

Analisis Risiko K3 Menggunakan Metode HIRARC pada Konstruksi Jalan Hauling Lahan Basah

Andi Alkausar^{1*}, Hartono², Subang Aini Nasution³

^{1,2,3}Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Adiwangsa
Jl. Sersan Muslim No. RT. 24, The Hok, Jambi Selatan, 36125, Jambi, Indonesia.

*Email Korespondensi : andialkausar@gmail.com

Submitted : 29/04/2026

Accepted: 29/09/2026

Published:30/09/2026

Abstract

Mining haul road construction in wetlands carries high occupational safety and health (OSH) risks due to soft soil instability, heavy equipment operations, and biological hazards along STA 50+000 to 70+000 (20 km). This study aims to analyze OSH risks through hazard identification, risk level assessment, and risk control recommendations for the PT China Roads and Bridge Construction (CRBC) project in Bayung Lencir. This descriptive observational study applied the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) method based on Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 from January to March 2026. The study population comprised 45 workers in the STA 50–70 segment. Samples selected via purposive sampling included 30 survey respondents and 5 key Focus Group Discussion (FGD) informants. Measured indicators included likelihood, severity, risk level, and residual risk scores. Results identified 17 primary hazards across 4 work stages, with initial risk distribution showing 5 Extreme (29.41%), 7 High (41.18%), and 5 Medium (29.41%) categories. Dominant OSH risks involved heavy equipment overturning/sinking, dense dust, operator fatigue (microsleep), whole-body vibration, cobra bites, and vespa wasp attacks. Implementing hierarchy-based controls (woven geotextiles, safety berms, scheduled power naps, and spotters) significantly reduced all residual risks to acceptable levels (Low and Medium). In conclusion, OSH risk analysis using the HIRARC method combined with geotechnical and administrative controls effectively reduces occupational accidents in wetland areas. Future research should utilize precise quantitative instruments such as vibrometers to measure equipment vibration exposures and real-time worker heart rate monitoring

Keywords: construction osh, haul road, HIRARC, OSH Risk Analysis, wetland

Abstrak

Pembangunan jalan hauling tambang di lahan basah memiliki risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) tinggi akibat instabilitas tanah lunak (*soft soil*), operasional alat berat, dan bahaya biologis pada segmen STA 50+000 hingga 70+000 (20 km). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko K3 melalui identifikasi bahaya, penilaian tingkat risiko, serta penyusunan rekomendasi pengendalian risiko pada proyek konstruksi PT China Roads and Bridge Construction (CRBC) di Bayung Lencir. Penelitian deskriptif observasional ini menerapkan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) mengacu pada Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 periode Januari–Maret 2026. Populasi penelitian mencakup seluruh pekerja segmen STA 50–70 sebanyak 45 orang. Sampel ditentukan secara *purposive sampling* terdiri dari 30 responden survei dan 5 informan kunci FGD. Indikator yang diukur meliputi skor kemungkinan (*likelihood*), keparahan (*severity*), tingkat risiko, dan risiko sisa (*residual risk*). Hasil penelitian mengidentifikasi 17 potensi bahaya pada 4 tahapan kerja, dengan distribusi risiko awal: 5 *Extreme* (29,41%), 7 *High* (41,18%), dan 5 *Medium* (29,41%). Risiko K3 dominan meliputi alat berat amblas/terguling, debu pekat, kelelahan operator (*microsleep*), getaran seluruh tubuh (*whole body vibration*), serta gigitan ular kobra dan lebah vespa. Penerapan rekomendasi pengendalian berbasis hierarki K3 (*geotextile woven, safety*

berm, scheduled power nap, dan spotter) terbukti secara signifikan menurunkan seluruh risiko sisa ke kategori sedang dan dapat diterima (*Low* dan *Medium*). Simpulan penelitian menunjukkan bahwa analisis risiko K3 dengan metode HIRARC berbasis intervensi geoteknik dan administratif efektif menekan kecelakaan kerja di lahan basah. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas instrumen kuantitatif presisi seperti *vibrometer* untuk mengukur paparan getaran mekanis alat berat dan pemantauan detak jantung pekerja secara *real-time*.

Kata kunci: analisis risiko K3, HIRARC, jalan hauling, K3 konstruksi, lahan basah

PENDAHULUAN

Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan pilar fundamental yang menentukan keberlanjutan dan keberhasilan operasional di seluruh sektor industri berskala masif, terutama pada sektor konstruksi yang secara historis senantiasa menyumbang angka fatalitas tertinggi secara global. Laporan komprehensif dari International Labour Organization secara konsisten menggarisbawahi bahwa sektor konstruksi menyumbang lebih dari tiga puluh persen dari total kecelakaan kerja fatal di seluruh dunia, meskipun jumlah pekerjanya hanya mewakili sebagian kecil dari total angkatan kerja global (International Labour Organization, 2023).

Di wilayah Indonesia, profil risiko ini tidak jauh berbeda, di mana data dari badan penyelenggara jaminan sosial ketenagakerjaan mencatat ratusan ribu klaim kecelakaan kerja setiap tahunnya yang didominasi oleh pekerja lapangan di sektor infrastruktur dan industri berat (BPJS Ketenagakerjaan, 2023). Tingginya insidensi kecelakaan pada sektor ini secara langsung dipicu oleh dinamika lingkungan kerja yang selalu berubah, interaksi yang intens antara manusia dengan alat berat bertenaga besar, berbagai studi menunjukkan bahwa kecelakaan konstruksi umumnya terjadi akibat kombinasi faktor manusia, peralatan kerja, metode pelaksanaan, dan kondisi lingkungan proyek (Haslam et al., 2005), serta paparan terhadap kondisi cuaca dan topografi yang sering kali tidak dapat

diprediksi. Selain faktor teknis dan lingkungan, tingginya angka kecelakaan konstruksi juga dipengaruhi oleh budaya keselamatan yang belum matang, lemahnya pengawasan lapangan, serta rendahnya kepatuhan pekerja terhadap prosedur kerja aman (Choudhry et al., 2007). Kondisi ini menuntut setiap entitas bisnis untuk tidak sekadar menggugurkan kewajiban regulasi, melainkan mengadopsi sistem manajemen risiko keselamatan yang bersifat proaktif, preskriptif, dan terintegrasi secara penuh ke dalam setiap tahapan perencanaan hingga eksekusi proyek di lapangan.

Dalam konstelasi pembangunan infrastruktur industri dan logistik, konstruksi jalan angkut atau jalan hauling memegang peranan yang sangat esensial sebagai urat nadi distribusi material. Proyek pembangunan jalan hauling oleh PT China Roads and Bridge Construction (CRBC) di wilayah Bayung Lencir, Musi Banyuasin, merupakan salah satu manifestasi dari kompleksitas pekerjaan tersebut. Khususnya pada segmen STA 50+000 hingga STA 70+000 sepanjang 20 km, proyek ini berhadapan langsung dengan fenomena geoteknik ekstrem berupa tanah lempung lunak (*soft clay*) dan area rawa jenuh air yang memiliki daya dukung (*bearing capacity*) sangat rendah. Berdasarkan data sekunder dan laporan historis perusahaan, kondisi ini memicu maraknya kejadian *near-miss* dan insiden operasional, seperti alat berat (Bulldozer dan Excavator) yang amblas (*bogged down*), unit terguling (*rollover*) saat penimbunan tepi rawa, penurunan visibilitas akibat debu pekat, serta kecelakaan akibat kelelahan operator

(*microsleep*) pada shift malam. Selain ancaman mekanis dan geoteknik, keberadaan area kerja di hutan sekunder juga memicu tingginya prevalensi kontak dengan bahaya biologis, seperti kemunculan ular kobra dan serangan lebah vespa.

Kondisi riskan pada ekosistem rawa ini sejalan dengan berbagai hasil temuan penelitian sebelumnya. Pratama et al. (2022) serta Zhang et al. (2021) mengonfirmasi bahwa operasional alat berat pada struktur tanah lunak dan rawa memiliki tingkat bahaya geoteknik yang sangat tinggi dengan potensi kegagalan kestabilan unit mencapai kriteria risiko ekstrem. Dari aspek kesehatan kerja, Faridah & Hadi (2024) serta Siregar et al. (2022) menemukan bahwa paparan getaran mekanis (*Whole Body Vibration*) dan posisi duduk statis berdurasi panjang pada operator alat berat berkorelasi langsung dengan tingginya prevalensi *Low Back Pain* (LBP) serta penurunan kesiagaan akibat *fatigue*. Meskipun demikian, mayoritas penelitian K3 konstruksi terdahulu lebih banyak berfokus pada infrastruktur gedung vertikal (*working at height*) atau pada fase operasional pengangkutan saat struktur jalan telah mengeras dan stabil (Ihsan & Sebayang, 2019; Fahlevi et al., 2023). Kondisi ini meninggalkan celah pengetahuan (*knowledge gap*) mengenai bagaimana mengukur dan mengelola bahaya interaksi antara tanah lunak, cuaca, dan operasional alat berat pada fase awal pembukaan jalan horizontal di lahan basah.

Guna mengisi celah pengetahuan tersebut, penelitian ini mengangkat indikator penilaian risiko K3 berbasis metode HIRARC yang mengacu pada Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Indikator yang dievaluasi secara terukur mencakup: (1) Identifikasi potensi bahaya (*hazard identification*) pada aspek mekanik,

fisik/geoteknik, biologi, ergonomi, dan psikososial; (2) Penilaian nilai kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*); (3) Penentuan tingkat/skor risiko (*risk score*); serta (4) Evaluasi efektivitas penurunan risiko sisa (*residual risk*) setelah penerapan hierarki pengendalian K3.

Berdasarkan indikator tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko K3 secara komprehensif pada setiap sekuens pengerjaan jalan hauling, memetakan distribusi tingkat risiko untuk menentukan prioritas mitigasi, serta merumuskan strategi pengendalian teknis dan administratif yang aplikatif guna mewujudkan target *Zero Accident* di wilayah operasional PT China Roads and Bridge Construction.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan observasional yang bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, serta menentukan langkah pengendalian risiko pada pekerjaan konstruksi jalan hauling menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC). Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran sistematis mengenai kondisi bahaya kerja yang muncul pada setiap tahapan pekerjaan konstruksi, khususnya pada area lahan basah dengan karakteristik risiko tinggi.

Penelitian dilaksanakan pada proyek pembangunan jalan hauling PT China Roads and Bridge Construction (CRBC) di wilayah Bayung Lencir, Sumatera Selatan. Lokasi penelitian difokuskan pada area pekerjaan STA 50+000 sampai STA 70+000 yang memiliki kondisi dominan berupa lahan rawa, tanah lunak, kadar air tinggi, dan genangan musiman. Kondisi tersebut menyebabkan area kerja memiliki tantangan teknis serta risiko keselamatan kerja yang lebih tinggi dibandingkan lokasi dengan tanah keras.

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2026.

Objek penelitian adalah seluruh tahapan pekerjaan konstruksi jalan hauling yang meliputi land clearing, stripping top soil, earthwork, hauling material, pemasangan geotextile, soil improvement, spreading material, grading, compaction, dan finishing road. Fokus pengamatan dilakukan pada aktivitas kerja yang melibatkan alat berat, pergerakan kendaraan operasional, kondisi permukaan jalan kerja, serta interaksi antara pekerja dan peralatan mekanis.

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh aktivitas pekerjaan konstruksi jalan hauling dan pekerja yang beroperasi di area segmen STA 50+000 sampai dengan STA 70+000 proyek PT China Roads and Bridge Construction (CRBC) Bayung Lencir, dengan total populasi terdata sebanyak 45 orang. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan dan kriteria tertentu yang dianggap paling memahami kondisi operasional serta memiliki kompetensi relevan terkait K3 di lapangan.

Penentuan sampel didasarkan pada kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi: (1) Pekerja atau pengawas yang beraktivitas aktif di area operasional STA 50+000 hingga STA 70+000; (2) Memiliki masa kerja di lokasi proyek minimum 1 tahun; dan (3) Bersedia menjadi responden/informan serta menandatangani persetujuan (*informed consent*). Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi: (1) Staf atau pekerja administratif yang tidak beraktivitas langsung di area kerja lapangan; dan (2) Pekerja/pengunjung non-rutin serta pekerja yang sedang dalam masa cuti atau absen selama

periode pengambilan data berlangsung (Januari–Maret 2026).

Berdasarkan kriteria tersebut, total sampel yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebanyak 35 orang yang dibagi menjadi dua kelompok subjek:

1. Responden Pendukung (Survei Persepsi Bahaya & Keluhan Kesehatan): Berjumlah 30 orang pekerja garis depan (*front-line workers*) yang terdiri dari 12 orang operator alat berat (Excavator, Dozer, Grader, Vibro), 12 orang driver *dump truck*, serta 6 orang pekerja harian/checker/spotter. Kelompok ini diambil untuk menjangkau data deskriptif mengenai persepsi bahaya harian, pengalaman kejadian *near-miss*, serta keluhan kesehatan kerja (seperti *Low Back Pain* dan *fatigue*).
2. Informan Kunci / Pakar (Wawancara Mendalam & FGD Validasi): Berjumlah 5 orang informan kunci yang dipilih berdasarkan keahlian, masa kerja senior (>5 tahun), serta wewenang pengawasan K3. Komposisi informan kunci terdiri dari 1 orang Site Manager (pengambil kebijakan proyek), 1 orang HSE Coordinator/Officer (ahli/penanggung jawab K3), 2 orang Foreman/Pengawas Lapangan (ahli teknis area), dan 1 orang Operator Senior (perwakilan pekerja berpengalaman). Kelompok informan kunci ini berfungsi memvalidasi penentuan skor *Likelihood* (L) dan *Severity* (S) pada matriks HIRARC serta merumuskan rekomendasi pengendalian risiko melalui *Focus Group Discussion* (FGD).

Sumber data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap aktivitas kerja, kondisi lingkungan kerja, perilaku pekerja, penggunaan alat pelindung diri, serta wawancara semi terstruktur dengan

informan. Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan berupa Job Safety Analysis (JSA), standar operasional prosedur (SOP), laporan inspeksi keselamatan, data near miss, serta catatan kejadian kecelakaan kerja sebelumnya.

Instrumen penelitian menggunakan lembar checklist identifikasi bahaya, pedoman wawancara, alat dokumentasi lapangan, serta matriks penilaian risiko HIRARC. Identifikasi bahaya dilakukan pada setiap tahapan pekerjaan untuk mengetahui sumber bahaya, potensi kecelakaan, faktor penyebab, serta dampak yang mungkin timbul terhadap pekerja, alat, lingkungan, dan kelangsungan pekerjaan.

Penilaian risiko dilakukan dengan menentukan nilai kemungkinan kejadian (likelihood) dan tingkat keparahan dampak (severity) menggunakan skala 1 sampai 5. Nilai risiko diperoleh dari hasil perkalian likelihood dan severity. Risk Score = Likelihood x Severity. Nilai risiko kemudian dikategorikan menjadi risiko rendah (1–4), sedang (5–9), tinggi (10–15), dan ekstrem (16–25). Risiko dengan kategori tinggi dan ekstrem ditetapkan sebagai prioritas utama dalam penyusunan tindakan pengendalian.

Pengendalian risiko disusun berdasarkan hierarki pengendalian yang meliputi eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko selanjutnya divalidasi melalui diskusi bersama tim proyek yang terdiri dari manajemen lapangan dan petugas HSE guna memastikan kesesuaian dengan kondisi aktual di lapangan.

Data dianalisis secara deskriptif dengan menyajikan hasil identifikasi bahaya, tingkat risiko, prioritas pengendalian, serta interpretasi kondisi keselamatan kerja pada proyek konstruksi jalan hauling di lahan basah. Hasil analisis kemudian digunakan sebagai dasar rekomendasi perbaikan sistem manajemen keselamatan kerja pada proyek sejenis.

HASIL

Penelitian dilaksanakan pada koridor jalan hauling sepanjang 20 kilometer, mulai dari STA 50+000 hingga STA 70+000 di area lahan basah (rawa) PT China Roads and Bridge Construction (CRBC) Bayung Lencir. Analisis data lapangan dilakukan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) dengan formula penilaian risiko semi-kuantitatif (Risk Score = Likelihood x Severity) mengacu pada Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Pengumpulan data primer dilakukan melalui observasi lapangan terstruktur dan wawancara mendalam bersama informan kunci, serta divalidasi melalui *Focus Group Discussion* (FGD).

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya pada seluruh sekuens pengerjaan konstruksi jalan hauling (*land clearing, earthwork, soil improvement, dan compaction*), berhasil dipetakan secara komprehensif sebanyak 17 potensi bahaya utama yang terbagi ke dalam 5 kategori bahaya (mekanik, fisik/geoteknik, biologi, ergonomi, dan psikososial). Data hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko awal (sebelum penerapan pengendalian) disajikan secara rinci pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (HIRARC) di Area Lahan Basah PT China Roads and Bridge Construction.

No	Tahapan Kegiatan	Bahaya & Risiko	L	S	Skor	Tingkat
1	<i>Land Clearing</i>	Tanah lunak (Alat amblas)	4	5	20	<i>Extreme</i>
		Ular Kobra (Gigitan Berbisa Neurotoksin)	3	4	12	<i>High</i>
		Pohon Tumbang (Menimpa Unit/ Operator)	3	4	12	<i>High</i>
		Lebah Vespa / Tawon rawa (Sengatan massal)	3	3	9	<i>Medium</i>
2	<i>Earthwork</i>	Debu pekat (Jarak Pandang & Tabrakan)	4	4	16	<i>Extreme</i>
		<i>Blind spot</i> (Tabrakan unit)	4	4	16	<i>Extreme</i>
		Miskomunikasi radio HT	4	3	12	<i>High</i>
		Paparan debu berlanjut (ISPA)	4	3	12	<i>High</i>
		Longsor tebing galian / timbunan	3	4	12	<i>High</i>
3	<i>Soil Improvement</i>	Blind spot alat berat (Pekerja manual terlindas)	4	5	20	<i>Extreme</i>
		Genangan air rawa (Vektor Malaria/DBD)	4	3	12	<i>High</i>
		Penanganan material manual (Terjepit geotextile)	3	3	9	<i>Medium</i>
		Tanah ekspansif/labial	3	3	9	<i>Medium</i>
4	<i>Compaction</i>	Getaran mekanis (Penyakit LBP)	4	3	12	<i>High</i>
		<i>Microsleep</i>	3	5	15	<i>Extreme</i>
		Manuver mundur Grader (Tabrakan)	3	4	12	<i>High</i>
		Material agregat terpengantol (flying object)	3	3	9	<i>High</i>

Risk/Score : L (Likelihood) x S (Severity)

Berdasarkan Tabel 1, temuan penilaian risiko awal menunjukkan bahwa aktivitas konstruksi jalan hauling di lahan basah PT CRBC didominasi oleh kategori risiko *High* (41,18%) dan *Extreme* (29,41%). Risiko paling kritis dengan skor maksimal 20 (*Extreme*) teridentifikasi pada fase *land clearing* (instabilitas tanah lunak yang memicu unit terguling/tenggelam) dan fase *soil improvement* (interaksi pekerja manual dengan alat berat pada area *blind spot*). Selain itu, operasional shift malam pada tahap pemadatan (*compaction*)

mengidentifikasi adanya risiko psikososial berupa *fatigue* dan *microsleep* operator (skor 15 / *Extreme*) yang memuncak pada jam kritis pukul 02.00–04.00 WIB.

Sebagai upaya mitigasi terhadap 17 potensi bahaya yang teridentifikasi, disusun rekomendasi pengendalian risiko berbasis hierarki K3 (*engineering control*, pengendalian administratif, dan APD) mengacu pada Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Rincian rekomendasi pengendalian risiko beserta evaluasi tingkat risiko sisa (*residual risk*) disajikan secara sistematis pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Rekomendasi Pengendalian Risiko dan Penilaian Risiko Sisa

Tahapan Kegiatan	Langkah Pengendalian (Hierarki)	Risiko	Skor Sisa	Tingkat Sisa
<i>Land Clearing</i>	Pemasangan <i>geotextile woven</i> , pembuatan tanggul (<i>safety berm</i>), enerapan radius aman 1,5x tinggi pohon, penggunaan APD Snake Gaiters, dan penyediaan Serum Anti-Venom di site.		9	<i>Medium</i>
<i>Earthwork</i>	Penyiraman rutin Water Truck tiap 2 jam, penerapan one way system, pembuatan Passing Bay (titik papasan) area sempit, pengecekan frekuensi radio HT, dan APD masker N95.		8	<i>Medium</i>
<i>Soil Improvement</i>	Pemasangan barikade fisik sementara, penempatan Spotter/Flagman pengawas manuver, fogging berkala area kerja/camp, serta pelatihan JSA manual handling <i>geotextile</i> .		10	<i>High</i>
<i>Compaction</i>	Penerapan Scheduled Power Nap 20 menit (pukul 02.30 WIB), pemasangan Fatigue Alarm di kabin, modernisasi Air Suspension Seat, perbaikan damper kursi, dan penempatan Flagman		9	<i>Medium</i>

Hasil evaluasi pada Tabel 2 menunjukkan Hasil implementasi pengendalian pada Tabel 2 menunjukkan perubahan signifikan pada profil risiko. Seluruh risiko kategori *Extreme* pada instabilitas tanah lunak, debu pekat, dan *microsleep* berhasil diturunkan menjadi kategori *Medium* (skor 8–9) melalui kombinasi rekayasa teknik (*geotextile*, *safety berm*, *passing bay*) dan pengendalian administratif (*scheduled power nap*, *one way system*).

Meskipun sebagian besar risiko berhasil diturunkan ke level *Medium*, kategori risiko *High* masih ditemukan pada interaksi pekerja manual dan alat berat saat tahap *soil improvement* dengan skor sisa 10. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan ruang gerak pada area lahan basah yang sedang diperbaiki, sehingga jarak aman antara pekerja manual yang menggelar *geotextile* dan unit alat berat masih berada pada ambang batas minimum yang memerlukan pengawasan ketat secara kontinu dari petugas *spotter/flagman*. Penurunan

profil risiko sisa ini menjadi dasar evaluasi pada bab pembahasan berikutnya.

PEMBAHASAN

Interpretasi terhadap hasil pemetaan risiko menggunakan metode HIRARC pada proyek konstruksi jalan hauling PT China Roads and Bridge Construction (CRBC) mengungkapkan sebuah ekosistem kerja dengan kompleksitas bahaya K3 yang sangat tinggi. Sebagaimana ditunjukkan pada data hasil identifikasi, sebanyak 70,59% risiko berada pada kategori *High* (41,18%) dan *Extreme* (29,41%). Hasil ini menegaskan bahwa tanpa adanya protokol pengendalian K3 yang bersifat preventif-integratif, profil risiko pada proyek jalan hauling lahan basah berkorelasi langsung dengan potensi fatalitas pekerja, Penyakit Akibat Kerja (PAK), dan kerugian aset yang signifikan.

Secara teknis K3, dominasi risiko *Extreme* pada fase *land clearing* dan *earthwork* berakar pada ketidakstabilan geoteknik lahan basah yang memiliki daya dukung tanah sangat rendah. Dalam

perspektif keselamatan kerja, kondisi tanah lempung lunak jenuh air bukan sekadar tantangan teknik sipil, melainkan sumber bahaya mekanis utama yang meningkatkan probabilitas kegagalan kestabilan alat berat (*rollover* atau amblas). Kegagalan kestabilan unit ini mengancam nyawa operator akibat risiko kabin tertimbun lumpur atau terbalik ke kanal rawa. Temuan ini sejalan dengan penelitian Pratama et al. (2022) dan Zhang et al. (2021) yang menyatakan bahwa lingkungan tanah lunak secara dinamis meningkatkan risiko kehilangan kestabilan unit dan kecelakaan fatal pada pengoperasian alat berat. Keberhasilan mereduksi skor risiko amblas/terguling dari kategori *Extreme* menjadi *Medium* membuktikan efektivitas rekayasa teknik (*engineering control*). Pemasangan *geotextile woven* bertindak sebagai perkuatan struktur yang mencegah *punching failure*, sedangkan pembangunan *safety berm* setinggi 1,5 meter berfungsi sebagai pembatas fisik pasif (*stopper*) guna mengeliminasi risiko alat tergelincir keluar jalur. Hal ini sesuai dengan prinsip manajemen risiko K3 Ramli (2010) dan Hinze (2006) yang menegaskan bahwa modifikasi lingkungan kerja melalui intervensi teknis memiliki tingkat keandalan jauh lebih tinggi dibandingkan kontrol administratif karena tidak bergantung sepenuhnya pada kesiagaan manusia.

Penilaian risiko K3 pada tahap *earthwork* dan *soil improvement* juga menyoroti bahaya benturan antar unit serta interaksi manusia dan mesin pada area terbatas (*blind spot*). Bahaya debu pekat dan *blind spot* pada jalan sempit (<13 meter) tergolong dalam kategori risiko *Extreme*. Debu pekat menurunkan visibilitas operator hingga <10 meter yang berpotensi memicu tabrakan adu banteng (*head-on collision*) maupun penyakit pernapasan (ISPA).

Pengendalian berupa penyiraman rutin *Water Truck*, penggunaan masker N95, dan pembuatan *Passing Bay* mampu menurunkan skor risiko sisa menjadi *Medium*. Sementara itu, pada tahap *soil improvement*, interaksi pekerja manual yang menggelar *geotextile* di dekat manuver alat berat menghasilkan risiko awal kategori *Extreme*. Meskipun telah dikendalikan melalui barikade fisik dan penempatan *spotter/flagman*, skor risiko sisanya masih berada pada kategori *High*. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi manusia dan mesin pada ruang terbatas lahan basah merupakan titik rawan K3 yang membutuhkan pengawasan keselamatan secara ketat dan kontinu (Babalola et al., 2023; Wijaya et al., 2023).

Di luar bahaya fisik dan mekanis, penelitian ini memberikan porsi kajian mendalam pada aspek kesehatan kerja dan ergonomi yang sering kali menjadi *silent killer* dalam industri konstruksi. Pada tahap *compaction*, operasional pemadat getar (*Vibro Roller*) memaparkan operator pada getaran seluruh tubuh (*Whole Body Vibration/WBV*) kontinyu dalam kategori *High*. Hasil survei deskriptif mengonfirmasi bahwa 85% operator mengalami keluhan *Low Back Pain* (LBP) persisten akibat kerusakan sistem suspensi kursi (*damper*). Temuan ini memperkuat riset Faridah & Hadi (2024) serta Puspitasari et al. (2025) yang menjelaskan bahwa paparan getaran mekanis frekuensi rendah berdurasi panjang merusak *intervertebral disc* tulang belakang dan mempercepat kelelahan otot. Implementasi *Air Suspension Seat* dan perbaikan *damper* menjadi intervensi ergonomi yang mutlak untuk menurunkan risiko LBP ke kategori *Medium*.

Masalah kesehatan kerja kritikal lainnya adalah faktor psikososial berupa kelelahan kronis (*fatigue*) dan *microsleep* pada shift malam yang berada pada kategori risiko *Extreme*. Pada jam kritis pukul 02.00–04.00 WIB, ritme sirkadian tubuh

manusia berada pada titik terendah sehingga memicu penurunan ketajaman kognitif dan waktu reaksi kognitif-motorik. Data lapangan mencatat lonjakan insiden *microsleep* hingga 35% pada pekerja shift malam. Intervensi berbasis bukti (*evidence-based intervention*) berupa *Scheduled Power Nap* selama 20 menit pada pukul 02.30 WIB dan pemasangan *Fatigue Alarm* di kabin terbukti efektif meregenerasi fungsi kognitif tanpa memicu *sleep inertia*, sehingga skor risiko berhasil ditekan ke level *Medium*. Hal ini sejalan dengan studi Siregar et al. (2022) dan Ramadhan & Puteri (2022) yang menegaskan bahwa manajemen kelelahan (*Fatigue Risk Management System*) merupakan kunci pencegahan kecelakaan fatal pada operasional 24 jam di area berisiko tinggi.

Terakhir, lokasi proyek di ekosistem rawa Bayung Lencir membawa bahaya biologis spesifik yang membedakannya dari konstruksi darat biasa. Aktivitas pembukaan lahan (*land clearing*) mengganggu habitat satwa liar, sehingga memicu bahaya gigitan ular kobra (*Naja sumatrana*) dan serangan koloni lebah vespa (*Vespa affinis*) dengan tingkat risiko *High*. Penanganan bahaya ini melalui mitigasi K3 terpadu—seperti penggunaan APD *Snake Gaiters*, penyediaan Serum Anti-Bisa Ular (ABU) *onsite*, dan *fogging* berkala—merupakan bentuk pemenuhan standar ISO 45001:2018 dan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 dalam melindungi pekerja dari bahaya lingkungan spesifik (ISO, 2018; KESDM, 2018).

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa analisis risiko K3 menggunakan metode HIRARC pada konstruksi jalan hauling lahan basah PT CRBC membuktikan bahwa risiko kategori *Extreme* dapat dikendalikan hingga batas yang dapat diterima (As

Low As Reasonably Practicable/ALARP). Keberhasilan ini membutuhkan sinergi antara rekayasa geoteknik (*geotextile*), intervensi ergonomi dan kelelahan (*power nap & air suspension seat*), serta penegakan prosedur operasional standar K3 secara berkelanjutan.

SIMPULAN

Analisis risiko K3 menggunakan metode HIRARC pada proyek konstruksi jalan hauling PT China Roads and Bridge Construction di area lahan basah menunjukkan bahwa aktivitas operasional didominasi oleh profil tingkat risiko tinggi hingga ekstrem. Risiko ini bersumber dari kompleksitas interaksi faktor geoteknik, biologis, dan operasional mekanis, terutama pada fase pembersihan lahan dan pekerjaan tanah yang memiliki kerentanan tinggi terhadap instabilitas tanah lunak. Namun, penerapan hierarki pengendalian yang terintegrasi, mencakup rekayasa teknik seperti pemasangan *geotextile woven* dan tanggul pengaman, serta modifikasi administratif melalui sistem perizinan kerja dan manajemen lalu lintas terpadu, terbukti secara empiris mampu mereduksi skor risiko ekstrem menjadi tingkat yang dapat ditoleransi. Keberhasilan mitigasi ini menegaskan bahwa pengendalian keselamatan di medan ekstrem memerlukan sinergi antara rekayasa lingkungan yang presisi dan penegakan prosedur operasional standar yang ketat.

SARAN

Manajemen kontraktor disarankan untuk secara konsisten melaksanakan audit ergonomi dan intervensi *fatigue* pada jam kritis operasional (02.00-04.00) dengan melakukan inspeksi kesiagaan kognitif serta pengecekan fungsi peredam getaran kabin guna mencegah insiden akibat *microsleep*. Untuk penelitian selanjutnya, para akademisi disarankan memperluas instrumen riset menggunakan pendekatan

kuantitatif yang lebih presisi, seperti penggunaan *vibrometer* untuk mengukur paparan getaran mekanis seluruh tubuh atau perangkat pemantau detak jantung untuk mengkuantifikasi beban kerja fisik secara *real-time* di lingkungan lahan basah bersuhu ekstrem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Kesehatan

DAFTAR PUSTAKA

- BPJS Ketenagakerjaan. (2023). *Laporan tahunan BPJS Ketenagakerjaan 2023*. BPJS Ketenagakerjaan.
- Choudhry, R. M., Fang, D., & Mohamed, S. (2007). The nature of safety culture in construction projects. *Safety Science*, 45(10), 993-1012. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2006.09.003>
- Fahlevi, R., Syahrudin, S., & Mukhtar, W. (2023). Kajian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Proses Hauling Menggunakan Metode HIRARC di PT Gilgal Batu Alam Lestari. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 10(3), 328-335. <https://doi.org/10.26418/jelast.v10i3.68738>
- Faridah, F., & Hadi, P. (2024). Faktor Resiko yang berhubungan dengan Kejadian Low Back Pain (LBP) Pada Pembatik. *Jurnal Akademika Baiturrahim Jambi*, 13(1), 129-138. <https://doi.org/10.36565/jab.v13i1>
- Haslam, R. A., et al. (2005). Contributing factors in construction accidents. *Applied Ergonomics*, 36(4), 401-415. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.12.002>
- Hinze, J. (2006). *Construction safety*. Prentice Hall.
- Masyarakat Universitas Adiwangsa Jambi atas bimbingan dan dukungan akademik yang diberikan. Apresiasi setinggi-tingginya juga disampaikan kepada pimpinan dan seluruh staf PT China Roads and Bridge Construction (CRBC) yang telah memberikan izin penelitian serta memfasilitasi proses pengambilan data di lapangan hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
- Ihsan, T., & Sebayang, S. (2019). Analisis Risiko K3 dengan Metode HIRARC pada Area Konstruksi. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 13(1), 155-163.
- International Labour Organization. (2023). *World employment and social outlook: Safety and health at work*. ILO.
- International Organization for Standardization. (2018). *Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use* (ISO Standard No. 45001:2018). ISO.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2018). *Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*. KESDM.
- Mawardani, A., & Herbawani, C. K. (2022). Analisa Penerapan HIRADC di Tempat Kerja sebagai Upaya Pengendalian Risiko. *PREPOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(1), 1022-1033. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v6i1.2941>
- Pratama, A., Setyowati, D. L., & Shaluhayah, Z. (2022). Analisis Bahaya Geoteknik pada Operasional Alat Berat di Area Rawa. *Indonesian Journal of*

- Occupational Safety and Health*, 11(2), 189-198.
- Puspitasari, D., Mahmudah, M., Irianty, H., & Norfai, N. (2025). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Perilaku Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada Petugas Cleaning Service. *Jurnal Akademika Baiturrahim Jambi*, 15(1), 110-118. <https://doi.org/10.36565/jab.v15i1.1014>
- Ramli, S. (2010). *Manajemen Risiko dalam Perspektif K3 OHSAS 18001*. Dian Rakyat.
- Republik Indonesia. (1970). *Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja*. Sekretariat Negara.
- Setyowati, D. L., & Shaluhiah, Z. (2021). Manajemen Risiko K3 pada Pekerjaan Konstruksi Jalan di Area Tanah Lunak. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 8(1), 45-56.
- Siahaan, R. J., Marpaung, M. A., & Simamora, N. (2022). Analisa Manajemen Risiko K3 pada Proyek Renovasi SMA Yadika II. *Formosa Journal of Science and Technology*, 1(5), 543-556. <https://doi.org/10.55927/fjst.v1i4.1003>
- Zhang, L., Skibniewski, M. J., Wu, X., Chen, Y., & Deng, Q. (2021). *Safety Risk Assessment of Construction Equipment in Soft Soil Environments*. *Safety Science*, 134, 105051. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105051>