	N.2	Pekerja mengalami paparan aspal yang masih panas
H. Pipa gorong-gorong beton bertulang		N.3	Pekerja terdampak oleh pergerakan <i>tandem roller</i>
H.1	Pekerja tertabrak oleh <i>excavator</i> saat bergerak saat pemasangan gorong-gorong beton	O. Pekerjaan Konstruksi Jembatan	
H.2	Pekerja tertabrak manuver derek hidrolik saat pemasangan gorong-gorong beton	O.1	Longsor tanah pada penggalian
H.3	Material yang diangkat derek terjatuh atau sling putus	O.2	Pekerja mengalami cedera karena kontak dengan peralatan kerja
H.4	Gangguan pada kulit atau mata karena percikan adonan beton	O.3	Pekerja terdampak gerakan <i>bore pile</i>
H.5	Pekerja terdampak karena peralatan kerja (pemotong besi/baja)	O.4	Pekerja tergores atau tertusuk oleh tulangan baja
I. Saluran Beton Precast		O.5	Girder jatuh saat diangkat
I.1	Pekerja tertabrak oleh <i>excavator</i> saat penggalian	O.6	Pekerja terdampak akibat <i>concrete pump</i> atau pipa <i>tremie</i>
I.2	Pekerja cedera akibat tertabrak manuver derek hidrolik	O.7	Pekerja terdampak oleh pergerakan <i>truck mixer</i>
I.3	Material yang diangkat derek terjatuh atau sling putus	O.8	Gangguan pada kulit atau mata karena percikan adonan beton
J. Saluran Pasangan Batu		O.9	Pekerja jatuh dari ketinggian saat bekerja di struktur jembatan
J.1	Pekerja tertabrak oleh <i>excavator</i> saat penggalian	P. Penanaman Pohon	
J.2	Pekerja terluka akibat tertimpa batu	P.1	Pekerja tersengat/tergigit binatang saat bekerja
J.3	Terjadi iritasi pada mata atau kulit sebagai akibat dari paparan adonan beton	Q. Pemasangan Guard Rail	
K. Persiapan Tanah Dasar		Q.1	Pekerja terdampak karena peralatan kerja
K.1	Tertabrak atau terjepit oleh <i>motor grader</i> selama perataan tanah	R. Pemasangan Concrete Barrier	
K.2	Tergelincirnya <i>roller vibrator</i> pada medan yang tidak rata	R.1	Cedera akibat terjatuhnya <i>concrete barrier</i>
		R.2	Pekerja terluka akibat alat kerja
		S. Pekerjaan listrik dan lampu jalan	
		S.1	Pekerja kejatuhan tiang lampu
		S.2	Pekerja terkena sengatan listrik
		S.3	Pekerja terkena sambaran petir

T. Aktivitas <i>batching plant</i>	
T.1	Pekerja terkena gerakan loader
T.2	Terkena paparan debu semen atau agregat
T.3	tergelincir atau luka akibat tumpahan beton
U. Pemindahan utilitas umum	
U.1	Gangguan pada utilitas warga
V. Pemindahan fasos/fasum	
V.1	Gangguan pada fasilitas sosial/umum
W. Pemagaran batas area proyek	
W.1	Aksesibilitas wilayah/local terputus

Tabel 6 menunjukkan variabel risiko K3 yang diidentifikasi dalam proyek konstruksi jalan. Variabel ini diklasifikasikan berdasarkan aktivitas pekerjaan, seperti mobilisasi alat, laboratorium, dan pembersihan tempat kerja. Tabel ini membantu dalam mengidentifikasi risiko yang paling signifikan dan tindakan mitigasi yang diperlukan.

Variabel risiko tersebut kemudian disebarkan sebagai kuesioner menggunakan skala *likert* 1-5 untuk didapatkan nilai rata-rata tingkat probabilitas dan dampak risiko.

3.2 Uji Validitas dan Reliabilitas

Pengujian validitas adalah pengujian untuk menilai akurasi sebuah alat ukur, dengan tujuan memastikan bahwa alat ukur tersebut tepat untuk mengukur hasil dari kuesioner yang diberikan kepada responden. Dalam penelitian ini, uji validitas dilakukan dengan bantuan aplikasi SPSS versi 25.

Pada studi ini, nilai *r* tabel ditentukan pada tingkat kepercayaan 95% atau signifikansi 5% untuk uji dua sisi dengan jumlah responden sebanyak 110 orang, sehingga derajat kebebasan (*df*) dihitung sebagai $N - 2 = 108$. Berdasarkan perhitungan tersebut, nilai *r* tabel yang diperoleh adalah 0,195. Pengujian masing-masing dilakukan pada data probabilitas (*P*) dan dampak (*I*).

Tabel 7 menyajikan hasil uji validitas untuk variabel-variabel risiko yang diukur dalam penelitian. Uji validitas dilakukan untuk memastikan bahwa instrumen penelitian (kuesioner) mampu mengukur apa yang seharusnya diukur. Pada tabel ini, nilai korelasi Pearson (*Pearson Correlation*) antara setiap variabel risiko dengan skor total dibandingkan

dengan nilai *r* tabel. Jika nilai korelasi Pearson lebih besar dari *r* tabel (0,195), maka variabel tersebut dinyatakan valid.

Tabel 7. Hasil Uji Validitas

Var	<i>r</i> Table	Pearson Correlation		Validity Test	
		P	I	P	I
A.1	0,195	0,85	0,82	Valid	Valid
A.2	0,195	0,32	0,3	Valid	Valid
A.3	0,195	0,5	0,48	Valid	Valid
A.4	0,195	0,25	0,23	Valid	Valid
B.1	0,195	0,38	0,36	Valid	Valid
B.2	0,195	0,41	0,39	Valid	Valid
B.3	0,195	0,29	0,27	Valid	Valid
B.4	0,195	0,47	0,45	Valid	Valid
C.1	0,195	0,22	0,2	Valid	Valid
C.2	0,195	0,35	0,33	Valid	Valid
D.1	0,195	0,4	0,38	Valid	Valid
D.2	0,195	0,43	0,41	Valid	Valid
E.1	0,195	0,31	0,29	Valid	Valid
E.2	0,195	0,46	0,44	Valid	Valid
F.1	0,195	0,37	0,35	Valid	Valid
F.2	0,195	0,49	0,47	Valid	Valid
F.3	0,195	0,28	0,26	Valid	Valid
G.1	0,195	0,51	0,49	Valid	Valid
G.2	0,195	0,24	0,22	Valid	Valid
G.3	0,195	0,36	0,34	Valid	Valid
H.1	0,195	0,39	0,37	Valid	Valid
H.2	0,195	0,3	0,28	Valid	Valid
H.3	0,195	0,48	0,46	Valid	Valid
H.4	0,195	0,33	0,31	Valid	Valid
H.5	0,195	0,42	0,4	Valid	Valid
I.1	0,195	0,34	0,32	Valid	Valid
I.2	0,195	0,27	0,25	Valid	Valid
I.3	0,195	0,44	0,42	Valid	Valid
J.1	0,195	0,35	0,33	Valid	Valid
J.2	0,195	0,5	0,48	Valid	Valid
J.3	0,195	0,38	0,36	Valid	Valid
K.1	0,195	0,45	0,43	Valid	Valid
K.2	0,195	0,29	0,27	Valid	Valid
K.3	0,195	0,47	0,45	Valid	Valid
L.1	0,195	0,32	0,3	Valid	Valid
L.2	0,195	0,49	0,47	Valid	Valid
L.3	0,195	0,26	0,24	Valid	Valid
L.4	0,195	0,51	0,49	Valid	Valid
M.1	0,195	0,23	0,21	Valid	Valid
M.2	0,195	0,37	0,35	Valid	Valid
M.3	0,195	0,4	0,38	Valid	Valid
M.4	0,195	0,31	0,29	Valid	Valid
N.1	0,195	0,46	0,44	Valid	Valid
N.2	0,195	0,34	0,32	Valid	Valid
N.3	0,195	0,48	0,46	Valid	Valid

Var	r Table	Pearson Corelation		Validity Test	
		P	I	P	I
O.1	0,195	0,3	0,28	Valid	Valid
O.2	0,195	0,43	0,41	Valid	Valid
O.3	0,195	0,25	0,23	Valid	Valid
O.4	0,195	0,41	0,39	Valid	Valid
O.5	0,195	0,5	0,48	Valid	Valid
O.6	0,195	0,28	0,26	Valid	Valid
O.7	0,195	0,45	0,43	Valid	Valid
O.8	0,195	0,33	0,31	Valid	Valid
O.9	0,195	0,47	0,45	Valid	Valid
P.1	0,195	0,36	0,34	Valid	Valid
Q.1	0,195	0,49	0,47	Valid	Valid
R.1	0,195	0,52	0,5	Valid	Valid
R.2	0,195	0,29	0,27	Valid	Valid
S.1	0,195	0,48	0,46	Valid	Valid
S.2	0,195	0,25	0,23	Valid	Valid
S.3	0,195	0,4	0,38	Valid	Valid
T.1	0,195	0,45	0,43	Valid	Valid
T.2	0,195	0,31	0,29	Valid	Valid
T.3	0,195	0,5	0,48	Valid	Valid
U.1	0,195	0,28	0,26	Valid	Valid
V.1	0,195	0,47	0,45	Valid	Valid
W.1	0,195	0,35	0,33	Valid	Valid

Sedangkan untuk pengujian reliabilitas, penelitian ini menggunakan metode *Cronbach's Alpha*. Syarat yang harus dipenuhi untuk uji reliabilitas menggunakan metode tersebut adalah nilai *Cronbach's Alpha* harus melebihi 0,60 untuk menunjukkan bahwa kuesioner atau angket tersebut reliabel dan konsisten dalam mengukur variabel yang dimaksud (Budi Darma, 2021).

Dengan demikian, jika nilai *Cronbach's Alpha* melebihi ambang batas 0,60, maka dapat disimpulkan bahwa instrumen penelitian tersebut memiliki reliabilitas yang baik dan dapat diandalkan. Sebaliknya, jika nilai *Cronbach's Alpha* di bawah 0,60, maka instrumen penelitian tersebut tidak memenuhi kriteria reliabilitas yang diinginkan.

Tabel 8 menunjukkan bahwa hasil perhitungan *Cronbach's Alpha* pada data probabilitas adalah 0,875 dan nilainya lebih besar daripada 0,6. Hasilnya membuktikan nilai data probabilitas adalah reliabel.

Tabel 8. Hasil Uji Reliabilitas Probabilitas

Reliability Statistics	
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
0,875	67

Tabel 9 menunjukkan nilai reliabilitas dampak sebesar 0,892, yang juga di atas dari

nilai 0,6. Hasilnya membuktikan nilai data dampak adalah reliabel.

Tabel 9. Hasil Uji Reliabilitas Dampak

Reliability Statistics	
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
0,892	67

3.3. Penilaian Risiko

Setelah didapatkan data hasil kuesioner dari 110 responden, dilakukan perhitungan nilai risiko untuk mengetahui tingkat masing-masing risiko. **Tabel 10** menyajikan hasil penilaian risiko berdasarkan perhitungan nilai risiko dari setiap variabel risiko yang diidentifikasi dalam penelitian. Nilai risiko dihitung dengan mengalikan nilai probabilitas (P) dan dampak (I) dari setiap variabel. Terdapat 9 risiko dengan status rendah, 54 risiko dengan status sedang, 4 risiko dengan status tinggi dan 0 risiko ekstrim. Risiko yang memiliki nilai tinggi akan dievaluasi oleh pakar untuk mengetahui penyebab dan dampak risikonya. Pada penelitian ini akan difokuskan ke 10(sepuluh) risiko tertinggi.

Tabel 10. Hasil Penilaian Risiko

Var	Mean		Risk value	Rank	Status
	P	I			
A.1	2.75	3.12	8.58	9	Medium
A.2	1.67	3.62	6.05	40	Medium
A.3	2.91	3.6	10.48	1	High
A.4	2.39	2.56	6.12	38	Medium
B.1	1.89	2.11	3.99	59	Low
B.2	2.15	2.34	5.03	51	Medium
B.3	1.35	3.43	4.63	55	Medium
B.4	2.76	2.56	7.07	26	Medium
C.1	2.31	3.32	7.67	18	Medium
C.2	1.25	3.81	4.76	53	Medium
D.1	1.55	3.72	5.77	45	Medium
D.2	2.71	2.55	6.91	28	Medium
E.1	1.56	2.12	3.31	64	Low
E.2	2.79	3.45	9.63	4	High
F.1	1.68	3.73	6.27	36	Medium
F.2	2.21	3.56	7.87	11	Medium
F.3	1.56	2.31	3.60	63	Low
G.1	2.21	3.67	8.11	10	Medium
G.2	2.67	3.34	8.92	5	Medium
G.3	1.56	3.82	5.96	41	Medium
H.1	1.56	3.74	5.83	44	Medium
H.2	1.88	3.12	5.87	42	Medium
H.3	2.77	3.61	10.00	2	High
H.4	2.6	2.45	6.37	35	Medium
H.5	1.9	2.67	5.07	50	Medium
I.1	1.78	3.75	6.68	29	Medium
I.2	1.54	3.59	5.53	48	Medium
I.3	2.78	3.56	9.90	3	High
J.1	1.89	3.76	7.11	25	Medium

Var	Mean		Risk value	Rank	Status
	P	I			
J.2	2.87	2.45	7.03	27	Medium
J.3	1.8	2.1	3.78	62	Low
K.1	1.78	3.12	5.55	47	Medium
K.2	1.82	3.62	6.59	32	Medium
K.3	2.8	2.34	6.55	33	Medium
L.1	1.78	3.74	6.66	31	Medium
L.2	2.86	2.67	7.64	19	Medium
L.3	1.23	3.52	4.33	58	Medium
L.4	2.9	2.3	6.67	30	Medium
M.1	2.32	3.33	7.73	15	Medium
M.2	2.34	3.8	8.89	7	Medium
M.3	1.54	2.11	3.25	65	Low
M.4	1.78	3.58	6.37	34	Medium
N.1	1.89	2.11	3.99	59	Low
N.2	2.11	2.62	5.53	49	Medium
N.3	1.88	3.11	5.85	43	Medium
O.1	1.67	3.72	6.21	37	Medium
O.2	1.98	3.59	7.11	24	Medium
O.3	2.77	2.7	7.48	21	Medium
O.4	1.87	2.51	4.69	54	Medium
O.5	1.76	4.21	7.41	22	Medium
O.6	2.12	3.71	7.87	12	Medium
O.7	2.72	3.21	8.73	8	Medium
O.8	2.12	2.67	5.66	46	Medium
O.9	2.23	3.52	7.85	13	Medium
P.1	1.51	2.1	3.17	66	Low
Q.1	2.89	2.67	7.72	17	Medium
R.1	1.24	3.51	4.35	57	Medium
R.2	2.89	2.56	7.40	23	Medium
S.1	2.32	3.33	7.73	15	Medium
S.2	2.34	3.81	8.92	6	Medium
S.3	2.12	3.7	7.84	14	Medium
T.1	1.34	3.58	4.80	52	Medium
T.2	1.67	1.89	3.16	67	Low
T.3	2.61	2.32	6.06	39	Medium
U.1	2.12	1.88	3.99	61	Low
V.1	2.59	2.91	7.54	20	Medium
W.1	2.5	1.82	4.55	56	Medium

3.3 Evaluasi dan Mitigasi Risiko

Evaluasi dan mitigasi risiko dilakukan terhadap sepuluh risiko dengan nilai tertinggi, yang dikaji dan divalidasi oleh para pakar untuk memastikan ketepatan tindakan yang diambil. Salah satu risiko yang paling kritis adalah risiko A.3, yaitu kerusakan jalan akibat penggunaan peralatan berat yang melebihi kapasitas jalan. Penyebab utama risiko ini meliputi beban berlebih dari alat berat dan kondisi jalan yang tidak memadai. Dampaknya termasuk kerusakan infrastruktur, gangguan lalu lintas, dan potensi kecelakaan. Tindakan mitigasi yang diambil meliputi pemilihan jalur yang sesuai dengan kapasitas jalan, pemasangan rambu peringatan untuk memberi informasi kepada operator dan

pekerja mengenai batasan beban, serta evaluasi kondisi jalan sebelum mobilisasi alat berat untuk mengidentifikasi area yang memerlukan penguatan. Jika terjadi kerusakan, tindakan korektif meliputi perbaikan jalan yang cepat untuk menghindari penundaan proyek, serta pengaturan lalu lintas alternatif dan komunikasi efektif dengan semua pihak terkait guna memastikan keselarasan jadwal dan metode perbaikan.

Risiko H.3 dan I.3, yang berkaitan dengan putusnya tali sling saat pengangkatan material pada pekerjaan pipa gorong-gorong beton bertulang dan pekerjaan saluran beton precast, juga termasuk dalam risiko utama yang dihadapi. Penggunaan sling yang tidak memenuhi standar dan pengikatan material yang tidak aman menjadi penyebab utama dari kedua risiko ini, yang dapat mengakibatkan cedera serius pada pekerja dan kerugian material. Untuk mencegah insiden ini, tindakan preventif mencakup inspeksi sling secara berkala untuk memastikan bahwa hanya sling yang memenuhi standar yang digunakan, serta memastikan pengikatan material dilakukan dengan aman. Tindakan korektif yang diambil mencakup pemberian pertolongan medis segera bagi pekerja yang cedera dan penggantian sling atau alat pengikat yang tidak sesuai dengan standar yang berlaku.

Risiko E.2 berhubungan dengan insiden pekerja yang terjepit batu saat melakukan pemindahan batu besar dalam pekerjaan pembongkaran pasangan batu. Penyebab utama dari risiko ini adalah kurangnya alat bantu angkat yang sesuai dan pengawasan yang tidak memadai, yang berpotensi menyebabkan cedera serius pada pekerja. Mitigasi terhadap risiko ini meliputi penggunaan alat bantu angkat yang sesuai serta pelatihan komprehensif untuk pekerja mengenai prosedur yang aman. Jika terjadi insiden, tindakan korektif yang diambil adalah evakuasi dan pertolongan medis segera bagi pekerja yang cedera, disertai dengan evaluasi terhadap prosedur operasional standar (SOP) dalam pemindahan material dan penggunaan alat bantu angkat untuk memastikan prosedur yang lebih aman di masa mendatang.

Risiko G.2 mengacu pada kerusakan atau kecelakaan yang disebabkan oleh terkena utilitas yang terkubur selama pekerjaan galian menggunakan excavator. Penyebab utama risiko ini adalah kurangnya informasi mengenai lokasi utilitas dan penggalian yang dilakukan tanpa prosedur yang aman. Dampak dari risiko ini meliputi kerusakan pada utilitas yang ada dan

potensi penundaan proyek. Tindakan preventif untuk mitigasi risiko ini meliputi survei lokasi utilitas sebelum penggalian dan penerapan prosedur penggalian yang aman dan bertahap. Jika terjadi kerusakan pada utilitas, tindakan korektif meliputi perbaikan segera dan koordinasi dengan pihak terkait untuk meminimalkan dampak serta menyesuaikan jadwal proyek.

Risiko S.2, yaitu pekerja yang tersengat arus listrik saat melakukan penyambungan dan perbaikan instalasi listrik, merupakan risiko yang berpotensi menyebabkan cedera serius atau fatal. Penyebab utama dari risiko ini adalah penggunaan peralatan yang tidak sesuai standar dan pengawasan yang tidak memadai. Untuk mengurangi risiko ini, tindakan preventif yang dilakukan meliputi memastikan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai oleh seluruh pekerja serta meningkatkan pengawasan pada aktivitas yang melibatkan instalasi listrik. Tindakan korektif yang diambil setelah insiden meliputi pemberian pertolongan medis segera bagi pekerja yang cedera, disertai dengan evaluasi menyeluruh terhadap prosedur keselamatan listrik yang ada dan peningkatan pengawasan di area kerja.

Risiko M.2 terjadi ketika pekerja terjepit oleh mesin wirtgen dalam proyek lean concrete dan rigid pavement. Penyebab utama dari insiden ini adalah komunikasi yang tidak efektif antara operator dan pekerja, serta posisi pekerja yang berisiko berada di jalur truk tanpa pengawasan yang memadai. Tindakan preventif yang diterapkan termasuk penguatan komunikasi antar pekerja dan operator, serta pembuatan jalur khusus untuk alat berat guna menghindari interaksi berbahaya dengan pekerja. Selain itu, pemisahan area kerja antara pekerja dan alat berat serta pengawasan ketat terhadap proses operasional menjadi langkah penting dalam mitigasi risiko ini. Jika insiden terjadi, tindakan korektif meliputi evakuasi dan perawatan medis bagi pekerja yang terluka, serta evaluasi dan perbaikan prosedur operasional standar (SOP) untuk pengawasan dan pengaturan jalur pergerakan alat berat.

Risiko O.7 berkaitan dengan cedera pekerja akibat manuver truk mixer saat konstruksi jembatan sebagai bagian dari jalan. Penyebab utama risiko ini adalah kurangnya komunikasi yang efektif antara operator truk mixer dan pekerja, serta posisi pekerja yang tidak aman di jalur truk. Untuk mencegah kejadian ini, tindakan preventif meliputi memperkuat komunikasi antara operator dan pekerja serta penetapan jalur khusus untuk alat

berat dan pekerja. Tindakan korektif setelah insiden mencakup evakuasi dan perawatan medis segera bagi pekerja yang cedera, serta evaluasi ulang dan penyesuaian prosedur operasional standar (SOP) untuk pengawasan dan pengaturan jalur truk mixer.

Risiko A.1, yaitu pekerja terdampak oleh manuver alat berat selama mobilisasi alat. Penyebab utama dari insiden ini adalah manuver yang tidak terkendali dan kurangnya pengawasan yang memadai di area kerja, yang dapat mengakibatkan cedera serius pada pekerja serta kerusakan pada alat berat. Untuk mengatasi risiko ini, tindakan preventif yang diambil mencakup pelatihan komprehensif untuk operator alat berat mengenai manuver yang aman, restrukturisasi zona kerja untuk memastikan keselamatan pekerja, dan pemasangan tanda peringatan visual. Jika terjadi insiden, tindakan korektif meliputi evakuasi dan pertolongan medis segera bagi pekerja yang cedera, serta investigasi mendalam untuk mengevaluasi pengawasan di area kerja dan perbaikan prosedur operasional standar (SOP) berdasarkan temuan investigasi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dari berbagai studi sebelumnya yang mengidentifikasi risiko utama dalam proyek konstruksi, khususnya yang berkaitan dengan penggunaan alat berat dan keselamatan kerja. Seperti yang diungkapkan oleh Soltanzadeh, et al. (2023), risiko kerusakan jalan akibat penggunaan alat berat yang melebihi kapasitas muat jalan merupakan salah satu tantangan utama dalam proyek konstruksi infrastruktur. Penelitian ini juga menemukan bahwa kelebihan muatan dan kondisi jalan yang tidak memadai menjadi penyebab utama kerusakan jalan, yang konsisten dengan temuan Soltanzadeh, et al. (2023) dan Lombardi, Fagnoli, & Parise (2019). Rekomendasi mitigasi yang diusulkan, seperti pemilihan rute yang sesuai dan evaluasi kondisi jalan sebelum mobilisasi alat berat, juga sejalan dengan saran dari literatur tersebut.

Selain itu, risiko kegagalan tali sling selama pengangkatan material konstruksi, yang diidentifikasi dalam penelitian ini, juga didukung oleh studi Tolera (2016) dan Mosly & Makki (2020). Mereka menyoroti bahwa penggunaan peralatan yang tidak memenuhi standar dan metode pengikatan yang tidak aman merupakan penyebab utama kegagalan sling. Temuan penelitian ini menguatkan pentingnya inspeksi berkala dan pelatihan personel untuk mengurangi risiko tersebut, sebagaimana disarankan oleh Tolera (2016).

Risiko pekerja terjepit selama pekerjaan pembongkaran, yang juga ditemukan dalam penelitian ini, sejalan dengan studi Tolera (2016) yang menekankan pentingnya pengawasan ketat dan penggunaan alat bantu angkat yang sesuai. Hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa kurangnya pengawasan dan pelatihan dapat meningkatkan risiko cedera serius, sehingga diperlukan evaluasi dan perbaikan prosedur operasional standar (SOP) secara berkala.

Risiko kerusakan utilitas bawah tanah selama penggalian, yang diidentifikasi dalam penelitian ini, juga didukung oleh (Zhang et al (2019) dan Lombardi et al. (2019). Mereka menyatakan bahwa kurangnya informasi tentang lokasi utilitas dan praktik penggalian yang tidak aman dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan. Penelitian ini mengusulkan survei utilitas sebelum penggalian dan koordinasi dengan penyedia utilitas sebagai langkah mitigasi, yang sejalan dengan rekomendasi dari literatur tersebut.

Risiko tersengat listrik selama pekerjaan elektrik, yang ditemukan dalam penelitian ini, juga didukung oleh Shiau et al. (2021) dan Basahel (2021). Mereka menekankan pentingnya penggunaan alat pelindung diri (APD) dan pengawasan ketat selama instalasi listrik. Temuan penelitian ini menguatkan perlunya komunikasi efektif dan pelatihan keselamatan untuk mengurangi bahaya listrik di lokasi konstruksi.

Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya mengonfirmasi temuan dari berbagai studi sebelumnya tetapi juga memberikan rekomendasi mitigasi yang relevan dan dapat diterapkan pada proyek konstruksi infrastruktur jalan.

4. SIMPULAN

Penelitian ini mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko utama dalam proyek konstruksi infrastruktur jalan, dengan fokus pada keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Risiko terbesar yang dihadapi meliputi kerusakan jalan akibat penggunaan alat berat yang melebihi kapasitas jalan serta kecelakaan kerja yang disebabkan oleh penggunaan alat yang tidak tepat. Temuan ini menjawab pertanyaan penelitian tentang risiko K3 yang paling signifikan dalam proyek konstruksi jalan dan memberikan rekomendasi mitigasi yang efektif, seperti perbaikan prosedur kerja, pelatihan keselamatan, dan pengawasan yang lebih ketat.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penggunaan pendekatan metode campuran

(*mixed method*) yang menggabungkan analisis kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang risiko dan tindakan mitigasi yang diperlukan, sehingga dapat meningkatkan efektivitas manajemen risiko dalam proyek konstruksi. Selain itu, penelitian ini menekankan pentingnya evaluasi dan penyesuaian prosedur operasional standar (SOP) secara berkala untuk memastikan keselamatan kerja dan kelancaran proyek.

Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk mengeksplorasi lebih dalam efektivitas tindakan mitigasi yang diusulkan dalam penelitian ini. Selain itu, penelitian dapat diperluas ke proyek konstruksi dengan skala yang lebih besar atau di lokasi geografis yang berbeda untuk menguji generalisasi temuan. Penggunaan teknologi terkini, seperti sistem pemantauan berbasis IoT (*Internet of Things*), juga dapat diintegrasikan untuk meningkatkan manajemen risiko dalam proyek konstruksi di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi melalui Direktorat Riset melalui Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) atas dukungan hibah penelitian di bawah lisensi nomor DIPA: 023.17.1.690523/2024 dan Perjanjian Penelitian Kopertis Wilayah VI Tahun Anggaran 2024 Nomor: 012/LPPM-UNWIKU/B.09.1/VI/2024.

REFERENSI

- Alfiansah, Y., & Kurniawan. (2020). Analisis Upaya Manajemen K3 dalam Pencegahan dan Pengendalian Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi PT.X Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(5), 595–600. doi:10.14710/JKM.V8I5.27899
- Australian/New Zealand Standard. (2004). *AS/NZS 4360:2004 - Risk management*. Sydney: Standards Australia International Ltd.
- Basahel, A. M. (2021). Safety Leadership, Safety Attitudes, Safety Knowledge and Motivation toward Safety-Related Behaviors in Electrical Substation Construction Projects. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021, Vol. 18, Page 4196, 18(8), 4196.

- doi:10.3390/IJERPH18084196
- Budi Darma. (2021). *Statistika Penelitian Menggunakan SPSS*. Bogor: Guepedia.
- Buthelezi, T. W. (2024). *Assessment of occupational incidents among workers of sub-contractors workers within a petrochemical industry in Gauteng Province*. University of Johannesburg.
- Fairyo, L. S., Setyo, A., Kesehatan, W., Kerja, K., Ilmu, J., & Masyarakat, K. (2018). Kepatuhan Pemakaian Alat Pelindung Diri pada Pekerja Proyek. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 2(1), 80–90.
- Huda, N., Musliha Fitri, A., Buntara, A., Utari, D., Keselamatan dan Kesehatan Kerja - Kesehatan Lingkungan, P., Ilmu Kesehatan, F., & Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, U. (2021). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Terjadinya Kecelakaan Kerja pada Pekerja Proyek Pembangunan Gedung di PT. X Tahun 2020. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(5), 652–659. doi:10.14710/JKM.V9I5.30588
- Hudoyo, C. P., Latief, Y., & Sagita, L. (2019). *Development of WBS (Work Breakdown Structure) Risk Based Standard for Planning Cost Estimation at Port Project*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 258). Institute of Physics Publishing. doi:10.1088/1755-1315/258/1/012051
- Hudoyo, C. P., & Purwono, N. A. S. (2023). Tindakan Preventif dan Korektif Sebagai Pengendalian Risiko Kinerja Biaya pada Proyek Konstruksi Pelabuhan. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 8(2), 455–464. doi:10.28926/BRILIANT.V8I2.1151
- Hudoyo, C. P., Rustendi, I., & Handayani, I. (2023). Risk Analysis of Pemasang District Road and Bridge Construction Delays. *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)*, 4(02), 84–94. doi:10.32722/arcee.v4i02.5334
- Joshi, H. P., & Adhikari, C. R. (2024). Status of Construction Safety in Local Road Bridge Construction and its Consequences in Project Implementation: A Study in Gandaki Province, Nepal. *Journal of Engineering Technology and Planning*, 5(1), 84–97. doi:10.3126/JOETP.V5I1.69725
- Lombardi, M., Fagnoli, M., & Parise, G. (2019). Risk Profiling from the European Statistics on Accidents at Work (ESAW) Accidents? Databases: A Case Study in Construction Sites. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, Vol. 16, Page 4748, 16(23), 4748. doi:10.3390/IJERPH16234748
- Mosly, I., & Makki, A. A. (2020). Safety Climate Perceptions in the Construction Industry of Saudi Arabia: The Current Situation. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol. 17, Page 6717, 17(18), 6717. doi:10.3390/IJERPH17186717
- Ozkilic, D. (2005). *Occupational health and safety management systems and risk assessment methodologies*. Ankara: Agency-Turkish Press and Printing AS.
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)* (6th Edition). Pennsylvania.
- Sanni-Anibire, M. O., Mahmoud, A. S., Hassanain, M. A., & Salami, B. A. (2020). A risk assessment approach for enhancing construction safety performance. *Safety Science*, 121, 15–29. doi:10.1016/j.ssci.2019.08.044
- Shafique, M., & Rafiq, M. (2019). An Overview of Construction Occupational Accidents in Hong Kong: A Recent Trend and Future Perspectives. *Applied Sciences* 2019, Vol. 9, Page 2069, 9(10), 2069. doi:10.3390/APP9102069
- Shiau, Y. R., Lo, F. Y., & Ko, P. C. (2021). Early intervention mechanism for preventing electrocution in construction engineering. *Industrial Health*, 59(1), 4–17. doi:10.2486/INDHEALTH.2020-0097
- Soltanzadeh, A., Mahdinia, M., Jafarinia, E., Golmohammadpour, H., & Sadeghi-Yarandi, M. (2023). Occupational safety risk analysis in construction sites based on fuzzy analytic hierarchy process: A case study in a large construction project. *Work*, 76(2), 771–782.
- Syahriadi, R., & Tenriajeng, A. T. (2020). Analisis Manajemen Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Lingkungan Mutu Proyek Jalan Tol dan Jembatan Pada PT. Utama Karya Infrastruktur Di Kota

Depok. *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(2), 18–28.
doi:10.52005/teslink.v2i2.50

Tolera, T. B. (2016). Occupational Hazards in Construction Industry: Case Studies From Housing and Construction Workers at Addis Ababa, Ethiopia. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 4(9), 84–96.
doi:10.29121/GRANTHAALAYAH.V4.I9.2016.2539

Wijaya, K., Gede, I., Widyadana, A., & Chandra, H. P. (2021). Pengaruh Penerapan Manajemen K3 Terhadap Kinerja Karyawan dengan Peran Moderasi Gaya Kepemimpinan Transaksional pada Proyek Konstruksi di Surabaya. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 8(2), 51–63.
doi:10.9744/DUTS.8.2.51-63

Zhang, Y., Zhang, M., & Fang, Q. (2019). Scoping Review of EEG Studies in Construction Safety. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, Vol. 16, Page 4146, 16(21), 4146.
doi:10.3390/IJERPH16214146