



IDENTIFIKASI RISIKO BAHAYA K3 PADA PROYEK REVITALISASI BENDUNGAN DI KABUPATEN BOGOR DENGAN METODE HIRARC

Annissa Azzahra Mutia Indryani*, Kancitra Pharmawati

Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Abstrak: Tingginya angka kecelakaan kerja di sektor konstruksi Indonesia, ditambah kompleksitas risiko ganda (darat dan perairan) pada proyek berbasis air seperti revitalisasi bendungan, menuntut penerapan manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) yang terstruktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, dan merumuskan pengendalian spesifik menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada proyek revitalisasi bendungan di Kabupaten Bogor. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dan telaah dokumen, kemudian dianalisis menggunakan standar AS/NZS 4360:2004 untuk 6 kegiatan (pekerjaan persiapan, pengerukan, pembuatan dinding penahan tanah, pembuatan saluran gendong, pembuatan *box culvert*, pembuatan saluran pelimpah). Hasil penelitian menunjukkan dari 6 kegiatan terdapat 18 potensi risiko yang menunjukkan bahwa 83,3% risiko berada dalam kategori risiko sedang, sementara 16,7% risiko diklasifikasikan sebagai risiko tinggi. Risiko tinggi ini terpusat pada kegiatan pengerukan (cedera akibat longsoran galian), pembuatan saluran gendong (luka akibat runtuhnya dinding galian), dan pembuatan saluran pelimpah (cedera akibat jatuh dari ketinggian). Pengendalian diprioritaskan pada tingkat rekayasa teknik, meliputi pemasangan sistem penahan dinding galian, penggunaan kotak parit, serta pemasangan pagar pengaman dan jaring pengaman untuk pekerjaan di ketinggian. Selain itu, langkah administratif wajib mencakup sistem izin kerja, penetapan prosedur kerja aman, dan pelatihan spesifik. Penelitian ini memberikan panduan praktis dan ilmiah dalam memprioritaskan alokasi sumber daya K3 dan merumuskan intervensi mitigasi risiko secara tepat sasaran pada konstruksi berbasis air.

Kata kunci: HIRARC, K3, Konstruksi Berbasis Air, Revitalisasi Bendungan, Risiko Tinggi

I. PENDAHULUAN

Sektor konstruksi di seluruh dunia dikenal sebagai industri dengan tingkat risiko tinggi. Angka insiden kecelakaan kerja pada sektor ini menyumbang proporsi signifikan terhadap kejadian fatal maupun non-fatal di lingkungan kerja (Takala, 2017). Menurut data Organisasi Buruh Internasional (ILO, 2021), pekerja konstruksi menghadapi risiko kematian tiga kali lipat lebih tinggi dibandingkan pekerja di

sektor lain. Di Indonesia, data tahun 2022 menunjukkan bahwa sektor konstruksi menyumbang 32,8% dari total kecelakaan kerja yang dilaporkan. Selain itu, rata-rata terjadi 3–4 kematian pekerja setiap hari (BPJS Ketenagakerjaan, 2023). Tingginya angka insiden ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk menerapkan strategi manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) yang komprehensif dan efektif pada setiap proyek konstruksi.

Kajian empiris pada kegiatan konstruksi konvensional menunjukkan bahwa implementasi sistem K3 yang terstruktur

*) annissa.azzahra@mhs.itenas.ac.id

mampu menurunkan frekuensi kecelakaan kerja. Sistem tersebut mencakup identifikasi potensi bahaya, evaluasi tingkat risiko, serta penerapan langkah mitigasi. Selain itu, penerapan K3 juga berkontribusi dalam meningkatkan produktivitas kerja dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku (Ramli, dkk., 2011; Sunaryo & Hamka, 2017; Putra, dkk., 2019).

Meskipun kerangka kerja K3 telah tersedia, potensi bahaya tetap tinggi apabila perencanaan awal tidak dilakukan secara matang. Hal ini terutama berkaitan dengan proses identifikasi risiko yang kurang optimal. Oleh karena itu, diperlukan metode yang terstruktur dalam pengelolaan risiko. Beberapa metode yang umum digunakan antara lain Hazard and Operability Study (HAZOP), Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA), serta Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) (Darabont, dkk., 2017).

Kompleksitas identifikasi bahaya meningkat pada proyek konstruksi berbasis air, seperti revitalisasi bendungan. Proyek ini memiliki karakteristik bahaya ganda, yaitu di area darat dan perairan. Risiko yang muncul antara lain tenggelam, paparan listrik di area basah, serta instabilitas geoteknik (Aulia, dkk., 2021).

Penelitian terkait bendungan di Indonesia masih tergolong terbatas. Sebagian besar studi di Asia Tenggara berfokus pada kawasan Sungai Mekong. Sementara itu, penelitian di Indonesia umumnya lebih menitikberatkan pada aspek sosial, seperti pemindahan komunitas lokal dan program pemukiman kembali (Yuen, dkk., 2023).

Kurangnya kajian terhadap aspek keselamatan kerja pada proyek bendungan berpotensi menimbulkan risiko serius.

Kelalaian dalam mengidentifikasi bahaya spesifik dapat menyebabkan kecelakaan fatal. Bahkan, kegagalan struktur bendungan dapat memicu bencana besar di wilayah hilir. (Satrio, 2024).

Kesenjangan penelitian dalam proyek konstruksi berbasis air menunjukkan perlunya studi lebih lanjut yang sesuai dengan standar dan peraturan Indonesia (Permenaker No. 5/2018; PP No. 50/2012; Permen PUPR No. 10/2021).

Penelitian ini menjadi penting untuk menjamin keselamatan pekerja dan keamanan struktur jangka panjang. Hal ini juga sejalan dengan agenda Prioritas Nasional ke-8 RPJMN 2025–2029. Agenda tersebut menekankan pengurangan kerugian ekonomi akibat bencana melalui pengembangan infrastruktur mitigasi banjir dan peningkatan fungsi bendungan secara terintegrasi (BPIW Kementerian PUPR, 2024).

Dibandingkan dengan HAZOP dan HIRA, metode HIRARC dipilih karena keunggulannya dalam menyediakan kerangka kerja yang sistematis dan menyeluruh, mencakup identifikasi, evaluasi, dan pengendalian risiko secara spesifik dan berkelanjutan (Agastya, dkk., 2024; Moch, 2022). Sejalan dengan keterbatasan penelitian sebelumnya, kebaruan penelitian ini terletak pada fokus kajian terhadap aspek K3 pada infrastruktur berbasis air, khususnya bendungan, yang masih terbatas dilakukan di Indonesia.

Dengan fokus pada identifikasi dan penilaian potensi risiko bahaya yang kompleks dan unik, penelitian ini mengambil studi kasus proyek revitalisasi bendungan di Kabupaten Bogor. Objektif primer riset ini mencakup tiga aspek: (1) melakukan identifikasi terhadap ragam potensi bahaya; (2) mengevaluasi gradasi

tingkat risiko; dan (3) memformulasikan rekomendasi intervensi pengendalian yang terukur dengan mengaplikasikan kerangka kerja HIRARC pada konteks revitalisasi bendungan. Luaran dari kajian ini diharapkan mampu berkontribusi sebagai rujukan aplikatif sekaligus saintifik bagi perumusan strategi mitigasi risiko dalam aktivitas pembangunan infrastruktur berbasis perairan, dengan penekanan khusus pada kegiatan pemulihan fungsi bendungan.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menerapkan pendekatan penilaian risiko K3 yang terstruktur untuk kegiatan konstruksi revitalisasi bendungan. Metodologi yang digunakan mengikuti proses sistematis identifikasi bahaya, evaluasi risiko, dan pengendalian risiko, memastikan bahwa temuan dapat diterapkan pada berbagai proyek konstruksi air (Darabont, dkk., 2017).

Studi ini mengadopsi kerangka kerja HIRARC yang telah divalidasi efektivitasnya dalam mengenali potensi bahaya, mengevaluasi tingkat risiko, serta memformulasikan strategi mitigasi kecelakaan kerja di ragam proyek pembangunan infrastruktur Indonesia (Kabul & Yafi, 2022). Metodologi penelitian disusun secara sistematis dalam beberapa tahapan.

Dalam penelitian ini, pendekatan penilaian risiko tidak didasarkan pada jumlah responden, melainkan pada analisis aktivitas pekerjaan yang berpotensi menimbulkan bahaya. Hal ini dikarenakan karakteristik risiko dalam proyek konstruksi lebih ditentukan oleh jenis kegiatan, metode kerja, serta kondisi lingkungan kerja dibandingkan dengan jumlah individu yang terlibat. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis aktivitas (*activity-based approach*) dalam mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan.

Untuk meningkatkan validitas hasil, proses identifikasi bahaya dan penilaian risiko dilakukan melalui triangulasi data, yaitu dengan mengombinasikan hasil observasi lapangan, wawancara terbatas dengan tenaga kerja, serta telaah literatur dan dokumen teknis terkait. Selain itu, penentuan nilai *likelihood* dan *severity* mengacu pada kriteria yang telah distandarisi dalam AS/NZS 4360:2004, sehingga penilaian risiko dilakukan secara sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

2.1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Tahap pengenalan bahaya dijalankan dengan mengintegrasikan tiga metode pengumpulan data: pengamatan kondisi aktual di lokasi proyek, dialog terstruktur dengan tenaga kerja lapangan, dan analisis dokumentasi teknis yang terkait dengan aktivitas konstruksi infrastruktur air. Proses ini bertujuan untuk menemukan potensi bahaya pada setiap jenis pekerjaan, seperti pekerjaan persiapan, pengerukan, pembuatan *revetment*, *box culvert*, dan saluran pelimpah.

Identifikasi bahaya menjadi tahap awal yang penting karena bahaya yang tidak teridentifikasi tidak akan melalui proses manajemen risiko yang ketat, sehingga mengakibatkan tidak teridentifikasinya langkah-langkah pencegahan untuk diimplementasikan dan dikomunikasikan guna mencegah bahaya di tempat kerja (Gan, 2019).

2.2. Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Evaluasi risiko dioperasionalkan melalui dua dimensi fundamental: (1) *severity* atau tingkat keparahan dari potensi dampak, yang elaborasinya dapat ditelaah pada Tabel 1. *Severity* dikategorikan mulai dari cedera ringan hingga fatal (Rahman, 2020).

Tabel 1. Skala Severity

Level	Descriptor	Uraian
1	<i>Negligible</i>	Nihil cedera maupun dampak ekonomi
2	<i>Minor</i>	Luka minor dengan implikasi finansial minimal
3	<i>Moderate</i>	Luka moderat yang memerlukan intervensi medis, disertai kerugian ekonomi substansial
4	<i>Major</i>	Trauma serius pada multipel individu, kerugian material signifikan, disrupsi operasional
5	<i>Catastrophic</i>	Kematian multipel, kerugian masif dengan konsekuensi sistemik, penghentian total operasi

Sumber : Ramli, dkk., 2011

Setelah menentukan skala *severity* selanjutnya di tentukan skala *likelihood* (tingkat kemungkinan terjadinya bahaya). Penjelasan mengenai Skala *Likelihood* terdapat pada Tabel 2. *Likelihood* dikategorikan mulai dari jarang terjadi (*rare*) hingga sering terjadi (*likely*) (Sunaryo & Hamka, 2017).

Tabel 2. Skala Likelihood

Level	Descriptor	Uraian
5	<i>Almost Certain</i>	Hampir pasti terjadi
4	<i>Likely</i>	Sangat mungkin terjadi
3	<i>Possible</i>	Mungkin terjadi
2	<i>Unlikely</i>	Kecil kemungkinan terjadi
1	<i>Rare</i>	Hampir tidak pernah terjadi

Sumber : Ramli, dkk., 2011

Integrasi dari kedua variabel tersebut divisualisasikan ke dalam matriks klasifikasi risiko guna menetapkan stratifikasi tingkat risiko, apakah tergolong *low*, *moderate*, atau tinggi (Widodo, 2021). Matriks klasifikasi dimaksud disajikan secara komprehensif pada Tabel 3. yang berjudul *Risk Matrix*.

Tabel 3. Risk Matrix

Likelihood	Severity				
	1	2	3	4	5
1	L	L	L	L	M
2	L	L	M	M	H
3	L	M	M	H	H
4	L	M	H	H	VH
5	M	H	H	VH	VH

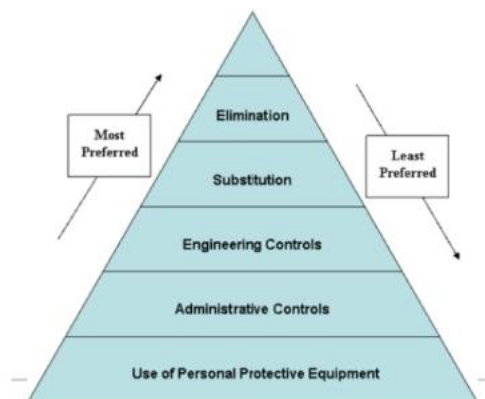
Keterangan :

L : Low M : Moderate H : High VH : Very High

Sumber : Ramli, dkk., 2011

2.3. Evaluasi dan Pengendalian Risiko (Risk Control)

Hasil penilaian risiko digunakan untuk menetapkan langkah pengendalian sesuai dengan hierarki pengendalian risiko guna memastikan bahwa setiap bahaya ditangani dengan pendekatan pengendalian yang paling efektif, terdiri dari: (1) eliminasi bahaya pada sumbernya; (2) substitusi dengan alternatif yang lebih aman; (3) implementasi rekayasa teknis; (4) penerapan kontrol administratif; dan (5) penyediaan Alat Pelindung Diri (APD) sebagai lapis terakhir (ILO, 2021). Berikut ini merupakan hierarki pengendalian risiko yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hirarki Pengendalian Risiko

Sumber: Halim & Panjaitan, 2016



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil aplikasi metode HIRARC pada kegiatan revitalisasi bendungan di wilayah Kabupaten Bogor mengidentifikasi sebanyak 18 jenis potensi bahaya yang terdistribusi di enam fase kerja utama (sebagaimana dirinci dalam Tabel 4. dan 5.) keenam kegiatan utama tersebut meliputi: (1) pekerjaan persiapan; (2) pengerukan; (3) pembuatan *revetment* (dinding penahan tanah); (4) pembuatan saluran gendong; (5) pembuatan *box culvert*; dan (6) pembuatan saluran pelimpah. Identifikasi bahaya secara spesifik menjadi sangat penting karena proyek konstruksi air memiliki risiko ganda, baik dari aktivitas darat maupun perairan (Ardiansyah, dkk., 2022). Karakteristik risiko ganda ini mencakup bahaya konvensional (misalnya, jatuh dari ketinggian atau tertimpa material) dan bahaya spesifik perairan (misalnya, tenggelam atau instabilitas geoteknik pada area basah).

Asesmen tingkat risiko merujuk pada kerangka kerja AS/NZS 4360:2004, yang dipilih

berdasarkan pertimbangan kredibilitas global sebagai pedoman pengelolaan risiko serta aplikabilitas pada konteks proyek infrastruktur di Indonesia dan aplikatif dalam konteks konstruksi di Indonesia, memberikan kerangka kerja yang terstruktur dan semi-kuantitatif untuk mengelola risiko K3 (Hartono, dkk., 2024). Standar ini memetakan skor risiko melalui perkalian dua parameter: *Likelihood* (Kemungkinan) dan *Severity* (Keparahan). Skor risiko akhir (yang menentukan *Risk Level*) diperoleh melalui rumus Skor Risiko = Skor *Likelihood* X Skor *Severity*. Nilai hasil perkalian tersebut kemudian diposisikan dalam matriks klasifikasi (sebagaimana tertera pada Tabel 3) untuk menentukan kategori tingkatan risiko, yang terbagi menjadi empat strata: rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Hasil lengkap penilaian risiko dan peringkat risiko untuk setiap tahap kegiatan disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Tahap Kegiatan Proyek Revitalisasi Bendungan Di Kabupaten Bogor

No	Tahap Kegiatan	Jenis Kegiatan
1		Pekerjaan persiapan <ul style="list-style-type: none"> • Pembangunan papan nama proyek • <i>Uitzet</i>/pengukuran • Direksi keet • Gudang dan peralatan • <i>Quality Control</i> • Pembersihan lapangan • Mobilisasi dan demobilisasi
2		Pengerukan <ul style="list-style-type: none"> • Galian tanah di situ • Mengangkut material atau hasil galian • <i>Dewatering</i>

No	Tahap Kegiatan	Jenis Kegiatan
3	 <p data-bbox="612 419 806 538">Pembuatan <i>Revetment</i> (Dinding Penahan Tanah)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Galian tanah dinding penahan tanah • Penimbunan tanah merah • Pemasangan batuan • Pengecoran • Plesteran • Siaran • Pemasangan besi • Pemasangan bekisting <i>plywood</i> • Pemasangan cerucuk dolken • Pemasangan pipa air suling
4	 <p data-bbox="605 797 821 856">Pembuatan Saluran Gendong</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Penggalian tanah • Penimbunan tanah merah • Pengecoran lantai kerja • Pembuatan saluran setengah lingkaran
5	 <p data-bbox="623 1095 802 1145">Pembuatan <i>Box culvert</i></p>	Pemasangan besi pondasi
6	 <p data-bbox="605 1373 821 1433">Pembuatan Saluran Gendong</p>	Pengecoran

Tabel 5. Penilaian Risiko dan Peringkat Risiko Berdasarkan AS/NZS 4360:2004

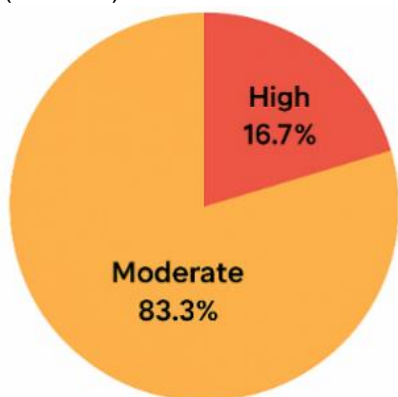
No	Tahap Kegiatan	Risiko	Likelihood	Severity	Scores	Risk Level
1	Pekerjaan Persiapan	Luka akibat penggunaan alat berat (<i>bulldozer/excavator</i>)	2	4	8	<i>Moderate</i>
		Luka terkena alat tangan (cangkul, linggis, sekop)	3	2	6	<i>Moderate</i>
		Tertimpa material saat <i>unloading</i>	2	3	6	<i>Moderate</i>
2	Pengerukan	Cedera akibat longsoran galian	2	5	10	<i>High</i>
		Luka akibat terkena <i>bucket excavator</i>	3	3	9	<i>Moderate</i>
		Terjatuh ke dalam galian	1	5	5	<i>Moderate</i>
3	Pembuatan <i>Revetment</i> (Dinding Penahan Tanah)	Luka akibat tertimpa batu/material lainnya	2	4	8	<i>Moderate</i>
		Jari/anggota tubuh terjepit saat pemasangan	3	3	9	<i>Moderate</i>
		Cedera akibat reruntuhan dinding saat pekerjaan	1	5	5	<i>Moderate</i>
4	Pembuatan Saluran Gendong	Luka akibat terpeleset galian	3	3	9	<i>Moderate</i>
		Luka akibat runtuhnya dinding galian	2	5	10	<i>High</i>
		Luka terkena alat kerja (gerinda, mesin potong)	2	3	6	<i>Moderate</i>
5	Pembuatan <i>Box culvert</i>	Cedera akibat pekerjaan pengangkatan beton	2	4	8	<i>Moderate</i>
		Luka akibat pekerja terjepit <i>formwork</i>	1	5	5	<i>Moderate</i>
		Luka akibat pekerja terpeleset saat pengecoran	3	3	9	<i>Moderate</i>
6	Pembuatan Saluran Pelimpah	Luka akibat terpeleset di area licin	3	2	6	<i>Moderate</i>
		Cedera akibat pekerja jatuh dari ketinggian	2	5	10	<i>High</i>
		Luka akibat tertimpa material beton/besi	2	4	8	<i>Moderate</i>

Berdasarkan hasil perhitungan skor, penelitian ini menunjukkan bahwa pada Proyek Revitalisasi Bendungan di Kabupaten Bogor, total 18 risiko yang teridentifikasi

diklasifikasikan ke dalam dua kategori: risiko sedang (*Moderate*), dan risiko tinggi (*High*). Tidak ada risiko yang teridentifikasi berada dalam strata risiko rendah (*Low*) dan risiko

sangat tinggi (*Very High*). Analisis klasifikasi risiko lebih lanjut menunjukkan sebaran sebagai berikut:

1. Risiko Sedang (*Moderate*): Kategori ini mendominasi dengan total 15 risiko atau 83,3% dari total keseluruhan risiko yang teridentifikasi. Risiko ini tersebar hampir merata di enam kegiatan, termasuk risiko tertimpa material saat *unloading* (Pekerjaan Persiapan) dan luka akibat terpeleat saat pengecoran (Pembuatan *Box culvert*). Risiko sedang menuntut pengendalian yang terencana dengan implementasi rekayasa teknik atau pengendalian administratif.
2. Risiko Tinggi (*High*): Kategori ini mencakup 3 risiko atau 16,7% dari total risiko. Risiko-risiko tinggi ini terpusat pada kegiatan yang melibatkan beban struktural dan ketinggian, yaitu:
 - a. Pengerukan: Cedera akibat longsoran galian (Skor: 10).
 - b. Pembuatan Saluran Gendong: Luka akibat runtuhnya dinding galian (Skor: 10).
 - c. Pembuatan Saluran Pelimpah: Cedera akibat pekerja jatuh dari ketinggian (Skor: 10).



Gambar 2. Persentase *Risk Rating* Pada Pekerjaan Konstruksi

Sebaran persentase risiko tersebut diilustrasikan secara visual pada Gambar 2. yang menunjukkan dominasi tingkat risiko sedang (83,3%) dibandingkan dengan risiko tinggi (16,7%). Meskipun risiko tinggi hanya berjumlah 16,7%, potensi bahaya yang ditimbulkannya (seperti cedera fatal akibat longsoran atau jatuh dari ketinggian) menuntut fokus pengendalian risiko (Supriyadi, 2020).

Distribusi tingkat risiko ini tidak hanya mencerminkan dominasi kategori risiko sedang, tetapi juga menunjukkan kecenderungan nilai *severity* yang relatif lebih tinggi dibandingkan *likelihood* pada beberapa aktivitas pekerjaan. Hal ini terutama terlihat pada risiko kategori tinggi, di mana nilai *severity* berada pada tingkat maksimal atau mendekati fatal, meskipun nilai *likelihood* berada pada tingkat rendah hingga sedang.

Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa meskipun kemungkinan kejadian relatif tidak sering, dampak yang ditimbulkan sangat signifikan, seperti cedera serius hingga kematian. Oleh karena itu, pendekatan pengendalian risiko tidak hanya didasarkan pada frekuensi kejadian, tetapi juga harus mempertimbangkan besarnya konsekuensi yang dapat ditimbulkan. Dengan demikian, risiko dengan nilai *severity* tinggi tetap menjadi prioritas utama dalam pengendalian, meskipun nilai *likelihood*-nya tidak dominan. Pengendalian ini harus diprioritaskan sesuai dengan hierarki pengendalian risiko (Permen PUPR No. 10/2021).

Meskipun penelitian ini telah dilakukan secara sistematis, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Penelitian ini tidak menggunakan pengukuran berbasis sampling kuantitatif maupun melibatkan responden dalam jumlah besar, karena fokus utama adalah identifikasi potensi bahaya

berdasarkan aktivitas pekerjaan (*activity-based hazard identification*), bukan persepsi individu. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber bahaya secara preventif sebagai dasar perumusan pengendalian risiko sebelum terjadinya kecelakaan kerja. Namun demikian, keterbatasan ini berpotensi menimbulkan subjektivitas dalam penentuan nilai *likelihood* dan *severity*, meskipun telah diminimalkan melalui penggunaan standar penilaian dan triangulasi data.

Dengan mempertimbangkan hal tersebut, pengendalian difokuskan pada risiko tinggi yang memiliki dampak krusial, yaitu longsor galian, runtuhnya dinding galian, dan jatuh dari ketinggian. Pengendalian dilakukan melalui rekayasa teknik, seperti pemasangan *shoring system* serta penerapan teknik *sloping* dan *benching* pada galian lebih dari 5 meter (Wirahadikusumah & Ferial, 2005).

Langkah ini diperkuat dengan kontrol administratif, seperti prosedur kerja aman, pengaturan jarak material dari tepi galian, inspeksi stabilitas tanah, serta pelatihan pekerja (Karima, 2023 ; Rosadi & Hamdhan, 2022). Risiko jatuh dari ketinggian dikendalikan melalui pemasangan *guardrail*, *safety net*, dan penggunaan *scaffolding* sesuai standar, serta sistem izin kerja dan pelatihan kompetensi (Nurhijrah, 2018). Sebagai perlindungan terakhir, penggunaan APD seperti helm, sepatu keselamatan, rompi visibilitas tinggi, serta *Personal Fall Arrest System* (PFAS) wajib diterapkan (Trianto, 2020). Dengan demikian, pengendalian risiko dapat dilakukan secara tepat sasaran sesuai prioritas tingkat risiko (Ardiansyah, dkk., 2022).

IV. KESIMPULAN

Konklusif dari proses analisis dapat dinyatakan bahwa keseluruhan 18 jenis risiko yang terdeteksi di enam tahapan kegiatan konstruksi menunjukkan karakteristik distribusi: *minority* 17% dikategorikan sebagai *high-risk* (3 risiko), sedangkan *majority* 83% dikategorikan sebagai *moderate-risk* (15 risiko), tanpa adanya risiko yang terklasifikasi sebagai *low-risk*. Dalam menanggulangi risiko tinggi pada konstruksi revitalisasi bendungan, dapat dilakukan rekayasa teknik: perancangan dan pemasangan sistem penahan dinding galian, pembentukan lereng yang aman, pemasangan pagar pengaman, jaring pengaman, penggunaan perancah sesuai standar; administratif: penetapan prosedur kerja aman dan sistem izin kerja, penempatan material di jarak aman, pemeriksaan stabilitas tanah, pelatihan pekerjaan galian dan penyelamatan, serta kompetensi ketinggian; APD wajib: helm, sepatu dan rompi keselamatan, dan sistem PFAS.

DAFTAR PUSTAKA

- Agastya, F. S., Nugraheni, F., & Sri. (2024). Analisis Manajemen Risiko Konstruksi Pada Proyek Konstruksi Bendungan Berdasarkan Konsep ISO 31000:2018. *AGREGAT*, 9(2), 1083–1090. <https://doi.org/https://doi.org/10.30651/ag.v9i2.23808>
- Ardiansyah, M. K., Irawan, S., & Purba, H. H. (2022). Identifikasi Faktor Risiko Keselamatan Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung di Indonesia dalam 10 Tahun Terakhir (2011-2021): Kajian Literatur. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen*, 20(1), 45–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.52330/jtm.v20i1.46>

- Aulia, D., Ma'rifah, L., Yurrazak, I., & Purba, H. H. (2021). Manajemen Risiko Safety dalam Proyek Konstruksi Bendungan: Kajian Literatur. *Journal of Industrial and Engineering System*, 2(1), 63–74. <https://doi.org/http://ejurnal.ubharajaya.ac.id/index.php/JIES/article/download/636/502>
- Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, K. P. (2024). *Strategi Pengembangan Infrastruktur Mendukung Pengarusutamaan Perubahan Iklim* [Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat]. <https://bpiw.pu.go.id/artikel/strategi-pengembangan-infrastruktur-mendukung-pengarusutamaan-perubahan-iklim>
- Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan. (2023). *Laporan Tahunan Kecelakaan Kerja*.
- Darabont, D. C., Moraru, R. I., Antonov, A. E., & Bejinariu, C. (2017). Managing new and emerging risks in the context of ISO 45001 standard. *Calitatea*, 18(S1), 11.
- Daud, M., Budihardjo, M. A., & Isnanto, R. (2022). Evaluasi Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja dengan Metode HIRARC pada Proyek Pembangunan Sistem Penyediaan Air Baku Bendungan Pengga Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal JPIL*, 1(1), 104–111.
- Gan, S. L. (2019). Importance of Hazard Identification In Risk Management. *Industrial Health*, 57(3), 281–282. https://doi.org/https://doi.org/10.2486/indhealth.57_300
- Hartono, W., Handayani, D., & Ahya, B. A. (2024). Analisis Manajemen Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Standar AS/NZS 4360:2004 Pada Proyek Konstruksi Jembatan Beton. *Matriks Teknik Sipil*, 11(4), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i4.76561>
- International Labour Organization (ILO). (2021). *World Statistics on Occupational Accidents and Diseases*.
- Kabul, E. R., & Yafi, F. (2022). HIRARC Method Approach As Analysis Tools In Forming Occupational Safety Health Management and Culture. *Sosiohumaniora*, 24(2), 218–228. <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/sosiohumaniora.v24i2.38525>
- Karima, P. R. (2023). *Analisis Tingkat Risiko Keselamatan Kerja Dengan Menggunakan Metode HIRADC Pada Pekerjaan Galian Timbunan*. Universitas Islam Indonesia.
- Moch. (2022). Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Proyek Konstruksi Bendungan Sesuai dengan PERMEN PUPR N0. 10 Tahun 2021. *Jurnal Teknik Ilmu Dan Aplikasi*, 3(2), 105–113. <https://doi.org/https://doi.org/10.33795/jtia.v3i1.103>
- Nurhijrah. (2018). Pencegahan Resiko Kecelakaan Jatuh Dari Ketinggian Pada Pekerjaan Industri Konstruksi Di Indonesia . *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 3(1), 85–92.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem*

- Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)*. (2021). <https://doi.org/https://doi.org/10.33558/bentang.v12i1.7169>
- Peraturan Menteri Tenaga Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja. (2018).
- Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. (2012).
- Putra, S. A. P., Suraji, A., Nugraheni, F., & Faisol, A. M. (2019). *Model Job Safety Analysis Berbasis HIRADC (Hazard Identification, Risk Assesment and Determining Control) pada Pekerjaan Struktur Proyek Rumah Susun*. Universitas Islam Indonesia.
- Rahman, M. M. (2020). Safety Risk Assessment in Dam Construction Projects: A Case Study in Malaysia. *Safety Science Journal*.
- Ramli, S., Djajaningrat, H., & Praptono, R. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Prespektif K3 OHS Risk Management (Manajemen K3 002)*. Dian Rakyat.
- Rosadi, A. H., & Hamdhan, I. N. (2022). Identifikasi Risiko Pada Proyek Penanganan Longsoran Lereng Jalan Di Indonesia Dengan Metode HOR (House of Risk) . *Jurnal Jalan-Jembatan*, 39(2), 101–113.
- Satrio, I. R. (2024). Penilaian Risiko Keamanan Bendungan Menggunakan Metode Andersen untuk Bendungan Haekrit. *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 12(1), 13–22.
- Sunaryo, & Hamka, M. A. (2017). Safety Risks Assessment On Container Terminal Using Hazard Identification and Risk Assessment and Fault Tree Analysis Methods. *Procedia Engineering*, 194, 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.150>
- Supriyadi, H. (2020). Efektivitas hirarki pengendalian risiko dalam menurunkan tingkat kecelakaan kerja di industri manufaktur. *Jurnal Teknik Industri*, 15(1), 45–60.
- Takala, J. (2017). Global Estimates of the Burden of Injury and Illness at Work in 2012. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 11(5), 326–337.
- Trianto, W. M. (2020). Bekerja di Ketinggian Pada Pekerjaan Konstruksi – Peraturan dan Tindakan Pencegahan. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, 10(1), 39–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.37525/sp/2020-1/247>
- Widodo, S. (2021). Tantangan Keselamatan Kerja pada Proyek Revitalisasi Danau dan Situ di Indonesia. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 12(1), 46–58.
- Wirahadikusumah, R. D., & Ferial, F. (2005). Kajian Penerapan Pedoman Keselamatan Kerja pada Pekerjaan Galian Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 53–62. <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/jt.s.2005.12.2.1>

Yuen, K. W., Park, E., Hazrina, M., Taufik, M., Santikayasa, P., Latrubesse, E., & Lee, J. S. H. (2023). A Comprehensive Database of Indonesian Dams and Its

Spatial Distribution. *Remote Sensing*, 15(925), 1–19.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs15040925>