HJK HOLISTIK JURNAL KESEHATAN
ISSN 1978-3337 (Print)
ISSN 2620-7478 (Online)
DOI: 10.33024

sinta 3 Terakreditasi
Nomor: 79/E/KPT/2023

INFORMASI ARTIKEL
Received: March, 24, 2026
Revised: April, 27, 2026
Available online: May, 01, 2026
at: https://e-jurnal.iphorr.com/index.php/hjk

Hazard identification, risk assessment, and determining control (HIRADC) pada kegiatan *maintenance underground decline* di tambang bawah tanah

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

Abstract

Background: Underground declines are the primary access point for the movement of heavy equipment, personnel, and utilities, and pose operational complexity and high safety risks due to interactions between activities in the underground environment. The high potential for hazards in maintenance activities involving vehicle traffic, ventilation systems, and drainage management requires the implementation of a systematic prevention strategy using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) method.
Purpose: To apply HIRADC to underground decline maintenance activities in underground mines, thereby identifying hazards, assessing risks, and determining controls for safe work.
Method: This study used a qualitative descriptive approach through observations and interviews of underground decline maintenance activities with one supervisor, one underground manager, and one geotechnical personnel from December 2025 to February 2026. The study covered the HIRADC stages, from consultation and communication, risk context determination, hazard identification and risk assessment, risk control, to monitoring and review. Primary data was obtained from observations of underground technical activities and secondary data from internal company documents. The analysis was conducted using a risk matrix based on the multiplication of likelihood and consequence in accordance with ISO 31000:2018 principles and an occupational safety risk assessment approach.
Results: The application of HIRADC to underground decline maintenance activities identified seven primary hazards: working at height, rock support failure, waterlogging, electrical energy, fire, hazardous atmospheres, and interactions between heavy equipment, light vehicles, and workers. The risk assessment results using a 5x5 matrix showed all risk levels were in the moderate category after the implementation of existing controls, indicating that the combination of engineering, administrative, and PPE controls reduced the risk to an acceptable level.
Conclusion: All hazards in underground decline maintenance activities were at a moderate risk level, indicating that existing controls were able to maintain risk within acceptable limits and support safe and controlled work execution.

Keywords: Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC); Underground Decline Maintenance; Underground Mining.

Pendahuluan: *Underground decline* merupakan akses utama bagi pergerakan alat berat, personel, dan utilitas yang memiliki kompleksitas operasional serta risiko keselamatan tinggi akibat interaksi antar aktivitas di lingkungan bawah tanah. Tingginya potensi bahaya pada kegiatan *maintenance* yang melibatkan lalu lintas kendaraan, sistem ventilasi, dan pengelolaan drainase menuntut penerapan strategi pencegahan sistematis melalui metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control* (HIRADC).
Tujuan: Untuk menerapkan HIRADC pada kegiatan *maintenance underground decline* di tambang bawah tanah, sehingga dapat mengidentifikasi bahaya, menilai risiko, dan menentukan pengendalian agar pekerjaan dapat

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868

dilakukan secara aman.

Metode: Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif melalui observasi dan wawancara pada kegiatan *maintenance underground decline* dengan subjek satu pengawas, satu manajer *underground*, dan satu *personel geotechnical* selama periode Desember 2025 hingga Februari 2026. Penelitian mencakup tahapan HIRADC mulai dari konsultasi dan komunikasi, penentuan konteks risiko, identifikasi bahaya dan penilaian risiko, pengendalian risiko, hingga pemantauan dan peninjauan, dengan data primer dari pengamatan aktivitas teknis underground dan data sekunder dari dokumen internal perusahaan. Analisis dilakukan menggunakan matriks risiko berdasarkan perkalian likelihood dan consequence sesuai prinsip ISO 31000:2018 dan pendekatan penilaian risiko keselamatan kerja.

Hasil: Penerapan HIRADC pada kegiatan *maintenance underground decline* mengidentifikasi tujuh sumber bahaya utama yaitu bekerja di ketinggian, kegagalan penyanggaan batuan, genangan air, energi listrik, kebakaran, atmosfer berbahaya, serta interaksi alat berat, kendaraan ringan, dan pekerja. Hasil penilaian risiko menggunakan matriks 5×5 menunjukkan seluruh tingkat risiko berada pada kategori sedang (moderate) setelah penerapan pengendalian yang ada, yang mengindikasikan bahwa kombinasi pengendalian rekayasa teknik, administratif, dan APD mampu menurunkan risiko hingga batas yang dapat diterima.

Simpulan: Seluruh sumber bahaya pada kegiatan maintenance underground decline berada pada tingkat risiko sedang (moderate) yang menunjukkan bahwa pengendalian yang ada mampu menjaga risiko dalam batas yang dapat diterima serta mendukung pelaksanaan pekerjaan secara aman dan terkendali.

Kata Kunci: *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC); *Maintenance Underground Decline;* Tambang Bawah Tanah.

PENDAHULUAN

Underground decline merupakan terowongan miring yang berfungsi sebagai jalur akses utama bagi alat berat, personel, dan material, serta koridor vital bagi utilitas seperti ventilasi dan penyaliran (Okechukwu, Okeke, Nweli, Anyanwu, & Nwangwu, 2024; Miao & Zhao, 2024). Pembangunan infrastruktur ini bertujuan untuk menyediakan akses operasional yang aman dan efisien, sekaligus mendukung sistem evakuasi dalam manajemen keselamatan tambang bawah tanah (Brady & Brown, 2006; Hughes & Ferrett, 2021).

Kegiatan yang berlangsung pada pemeliharaan *underground decline* meliputi lalu lintas alat berat dan kendaraan ringan, pemantauan kestabilan penyanggan, pemasangan serta perawatan sistem ventilasi, pemeriksaan kelistrikan, serta pengelolaan drainase dan dewatering sebagai bagian dari sistem infrastruktur tambang bawah tanah yang saling terintegrasi dalam mendukung keberlanjutan operasi produksi (Menéndez, Fernández-Oro, Merlé, Galdo, Álvarez, López, & Bernardo-Sánchez, 2023; Krot, Sliwinski, Zimroz, & Gomolla, 2020).

Pelaksanaan berbagai aktivitas secara bersamaan menjadikan *decline* sebagai area dengan kompleksitas operasional tinggi karena *roadway* tambang harus mengakomodasi interaksi antara pergerakan alat angkut, sistem ventilasi, serta kondisi geoteknik untuk menjaga keselamatan dan efisiensi operasi bawah tanah (Rahardja, 2023). Pengelolaan keselamatan kerja harus diawali dengan proses identifikasi bahaya dan penilaian risiko yang sistematis, bukan hanya bergantung pada pengalaman pekerja (Mckinnon, 2019). Pendekatan berbasis identifikasi bahaya penting untuk memastikan desain *roadway*, sistem utilitas, dan aktivitas *haulage* dapat dikendalikan secara aman dan efisien dalam lingkungan tambang bawah tanah yang kompleks (Hutchins, 2018; Menéndez et al., 2023).

Kerangka *Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control* (HIRADC) merupakan salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk mengintegrasikan proses identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penetapan pengendalian secara sistematis (Mckinnon, 2023). Penerapannya pada kegiatan *maintenance underground decline*, HIRADC berperan sebagai alat untuk memastikan bahwa pengendalian yang dipilih tidak hanya sesuai dengan hirarki pengendalian risiko, tetapi juga relevan dengan karakteristik operasi tambang bawah tanah dan dapat diterapkan secara konsisten (Kwon, Choi, & Lee, 2024). Pendekatan ini sejalan dengan prinsip

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868

sistem manajemen K3 berbasis risiko yang menekankan pencegahan kecelakaan melalui pengendalian yang terencana dan terverifikasi (Hao & Nie, 2022).

Integrasi HIRADC ke dalam sistem manajemen K3 berbasis risiko memastikan bahwa pengendalian yang diterapkan tidak bersifat reaktif, melainkan preventif dan dapat diverifikasi efektivitasnya secara berkelanjutan karena proses identifikasi dan penilaian risiko dijalankan secara sistematis dan didukung oleh model evaluasi risiko yang terstruktur (Hao & Nie, 2022). Konsep ALARP *(As Low As Reasonably Practicable)* juga dilakukan guna mereduksi risiko hingga mencapai tingkat terendah yang dapat diimplementasikan secara rasional (Health and Safety Executive, 2024; Hopkin, 2018).

METODE

Penelitian deskriptif kualitatif, dilaksanakan pada bulan Desember 2025 – Febuari 2026, di Tambang Bawah Tanah PT. X. Teknik pengambilan sampel menggunakan *total sampling* dengan jumlah sampel yang digunakan sebanyak 5 informan. Variabel independen dalam penelitian ini adalah faktor bahaya *(hazard)* yang teridentifikasi, sedangkan variabel dependen adalah yaitu tingkat risiko hasil analisis HIRADC.

Informan dalam penelitian ini adalah anggota tim yang bekerja di department *underground*, sejumlah satu orang pengawas, dua *mining engineer underground*, dan dua orang tim *geotechnical* yang bekerja di shift pagi dan malam serta *safety fasilitator*. Objek penelitian ini adalah proses kegiatan departemen *underground* meliputi yaitu *maintenance undergorund decline*. Variabel yang digunakan adalah kegiatan HIRADC, meliputi konsultasi dan komunikasi, menentukan konteks suatu risiko, identifikasi bahaya dan penilaian risiko, pengendalian risiko, serta pemantauan dan peninjauan.

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap kegiatan *maintenance underground decline* serta wawancara dengan anggota tim departemen *underground*. Pengumpulan data ini dilakukan untuk memperoleh gambaran menyeluruh sekaligus mengidentifikasi berbagai potensi risiko yang dapat muncul pada seluruh rangkaian kegiatan *maintenance underground decline,* yang meliputi pemantauan, kestabilan penyanggan, pemasangan serta perawatan sistem ventilasi, pemeriksaan kelistrikan, pengelolaan drainase dan dewatering, serta lalu lintas alat berat dan kendaraan ringan. Selain itu juga dilakukan penilaian risiko (rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi). Selanjutnya, data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai dokumen internal perusahaan yang digunakan sebagai sumber pendukung untuk memahami secara sistematis proses kerja *maintenance underground decline*.

Data primer dan sekunder yang telah dihimpun selanjutnya dianalisis menggunakan metode deskriptif kualitatif. Proses pengelolaan dan analisis data bertujuan untuk menentukan tingkat risiko pada kegiatan *maintenance underground decline*. Penilaian risiko dilakukan dengan mengalikan tingkat kemungkinan terjadinya kejadian berbahaya (*likelihood*) dengan tingkat keparahan dampaknya (*consequence*), sebagaimana diterapkan secara luas dalam kerangka penilaian risiko keselamatan kerja dan manajemen risiko operasional (ISO, 31000:2018). Penilaian risiko ini menggunakan matriks 5 x 5.

Selama proses diskusi, pekerja diberikan matriks penilaian risiko sebagai acuan untuk menentukan tingkat risiko pada setiap kegiatan. Dalam matriks tersebut, nilai pada rentang 1–5 diklasifikasikan sebagai pekerjaan dengan tingkat risiko rendah *(low)* yang ditandai dengan warna hijau, nilai 6-12 diklasifikasikan sebagai pekerjaan dengan tingkat risiko sedang *(moderate)* yang ditandai dengan warna biru, nilai 13-20 diklasifikasikan sebagai pekerjaan dengan tingkat risiko tinggi *(high)* yang ditandai dengan warna kuning, dan nilai 21-25 diklasifikasikan sebagai pekerjaan dengan tingkat risiko sangat tinggi *(extreme)* yang ditandai dengan warna merah. Setelah mendapatkan nilai tingkat risiko sesuai matriks maka selanjutnya adalah menentukan apakah risiko tersebut dapat diterima atau memerlukan pengendalian tambahan.

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868

HASIL

Tabel Matriks Penilaian Resiko

Likelihood (Kemungkinan)	Consequence (Keparahan)				
	(5) Catastrophic	(4) Major	(3) Moderate	(2) Minor	(1) Low
(A) Almost Certain	25 Extreme	24 Extreme	20 High	13 High	12 Moderate
(B) Likely	23 Extreme	22 Extreme	17 High	11 Moderate	8 Moderate
(C) Possible	21 Extreme	19 High	16 High	7 Moderate	5 Low
(D) Unlikely	18 High	15 High	10 Moderate	4 Low	3 Low
(E) Rare	14 High	9 Moderate	6 Moderate	2 Low	1 Low

Tabel di atas, matriks penilaian risiko menunjukkan bahwa tingkat risiko ditentukan dari kombinasi antara kemungkinan kejadian *(likelihood)* dan tingkat keparahan dampak *(consequence)*. Semakin tinggi kemungkinan dan dampak, maka nilai risiko akan semakin besar hingga masuk kategori *extreme* (merah), yang memerlukan penanganan segera. Risiko *high* (kuning) menunjukkan perlunya pengendalian ketat, sedangkan *moderate* (biru) masih dapat diterima dengan pengawasan dan pengendalian yang ada. Risiko *low* (hijau) tergolong rendah dan umumnya dapat diterima. Matriks ini membantu dalam menentukan prioritas pengendalian berdasarkan tingkat risiko yang dihasilkan.

Proses Pra-HIRADC

Tahap pra-HIRADC diperlukan sebagai persiapan awal yang sistematis melalui pembentukan tim, penetapan ruang lingkup, serta pembagian peran dan tanggung jawab yang jelas agar proses berjalan terstruktur (Holayyem & Nurkertamanda, 2023). Kejelasan tugas dan kewenangan pada tahap ini menjadi dasar penting untuk memastikan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penentuan pengendalian dilakukan secara konsisten dan objektif sesuai prinsip manajemen K3.

Proses HIRADC

Pada Penelitian ini proses HIRADC diterapkan secara sistematis melalui lima tahapan, dimulai dari komunikasi dan konsultasi, menentukan konteks suatu risiko, identifikasi bahaya dan penilaian risiko, pengendalian risiko, serta pemantauan dan peninjauan.

Konsultasi dan Komunikasi

Tahapan ini berperan penting untuk memastikan seluruh pihak memahami potensi bahaya serta risiko pada kegiatan maintenance underground decline sehingga identifikasi risiko dapat dilakukan secara menyeluruh dan berbasis kondisi lapangan (Hao & Nie, 2022; Kwon, Choi, & Lee, 2024). Aktivitas seperti pemantauan penyanggan, perawatan ventilasi, pemeriksaan kelistrikan, pengelolaan drainase, serta lalu lintas alat berat memerlukan koordinasi antara *engineer*, pengawas, dan *safety facilitator* agar informasi teknis dan potensi bahaya dapat dikomunikasikan secara efektif. Melalui komunikasi yang terstruktur, keputusan pengendalian risiko dapat dilakukan secara tepat dan konsisten sehingga mendukung pelaksanaan maintenance yang aman dan andal di lingkungan tambang bawah tanah yang kompleks (Kwon et al., 2024).

Menetapkan Konteks Suatu Risiko

Tahapan ini bertujuan untuk menetapkan ruang lingkup, tujuan, dan recana pengelolaan dari kegiatan utama (Hutchins, 2018). Ruang lingkup utama kegiatan *maintenance underground decline* adalah pemantauan kestabilan penyanggan, pemasangan serta perawatan sistem ventilasi, pemeriksaan kelistrikan, pengelolaan drainase dan dewatering, serta lalu lintas alat berat dan kendaraan ringan. Pemantauan kestabilan penyangga dilakukan melalui inspeksi kondisi dan pemantauan deformasi massa batuan secara berkelanjutan guna memastikan bukaan tambang tetap dalam batas aman.

Metode *monitoring* prisma yang diintegrasikan dengan *robotic total station* umum digunakan untuk memperoleh data perpindahan secara kuantitatif, presisi, dan non-kontak (Zhou, Xiao, Jiang, Bai, & Liu, 2020). Data pergerakan tersebut kemudian menjadi dasar evaluasi respons massa batuan serta efektivitas sistem penyangga dalam menjaga

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868

stabilitas struktur bawah tanah (Brady & Brown, 2006).

Selanjutnya, kegiatan pemasangan serta perawatan sistem ventilasi dan pemeriksaan kelistrikan. Pemeriksaan peralatan listrik meliputi evaluasi kondisi fisik kabel, panel distribusi, sistem penerangan, grounding, dan perangkat proteksi listrik. Sementara itu, pemasangan dan perawatan sistem ventilasi dilakukan untuk memastikan aliran udara segar yang memadai, efektivitas pengenceran gas berbahaya, pengendalian debu, serta pengurangan panas di sepanjang *decline* melalui pengecekan kipas utama dan tambahan, *ducting*, serta jalur aliran udara.

Kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala, termasuk pembersihan, perbaikan, pelumasan, penggantian komponen, dan pengujian fungsi sistem (Brady & Brown, 2006; McPherson, 1993). Kemudian, pengelolaan drainase dan dewatering. Pemantauan penyaliran air dan sistem dewatering merupakan kegiatan operasional yang sangat penting dan dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan air tanah, air rembesan batuan, serta air dari aktivitas operasional tidak menimbulkan genangan yang dapat mengganggu keselamatan dan stabilitas tambang.

Pemantauan ini mencakup pemeriksaan kondisi drainase di sepanjang decline, pengamatan ketinggian dan aliran air pada titik-titik rendah (low point), evaluasi kondisi sump pit, serta verifikasi kinerja pompa dewatering utama dan pompa cadangan (Brady & Brown, 2006). Lalu lintas alat berat dan kendaraan ringan di *underground decline* berfungsi sebagai jalur utama mobilisasi pekerja, material, serta peralatan produksi dan pemeliharaan yang mendukung kelancaran operasi tambang bawah tanah secara aman dan efisien.

Mengidentifikasi Bahaya dan Menilai Risiko

Hasil proses tersebut menunjukkan adanya 7 sumber bahaya dengan variasi jenis bahaya dan risiko yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja apabila pengendalian risiko tidak diterapkan secara memadai. Hasil identifikasi bahaya tersebut meliputi bekerja di ketinggian, kondisi penyangga batuan, genangan air, energi listrik, kebakaran, atmosfer berbahaya, serta Interaksi antara alat berat, kendaraan ringan dan pekerja. Setelah dilakukan identifikasi bahaya dilakukan penilaian risiko guna menilai kemungkinan terjadinya risiko dan besarnya dampak yang ditimbulkan serta membandingkan tingkat risiko yang telah dianalisis dengan kriteria risiko yang ditetapkan untuk menentukan apakah risiko tersebut dapat diterima atau memerlukan pengendalian lebih lanjut (ISO, 31000:2018). Penilaian risiko dilakukan setelah adanya pengendalian awal yang telah diterapkan atau *current control* sesuai dengan hirarki pengendalian yang kemudian dilanjutkan dengan menentukan kemungkinan *(likelihood)* dan keparahannya *(consequence)*.

Mengontrol Risiko

Upaya sistematis untuk mengurangi tingkat risiko hingga berada pada level yang dapat diterima (ALARP) melalui penerapan tindakan pengendalian yang sesuai. Pengendalian risiko yang dilakukan dengan mengacu pada hierarki pengendalian, yang disusun berdasarkan tingkat efektivitasnya, mulai dari eliminasi bahaya, substitusi, pengendalian rekayasa (*engineering control*), pengendalian administratif, hingga penggunaan alat pelindung diri (APD) sebagai lapisan terakhir. Eliminasi berarti menghilangkan bahaya sepenuhnya sehingga pekerjaan tidak lagi menimbulkan paparan (misalnya menghapus aktivitas/alat/proses berbahaya dari desain kerja), sedangkan substitusi berarti mengganti sumber bahaya dengan alternatif yang lebih aman atau lebih rendah risikonya (misalnya mengganti bahan/alat/metode yang lebih berbahaya dengan yang lebih aman). Jika eliminasi atau substitusi belum dapat diterapkan, maka dilanjutkan dengan engineering controls untuk mengisolasi pekerja dari bahaya (misalnya guarding, interlock, ventilasi, pemisahan jalur), kemudian administrative controls untuk mengubah cara kerja melalui prosedur, pelatihan, izin kerja, penjadwalan, rambu, dan pengawasan, dan terakhir APD sebagai lapisan perlindungan paling akhir ketika risiko residual masih ada.

Pemantauan dan Peninjauan

Tahap ini memastikan efektivitas penerapan manajemen risiko keselamatan pertambangan. Tim *underground* meninjau dokumen dan rekaman HIRADC minimal satu kali setiap tahun melalui forum resmi seperti rapat koordinasi teknis keselamatan pertambangan, safety committee, dan toolbox meeting yang terdokumentasi secara sistematis.

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868

Selain itu, evaluasi berkelanjutan dilakukan oleh pekerja dalam aktivitas sehari hari dan diawasi oleh pengawas sebagai bagian dari upaya perbaikan berkelanjutan.

PEMBAHASAN

Bahaya bekerja di ketinggian muncul dari kegiatan tim *general services* dalam melakukan pemasangan, relokasi, pemindahan, dan atau perbaikan *mine services* meliputi jalur pipa air, listrik, komunikasi, dan ventilasi di *undergorund* (tambang bawah tanah). Kegiatan ini memiliki risiko yaitu jatuh dari ketinggian. Berdasarkan hasil penilaian risiko, kegiatan ini memiliki tingkat risiko yang masuk kedalam kategori (10) sedang atau *moderate*. Nilai tingkat risiko tersebut muncul setelah dilakukan pengendalian yang telah diterapkan saat itu *(current control)* yaitu berupa rekayasa teknik dengan menggunakan platform atau keranjang khusus (man basket / personnel basket).

Dikombinasi dengan pengendalian adminitratif meliputi pengadaaan pelatihan bekerja diketinggian, memastikan pekerja kompeten dan memahami bekerja di ketinggian, terdapat pengawas atau manajemen yang melakukan critical risk management (CRM) saat pekerjaan berlangsung. Selain pengendalian administratif, dilakukan juga pengendalian terakhir yaitu peggunaaan APD berupa *full body harness, lanyard/energy absorber, anchor point/lifeline*, helm keselamatan, *safety shoes*. Nilai tingkat risiko (10) sedang atau *moderate* muncul berdasarkan hasil kemungkinan *(likelihood)* yaitu (D) *unlikely* (kecil kemungkinannya) dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berpotensi terjadi pada suatu waktu atau terjadi sekitar sekali dalam 10 tahun dengan probabilitas ± 1% di kali dengan hasil keparahannya *(consequence)* yaitu (3) *moderate* dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berisiko menimbulkan cedera atau penyakit yang mengakibatkan hilangnya hari kerja.

Bahaya ini muncul dari dampak penggunaan metode prisma di tambang bawah tanah sebagai alat pemantauan pergerakan dan deformasi massa batuan secara presisi untuk memastikan kestabilan bukaan tambang dan mencegah kegagalan penyanggaan sejak dini. Risiko yang mungkin terjadi adalah runtuh nya batuan / batuan jatuh di tambang bawah tanah, pekerja tertimpa/terjebak/tertimbun runtuhan material, dan sistem komunikasi terputus. Berdasarkan hasil penilaian risiko, kegiatan ini memiliki tingkat risiko yang masuk kedalam kategori (10) sedang atau *moderate*. Nilai tingkat risiko tersebut muncul setelah dilakukan pengendalian yang telah diterapkan saat itu *(current control)* yaitu berupa rekayasa teknik meliputi pemasangan penyangga batuan, melakukan rehab area dengan kategori kelas kerusakan h*igh* sesuai hasil rekomendasi dari *geotechnical* monitoring (harian, mingguan ataupun bulanan) yang mengacu kepada standar perhitungan klasifikasi tingkat kerusakan.

Kemudian dilakukan kombinasi pengendalian berupa administatif yaitu mengaplikasikan pedoman *ground control management plan,* mengaplikasikan *underground rockbolt pull out testing,* mengaplikasikan u*nderground convergence measurements,* mengaplikasikan *underground QAQC ground support installation*, mengaplikasikan manual *installation and grouting of cable bolt procedure*, *menginstalasi ground support bolts and mesh procedure*, melakukan inspeksi kondisi batuan dilakukan secara reguler, memasang beberapa peralatan untuk memantau pergerakan batuan, melakukan pemantauan pergerakan batuan menggunakan alat (prisma, convergen, crack meter), serta memberhentikan *unsafe action* pekerja. Nilai tingkat risiko (10) sedang atau *moderate* muncul berdasarkan hasil kemungkinan *(likelihood)* yaitu (D) *unlikely* (kecil kemungkinannya) dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berpotensi terjadi pada suatu waktu atau terjadi sekitar sekali dalam 10 tahun dengan probabilitas ± 1% di kali dengan hasil keparahannya *(consequence)* yaitu (3) *moderate* dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berisiko menimbulkan cedera atau penyakit yang mengakibatkan hilangnya hari kerja.

Bahaya ini muncul dari kegiatan kegagalan pengelolaan drainase dan pemompaan dewatering air tambang apabila kapasitas pompa tidak memadai, sistem drainase tersumbat, atau terjadi kegagalan listrik maupun mekanik, maka air dapat terakumulasi dan membentuk genangan air di jalur decline. Genangan ini berpotensi menimbulkan berbagai risiko seperti tergelincir dan terjatuh bagi pekerja, kerusakan peralatan, serta terganggunya jalur evakuasi darurat. Selain itu, genangan air juga dapat mempercepat degradasi kondisi lantai dan dinding terowongan, serta memengaruhi kestabilan geoteknik akibat peningkatan tekanan air pori (Gao, Zhang, Zeng, Wu, Jiang, Li, & Xie, 2022; Cui & Nelson, 2019).

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868

Berdasarkan hasil penilaian risiko, kegiatan ini memiliki tingkat risiko yang masuk kedalam kategori (10) sedang atau *moderate*. Nilai tingkat risiko tersebut muncul setelah dilakukan pengendalian yang telah diterapkan saat itu *(current control)* yaitu berupa eliminasi dengan penutupan *valve* pada lubang pemboran drainase yang menghasilkan air. Selanjutnya, rekayasa teknik dilakukan melalui penyediaan backup genset yang selalu siap pakai sebagai sumber listrik cadangan, sehingga menjamin pompa dewatering tetap beroperasi meskipun terjadi kegagalan pasokan listrik utama. Kemudian dikombinasikan dengan pengendalian administrasi berupa *Trigger Action Response Plan* (TARP) peningkatan air secara tiba-tiba saat pemadaman listrik tidak terencana.

TARP pada kondisi ini adalah rencana tanggap terstruktur yang menetapkan pemicu (trigger), tindakan (action), dan respon darurat ketika terjadi kenaikan debit atau volume air secara cepat di *decline underground* akibat pemadaman listrik yang tidak direncanakan, menyebabkan pompa dewatering berhenti beroperasi. Selain itu, dilakukan juga monitoring debit air di area tambang bawah tanah secara periodik, pemasangan rambu dan rantai untuk barikade area terbatas. Untuk pekerja difokuskan untuk pelatihan bekerja dekat air, pengadaan simulasi/drill kondisi banjir di area tambang bawah tanah, dan penyediaan pelampung dan *ring buoy* pada beberapa sump yang dalam. Nilai tingkat risiko (10) sedang atau *moderate* tersebut muncul berdasarkan hasil kemungkinan (likelihood) yaitu (D) *unlikely* (kecil kemungkinannya) dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berpotensi terjadi pada suatu waktu atau terjadi sekitar sekali dalam 10 tahun dengan probabilitas ± 1% di kali dengan hasil keparahannya (consequence) yaitu (3) moderate dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berisiko menimbulkan cedera atau penyakit yang mengakibatkan hilangnya hari kerja.

Pekerjaan yang melibatkan sistem kelistrikan di tambang bawah tanah memiliki tingkat risiko keselamatan yang tinggi akibat karakteristik lingkungan kerja yang tertutup, lembap, terbatas pencahayaan, serta keberadaan peralatan listrik berdaya besar yang beroperasi secara kontinu. Aktivitas kelistrikan seperti pemeriksaan kondisi panel listrik pompa dewatering serta pemeriksaan dan perawatan peralatan listrik dan ventilasi berpotensi menimbulkan berbagai sumber bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak dikendalikan secara memadai. Setiap kegiatan kelistrikan perlu diuraikan secara rinci untuk memastikan potensi bahaya dapat diidentifikasi dan dikendalikan sejak tahap awal pekerjaan (Zhou et al., 2022).

Salah satu kegiatan utama yang dilakukan oleh tim elektrik adalah pemeriksaan kondisi panel listrik pompa dewatering maupun keseluruhan aliran listrik yang digunakan di tambang bawah tanah. Hal ini bertujuan untuk melakukan inspeksi visual, pengecekan komponen, serta memastikan fungsi panel dan instalasi listrik pompa dewatering berjalan normal. Kegiatan ini menimbulkan bahaya berupa kontak dengan arus listrik yang tidak terisolasi dan memiliki risiko untuk tersengat arus listrik. Berdasarkan hasil penilaian risiko, kegiatan ini memiliki tingkat risiko yang masuk kedalam kategori (7) sedang atau *moderate*. Nilai tingkat risiko tersebut muncul setelah dilakukan pengendalian yang telah diterapkan saat itu *(current control,)* yaitu berupa rekayasa teknik meliputi pemasangan *Earth Leakeage Circuit Breaker* (ELCB) pada setiap kontrol panel, penggunaan kabel dengan kualitas isolator yang baik, penerapan LOTO dengan melepas atau *disconnect panel* listrik yang tidak terpakai, dan memasang isolator swicth pada setiap panel listrik.

Selain itu juga dilakukan pengendalian administrasi guna mendukung pengendalian lebih komprehensif yaitu dengan mengadakan pelatihan LOTO untuk teknisi listrik, memberikan pekerja kompetensi untuk bekerja dengan listrik seperti ahli K3 listrik dan atau teknisi K3 listrik, dan melakukan inspeksi berkala panel listrik. Untuk pengendalian terakhir yaitu penggunaan APD, pastikan pekerja menggunakan APD yang sesuai untuk kelistrikan yaitu sarung tangan isolasi karet, sepatu safety ber-rating *electrical hazard*, pakaian arc-rated *(AR clothing)*, pelindung wajah dan kepala *arc flash*, kacamata *safety*, dan pelindung pendengaran *(earplug/earmuff)*.

Nilai tingkat risiko (7) sedang atau *moderate* tersebut muncul berdasarkan hasil kemungkinan (likelihood) yaitu (C) *possible* atau mungkin terjadi dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berpotensi terjadi pada kondisi tertentu, atau kemungkinan besar akan terjadi, atau pernah terjadi sebelumnya dengan probabilitas ± 3% di kali dengan hasil keparahannya

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868

(consequence) yaitu (2) minor dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berisiko menimbulkan perawatan medis terhadap cedera atau penyakit, atau mengakibatkan pembatasan pekerjaan pada pekerja yang menderita cedera atau penyakit tersebut.

Kebakaran dapat terjadi dari berbagai kegiatan, seperti pemeriksaan dan perawatan motor listrik, panel, atau kabel yang mengalami panas berlebih (*overheating)* maupun penggantian komponen listrik yang berpotensi menimbulkan percikan api (*spark*). Risiko kebakaran di tambang bawah tanah dapat meningkat secara signifikan akibat paparan suhu tinggi dan timbulnya percikan api dari peralatan listrik maupun mekanis. Kondisi overheating pada motor listrik, panel, kabel, serta gesekan komponen bergerak dapat menjadi sumber panas yang memicu penyalaan bahan mudah terbakar, seperti oli, grease, isolasi kabel, dan debu tambang. Percikan api (*sparking*) yang terjadi akibat kegagalan listrik, koneksi longgar, atau korsleting juga berpotensi menjadi sumber ignisi awal, terutama dalam lingkungan underground yang tertutup dan memiliki keterbatasan ventilasi.

Berdasarkan hasil penilaian risiko, kegiatan ini memiliki tingkat risiko yang masuk kedalam kategori (9) sedang atau *moderate*. Nilai tingkat risiko tersebut muncul setelah dilakukan pengendalian yang telah diterapkan saat itu *(current control)* yaitu berupa rekayasa teknik meliputi terpasang sistem pemadam otomatis dan memasang APAR sesuai dengan luas *decline*. Selain itu, juga dilakukan pengendalian administrasi guna mendukung pengendalian lebih komprehensif yaitu dengan inspeksi dan pengecekan sistem listrik dan ventilasi secara regular.

Pengendalian terakhir yaitu penggunaan APD, pastikan pekerja menggunakan APD yang sesuai untuk kelistrikan yaitu sarung tangan isolasi karet atau tahan api, sepatu safety ber-rating *electrical hazard* dan tahan panas, pakaian arc-rated *(AR clothing)*, pelindung wajah dan kepala *arc flash*, kacamata *safety*, dan pelindung pendengaran *(earplug/earmuff)*. Nilai tingkat risiko (9) sedang atau *moderate* tersebut muncul berdasarkan hasil kemungkinan *(likelihood)* yaitu (E) *rare* atau jarang terjadi dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berpotensi terjadi dalam kondisi yang sangat luar biasa, atau kejadian serupa pernah terjadi di industri lain dengan frekuensi sangat ajrang terjadi atau probabilitas ± 1% di kali dengan hasil keparahannya *(consequence)* yaitu (4) major dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berisiko menimbulkan cedera serius atau penyakit kronis, rawat inap intensif, dan dampak kesehatan jangka panjang.

Atmosfer berbahaya di decline underground merupakan kondisi lingkungan kerja yang tidak aman akibat perubahan komposisi udara, terutama kekurangan oksigen serta keberadaan gas beracun dan gas hasil pembakaran. Risiko bagi pekerja adalah mengalami sesak nafas, kehilangan kesadaran mendadak, asfiksia (kekurangan oksigen), keracunan gas akut, hingga kematian. Berdasarkan informasi keselamatan pertambangan bawah tanah dari *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), atmosfer berbahaya dapat berasal dari emisi mesin diesel, aktivitas peledakan, kebakaran, serta kegagalan sistem ventilasi yang menyebabkan akumulasi gas seperti karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO_2).

Pada area *decline,* risiko ini cenderung meningkat karena berfungsi sebagai jalur utama lalu lintas alat, akses pekerja, dan bagian dari sistem ventilasi tambang, sehingga gangguan kualitas udara di area ini dapat berdampak langsung terhadap keselamatan pekerja dan area kerja underground lainnya (Amiri, Bayatian, & Mozafari, 2024).

Berdasarkan hasil penilaian risiko, kegiatan ini memiliki tingkat risiko yang masuk kedalam kategori (9) sedang atau *moderate*. Nilai tingkat risiko tersebut muncul setelah dilakukan pengendalian yang telah diterapkan saat itu *(current control)* yaitu berupa rekayasa teknik melalui pemasangan *exhaust fan* untuk membuang udara tercemar dari area *decline underground,* penggunaan *auxiliary motor fan* sebagai ventilasi bantu guna mengalirkan udara segar ke area kerja aktif, serta pemasangan air remover atau *cool tube* untuk menyalurkan udara bersih secara langsung ke muka kerja, sehingga paparan gas berbahaya dan defisiensi oksigen dapat diminimalkan (Menéndez et al, 2023).

Selain itu, juga dilakukan pengendalian administrasi guna mendukung pengendalian lebih komprehensif yaitu dengan pelaksanaan induksi K3 bagi pekerja yang akan memasuki underground, monitoring pengujian secara berkala *ventilation flow* untuk memastikan udara segar benar-benar mengalir dan gas berbahaya benar-benar terdilusi dan terbuang, penyediaan *gas detector*, penyediaan sumber listrik cadangan *(backup genset)* untuk supply

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868

listrik pada sistem ventilasi, serta pelatihan *self-rescue* untuk maisng-masing pekerja underground.

Penerapan prosedur atau pelatihan *self-rescue* digunakan untuk menilai kemampuan pekerja dalam melakukan penyelamatan diri secara mandiri dengan menggunakan self-rescuer dan mengikuti jalur evakuasi yang telah ditetapkan ketika terjadi kondisi atmosfer tidak aman di tambang bawah tanah. Untuk pengendalian terakhir yaitu penggunaan APD, pastikan pekerja menggunakan APD yang sesuai yaitu *safety helmet, safety glassess, safety shoes, self-contained self-rescuer* (SCSR). Nilai tingkat risiko (9) sedang atau *moderate* tersebut muncul berdasarkan hasil kemungkinan *(likelihood)* yaitu (E) *rare* atau jarang terjadi dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berpotensi terjadi dalam kondisi yang sangat luar biasa, atau kejadian serupa pernah terjadi di industri lain dengan frekuensi sangat ajrang terjadi atau probabilitas ± 1% di kali dengan hasil keparahannya *(consequence)* yaitu (4) major dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berisiko menimbulkan cedera serius atau penyakit kronis, rawat inap intensif, dan dampak kesehatan jangka panjang.

Dalam operasional tambang, *decline* memiliki peran krusial sebagai jalur utama pengoperasian alat berat, seperti heavy vechile, light vehicle, maupun kendaraan lainnya yang digunakan untuk mobilisasi kegiatan produksi dan pemeliharaan sehingga memiliki risiko terjadinya tabrakan antar unit, unit terbalik, maupun unit kendaraan menabrak pekerja. Berdasarkan hasil penilaian risiko, kegiatan ini memiliki tingkat risiko yang masuk kedalam kategori (10) sedang atau *moderate*. Nilai tingkat risiko tersebut muncul setelah dilakukan pengendalian yang telah diterapkan saat itu *(current control)* yaitu rekayasa teknik berupa pemasangan *fatigue* camera serta rambu dan lampu trafic pada area titik buta yang betujuan untuk memberi peringatan dini akan adanya tikungan atau persimpangan dan mengatur prioritas jalan (misalnya alat berat utama).

Selain itu, juga dilakukan pemasangan sensor jarak antar unit, alarm mundur pada setiap unit kendaraan, serta terpasangnya alat komunikasi pada setiap kendaraan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya tabrakan antar unit. Lalu, dilakukan pengendalian lainnya berupa administrasi dengan memberikan pelatihan DDT kepada driver unit, menerapkan manajemen kelalahan, melakukan komunikasi aktif saat mengendarai unit dan melakukan spot check secara berkala. Nilai tingkat risiko (10) sedang atau *moderate* tersebut muncul berdasarkan hasil kemungkinan (likelihood) yaitu (D) *unlikely* (kecil kemungkinannya) dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berpotensi terjadi pada suatu waktu atau terjadi sekitar sekali dalam 10 tahun dengan probabilitas ± 1% di kali dengan hasil keparahannya (consequence) yaitu (3) moderate dengan kriteria bahwa kegiatan tersebut berisiko menimbulkan cedera atau penyakit yang mengakibatkan hilangnya hari kerja.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil *risks assessment* menggunakan metode HIRADC, untuk kegiatan *maintenance undergorund decline* terdapat total 7 sumber bahaya meliputi bekerja di ketinggian, kondisi penyangga batuan, genangan air, energi listrik, kebakaran, atmosfer berbahaya, serta Interaksi antara alat berat, kendaraan ringan dan pekerja dengan hasil semua penilian tingkat risiko sedang atau *moderate*. Hasil tingkat risiko sedang atau moderate tersebut mengindikasikan, bahwa nilai risiko tersebut pada ambang batas penerimaan dimana tanggung jawab manajemen telah ditetapkan; rencana tindakan korektif dan pencegahan (hindari, alihkan, kendalikan, atau terima) telah dikembangkan. Lalu, berdasarkan hasil evaluasi risiko, tidak diperlukan pengendalian tambahan karena risiko yang teridentifikasi berada pada tingkat yang dapat diterima dan telah dimitigasi secara efektif oleh pengendalian yang ada *(current control)*, sebagaimana konsep toleransi risiko dalam manajemen risiko.

DAFTAR PUSTAKA

Amiri, Z., Bayatian, M., & Mozafari, S. (2024). Numerical simulation application in occupational health studies: A review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, *30*(3), 946-967.

Brady, B. H., & Brown, E. T. (2006). *Rock Mechanics: For Underground Mining*. Springer Science & Business Media.

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868

Cui, J., & Nelson, J. D. (2019). Underground transport: An overview. *Tunnelling and Underground Space Technology*, *87*, 122-126.

Gao, Y., Zhang, N., Zeng, Z., Wu, Q., Jiang, X., Li, S., & Xie, C. (2022). LncRNA PCAT1 activates SOX2 and suppresses radioimmune responses via regulating cGAS/STING signalling in non-small cell lung cancer. *Clinical and Translational Medicine*, *12*(4), e792.

Gultom, D. C. U., Adam, I., & Sukwika, T. (2025). Risk Assessment Of Occupational Health And Safety In Lifting Operations Using The HIRADC Method: A Case Study In Oil And Gas Construction. *Journal Of Applied Management Research, 5*(1), 81-92.

Hao, M., & Nie, Y. (2022). Hazard identification, risk assessment and management of industrial system: Process safety in mining industry. *Safety science*, *154*, 105863.

Health and Safety Executive. (2024). *Using personal protective equipment (PPE) to control risks at work*. London, United Kingdom: Health and Safety Executive. Diakses dari: https://www.hse.gov.uk/ppe/managing-risk-using-ppe.htm

Holayyem, A. Z., & Nurkertamanda, D. (2023). Penerapan Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja (Studi Kasus: Batching Plant Pt Waskita Beton Precast Tbk). *Industrial Engineering Online Journal*, *12*(4).

Hopkin, P. (2018). *Fundamentals Of Risk Management: Understanding, Evaluating And Implementing Effective Risk Management*. Kogan Page Publishers.

Hughes, P., & Ferrett, E. (2021). *International health and safety at work: For the NEBOSH international general certificate in occupational health and safety*. Routledge.

Hutchins, G. (2018). *ISO 31000: 2018 Enterprise Risk Management*. Greg Hutchins.

Krot, P., Sliwinski, P., Zimroz, R., & Gomolla, N. (2020). The identification of operational cycles in the monitoring systems of underground vehicles. *Measurement*, *151*, 107111.

Kwon, S. J., Choi, S. W., & Lee, E. B. (2024). Hazard identification and risk assessment during simultaneous operations in industrial plant maintenance based on job safety analysis. *Sustainability*, *16*(21), 9277.

Mckinnon, R. C. (2019). *The Design, Implementation, And Audit Of Occupational Health And Safety Management Systems.* CRC Press.

Mckinnon, R. C. (2023). *Measuring Safety Management Performance*. CRC Press.

Menéndez, J., Fernández-Oro, J. M., Merlé, N., Galdo, M., Álvarez, L., López, C., & Bernardo-Sánchez, A. (2023). Auxiliary Ventilation Systems In Mining And Tunnelling: Air Leakage Prediction And System Design To Optimize The Energy Efficiency And Operation Costs. *Tunnelling And Underground Space Technology, 140*, 105298.

Miao, W., & Zhao, X. (2024). Traffic Congestion Scheduling For Underground Mine Ramps Based On An Improved Genetic Scheduling Algorithm. *Applied Sciences, 14*(21), 9862.

Okechukwu, K. C., Okeke, O. C., Nweli, I. H., Anyanwu, E. C., & Nwangwu, M. U. (2024). Ventilation system and groundwater control in underground mining: An overview. *World Journal of Innovative Mining Technology, 8*(3), 50–71.

Rahardja, U. (2023). Risk Assessment, Risk Identification, And Control In The Process Of Steel Smelting Using The Hiradc Method. *Aptisi Transactions On Management, 7*(3), 261-272.

Zhou, J., Xiao, H., Jiang, W., Bai, W., & Liu, G. (2020). Automatic Subway Tunnel Displacement Monitoring Using Robotic Total Station. *Measurement, 151*, 107251.

Vita Mardhiyanti Melati*, Zulkifli Djunaidi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia
Korespondensi penulis: Vita Mardhiyanti Melati. *Email: vita.mardhiyanti@ui.ac.id

DOI: https://doi.org/10.33024/hjk.v20i2.2868