

ANALISIS RISIKO KESELAMATAN KERJA PADA AKTIVITAS PERAWATAN DI PERTAMBANGAN BATUBARA PT X MENGGUNAKAN HIRADC

Muhammad Hadiawan Nur, Willy Tambunan*, Dutho Suh Utomo

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

* Corresponding Author: willytambunan@ft.unmul.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 13-09-2026

Revised: 20-09-2026

Accepted: 25-09-2026

Available online: 26-09-2026

Kata Kunci:

Keselamatan Kerja, Pengendalian Bahaya, Penilaian Risiko, Perawatan, Pertambangan Batu Bara

Keywords:

Coal Mining, Hazard Control, Maintenance, Occupational Safety, Risk Assessment.

ABSTRAK

Aktivitas perawatan di pertambangan batu bara memiliki risiko keselamatan karena melibatkan bahaya mekanik, listrik, ketidakstabilan struktur, pengelasan, dan pekerjaan pada ketinggian. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi bahaya, menilai risiko awal dan aktual, mengevaluasi pengendalian yang telah diterapkan, serta menyusun rekomendasi pengendalian pada aktivitas repair and maintenance light truck, repair and maintenance tower lamp, dan welding tower lamp di perusahaan pertambangan batu bara X. Penelitian menggunakan desain deskriptif observasional dengan pendekatan semi-kuantitatif melalui metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC).

Penelitian dilaksanakan pada Januari–Februari 2026 dengan melibatkan tiga informan yang terdiri dari operator workshop, group leader, dan personel Safety, Health, and Environment (SHE). Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara semi-terstruktur, diskusi terstruktur, dan telaah dokumen. Hasil penelitian mengidentifikasi lima skenario risiko utama. Seluruh risiko awal berada pada kategori tinggi dan menurun menjadi sedang setelah pengendalian perusahaan diperhitungkan. Rekomendasi pengendalian yang diprioritaskan pada rekayasa teknik diperkirakan dapat menurunkan seluruh risiko menjadi kategori rendah, namun hasil tersebut masih berupa estimasi karena pengendalian tambahan belum diterapkan dan efektivitasnya belum diverifikasi.

ABSTRACT

Maintenance activities in coal mining operations entail safety risks due to hazards such as mechanical and electrical issues, structural instability, welding operations, and working at heights. This study aims to identify hazards, assess initial and actual risks, evaluate existing controls, and formulate control recommendations for light truck maintenance and repair, as well as tower lamp maintenance, repair, and welding at Coal Mining Company X. A descriptive observational design was employed, utilizing a semi-quantitative approach based on the Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) method. Conducted between January and February 2026, the study involved three informants: a workshop operator, a group leader, and a Safety, Health, and Environment (SHE) staff member. Data were gathered through direct observation, semi-structured interviews, structured discussions, and document review. The study identified five primary risk scenarios. All initial risks fell into the "high" category but dropped to "moderate" after accounting for the company's existing controls. Prioritizing engineering controls is projected to reduce all risks to the "low" category; however, these results remain estimates, as the additional controls have not yet been implemented or verified for effectiveness.



PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja masih menjadi tantangan penting dalam kegiatan industri di Indonesia (Aini et al., 2025). Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia (2026) mencatat sebanyak 462.241 kasus kecelakaan kerja pada tahun 2024. Besarnya jumlah tersebut menunjukkan bahwa upaya pencegahan dan pengendalian risiko keselamatan kerja masih memerlukan penguatan secara sistematis dan berbasis manajemen risiko. Industri pertambangan menjadi salah satu sektor yang memiliki kompleksitas risiko tinggi karena kegiatan operasional dan perawatannya melibatkan alat berat, kendaraan operasional, sumber energi mekanik dan listrik, pengangkatan komponen, penggunaan perkakas, pengelasan, serta pekerjaan pada ketinggian.

Risiko tersebut juga ditemukan dalam berbagai penelitian pada kegiatan pertambangan dan perawatan peralatan. Fadhillah et al. (2023) mengidentifikasi 30 jenis risiko bahaya pada operasi pertambangan, yang terdiri atas 67% risiko rendah, 27% risiko sedang, dan 6% risiko tinggi. Markus dan Djunaidi (2024) menunjukkan bahwa aktivitas perawatan *rolling stock equipment* di tambang bawah tanah memiliki berbagai potensi bahaya yang perlu diidentifikasi dan dikendalikan berdasarkan karakteristik pekerjaan. Pada konteks perawatan peralatan lainnya, Wibowo et al. (2026) menemukan tingkat risiko yang bervariasi pada aktivitas *maintenance gantry luffing crane* yang meliputi pengelasan, perawatan mesin, pekerjaan kelistrikan, pelumasan, dan pekerjaan pada ketinggian. Temuan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas perawatan memiliki sumber bahaya yang beragam sehingga penilaian risiko perlu disesuaikan dengan karakteristik aktivitas dan kondisi kerja aktual.

Area *workshop* pertambangan menjadi salah satu lokasi penting dalam pengelolaan risiko karena aktivitas perawatan dan perbaikan melibatkan interaksi antara pekerja, peralatan, sumber energi, dan komponen dengan karakteristik bahaya yang berbeda (Rahmawati et al., 2025). Pada perawatan kendaraan dan peralatan pendukung pertambangan, pekerja dapat berhadapan dengan bagian mesin yang bergerak, komponen bermassa besar, energi listrik, ketidakstabilan struktur, panas dan percikan pengelasan, serta potensi jatuh dari ketinggian. Perbedaan sumber bahaya tersebut menyebabkan konsekuensi dan kebutuhan pengendalian pada setiap aktivitas tidak selalu sama. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu mengidentifikasi bahaya,

membandingkan tingkat risiko secara konsisten, mengevaluasi pengendalian yang telah tersedia, serta menentukan kebutuhan pengendalian tambahan (Saputra, 2024).

Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) merupakan pendekatan yang mengintegrasikan identifikasi bahaya, penilaian tingkat risiko, dan penentuan pengendalian dalam satu proses. Penerapan HIRADC memungkinkan bahaya pada setiap aktivitas diidentifikasi, dinilai berdasarkan *likelihood* dan *severity*, kemudian ditentukan prioritas pengendaliannya sesuai tingkat risiko (Ameiliawati, 2022; Mawardani & Herbawani, 2022). HIRADC dipilih dalam penelitian ini karena dapat menggunakan kriteria penilaian yang sama pada beberapa aktivitas perawatan sehingga tingkat risiko antaraktivitas dapat dibandingkan secara konsisten.

Pemilihan HIRADC juga mempertimbangkan karakteristik metode identifikasi risiko lainnya. *Job Safety Analysis* (JSA) terutama digunakan untuk menguraikan suatu pekerjaan ke dalam langkah-langkah kerja dan mengidentifikasi bahaya pada setiap langkah, sedangkan metode penilaian risiko yang digunakan bersama JSA dapat berbeda antarpelelitian (Ghasemi et al., 2023). Sementara itu, *Bow-Tie Analysis* berfokus pada hubungan antara penyebab, *top event*, konsekuensi, serta *barrier* pencegahan dan mitigasi terhadap suatu kejadian utama (E. Putri et al., 2021). Dengan ruang lingkup penelitian yang mencakup beberapa aktivitas perawatan dengan sumber bahaya berbeda, HIRADC lebih sesuai untuk mengidentifikasi bahaya, membandingkan tingkat risiko, mengevaluasi pengendalian yang telah tersedia, dan menentukan kebutuhan pengendalian tambahan secara terstruktur.

Penelitian terdahulu telah menerapkan HIRADC pada operasi pertambangan secara umum (Fadhilah et al., 2023), perawatan *rolling stock equipment* pada tambang bawah tanah (Markus & Djunaidi, 2024), serta aktivitas *maintenance gantry luffing crane* yang mencakup pekerjaan mesin, kelistrikan, pengelasan, pelumasan, dan pekerjaan pada ketinggian (Wibowo et al., 2026). Namun, perbedaan jenis peralatan, sumber energi, tahapan pekerjaan, lingkungan kerja, dan pengendalian yang tersedia menyebabkan hasil penilaian risiko pada suatu aktivitas tidak dapat secara langsung diterapkan pada aktivitas lainnya. Berdasarkan literatur yang ditelaah, belum ditemukan penelitian yang secara bersamaan membandingkan aktivitas *repair and maintenance light truck*, *repair and maintenance tower lamp*, serta *welding tower lamp* di area pertambangan batu bara menggunakan kriteria HIRADC yang sama. Kesenjangan penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk menghubungkan sumber bahaya pada ketiga aktivitas tersebut dengan tingkat risiko awal,

risiko aktual setelah pengendalian perusahaan, serta kebutuhan pengendalian tambahan secara konsisten.

Meskipun penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa metode HIRADC efektif dalam mengidentifikasi bahaya dan menentukan prioritas pengendalian pada aktivitas pertambangan dan perawatan peralatan, masih terdapat beberapa aspek yang belum dikaji secara mendalam. Penelitian Fadhilah et al. (2023) berfokus pada identifikasi risiko pada operasi pertambangan secara umum, sehingga belum menggambarkan perbedaan karakteristik bahaya pada aktivitas perawatan dengan interaksi langsung terhadap sumber energi tertentu. Markus dan Djunaidi (2024) menganalisis kegiatan perawatan *rolling stock equipment*, tetapi evaluasi lebih menitikberatkan pada identifikasi tingkat risiko tanpa membandingkan secara eksplisit perubahan risiko antara kondisi sebelum dan setelah pengendalian yang telah tersedia. Sementara itu, penelitian Wibowo et al. (2026) pada aktivitas *maintenance gantry luffing crane* telah mencakup beberapa jenis bahaya, tetapi belum membahas bagaimana efektivitas pengendalian perusahaan dibandingkan dengan kebutuhan pengendalian tambahan berbasis hierarki pengendalian. Oleh karena itu, masih diperlukan penelitian yang tidak hanya mengidentifikasi bahaya, tetapi juga membedakan risiko awal, risiko aktual setelah pengendalian yang diterapkan, serta estimasi risiko sisa setelah rekomendasi pengendalian tambahan pada berbagai aktivitas perawatan pertambangan.

Berdasarkan observasi awal di area pertambangan batu bara PT X, aktivitas perawatan dan perbaikan *light truck* serta *tower lamp* melibatkan sumber bahaya mekanik, listrik, kimia, panas, ergonomi, pengangkatan komponen, penggunaan *power tools*, paparan pengelasan, dan pekerjaan pada ketinggian. Selain keberadaan sumber bahaya tersebut, kecukupan pengendalian yang telah diterapkan perusahaan juga perlu dievaluasi karena setiap jenis bahaya membutuhkan pendekatan pengendalian yang sesuai dengan karakteristik sumber energinya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko awal dan risiko aktual, mengevaluasi pengendalian yang telah diterapkan, serta menyusun rekomendasi pengendalian pada aktivitas *repair and maintenance light truck*, *repair and maintenance tower lamp*, dan *welding tower lamp* di area pertambangan batu bara PT X menggunakan metode HIRADC.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif observasional dengan pendekatan semi-kuantitatif. Desain deskriptif observasional digunakan untuk menggambarkan aktivitas kerja, sumber bahaya, kejadian yang mungkin timbul, konsekuensi, serta

pengendalian berdasarkan kondisi aktual di lapangan tanpa memberikan intervensi terhadap proses kerja. Pendekatan semi-kuantitatif digunakan karena setiap risiko dinilai berdasarkan nilai *likelihood* dan *severity*, kemudian dihitung dan dipetakan ke dalam matriks tingkat risiko. Penelitian dilaksanakan di area pertambangan batu bara PT X pada Januari–Februari 2026.

Populasi penelitian adalah seluruh aktivitas perawatan dan perbaikan yang berlangsung di area pertambangan batu bara PT X. Sampel aktivitas dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan variasi pekerjaan, sumber bahaya, dan kebutuhan evaluasi pengendalian, yaitu *repair and maintenance light truck*, *repair and maintenance tower lamp*, serta *welding tower lamp*. Unit analisis penelitian adalah setiap tahapan pekerjaan dan bahaya yang teridentifikasi pada ketiga aktivitas tersebut. Informan dipilih secara *purposive* berdasarkan keterlibatan dan pemahaman terhadap pekerjaan yang diteliti, terdiri atas satu operator *workshop*, satu *group leader*, dan satu personel tim *Safety, Health, and Environment* (SHE). Ketiga informan memberikan informasi terkait pelaksanaan pekerjaan, pengawasan dan prosedur kerja, serta identifikasi, penilaian, dan pengendalian risiko K3.

Pemilihan tiga informan dilakukan secara *purposive* dengan mempertimbangkan kebutuhan representasi aspek operasional, pengawasan pekerjaan, dan pengelolaan keselamatan dalam aktivitas perawatan. Operator *workshop* dipilih karena memiliki pengalaman langsung dalam melakukan pekerjaan dan memahami kondisi bahaya yang muncul selama setiap tahapan aktivitas. *Group leader* dipilih karena memiliki tanggung jawab dalam pengawasan pekerjaan, penerapan prosedur, serta pengendalian aktivitas di lapangan. Sementara itu, personel *Safety, Health, and Environment* (SHE) dipilih karena memiliki kompetensi dalam aspek keselamatan kerja, evaluasi risiko, dan penerapan sistem pengendalian K3 perusahaan. Kombinasi ketiga informan tersebut dianggap mampu memberikan perspektif yang saling melengkapi antara kondisi aktual pekerjaan, aspek pengawasan operasional, dan pendekatan manajemen risiko.

Penetapan nilai *likelihood* dan *severity* dilakukan melalui diskusi konsensus terstruktur antara peneliti dan seluruh informan. Setiap skenario bahaya terlebih dahulu dipaparkan berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara, dan telaah dokumen. Selanjutnya, masing-masing informan memberikan penilaian awal terhadap kemungkinan kejadian (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*) berdasarkan kriteria matriks risiko yang telah ditetapkan. Apabila terdapat perbedaan skor antar-informan, dilakukan pembahasan terhadap dasar penilaian dengan mempertimbangkan frekuensi paparan, kondisi pekerjaan aktual, efektivitas pengendalian yang tersedia, serta potensi konsekuensi yang dapat terjadi. Nilai akhir ditetapkan berdasarkan hasil kesepakatan bersama setelah

seluruh pertimbangan teknis dibahas, bukan melalui proses pembobotan statistik. Mekanisme ini digunakan untuk memastikan bahwa skor HIRADC mencerminkan kondisi lapangan dan telah melalui validasi dari pihak yang memahami aktivitas kerja.

Data primer diperoleh melalui observasi langsung, wawancara semi-terstruktur, dan diskusi terstruktur dengan informan, sedangkan data sekunder diperoleh melalui telaah prosedur kerja, catatan kejadian yang relevan, dan dokumen HIRADC perusahaan. Instrumen penelitian terdiri atas lembar observasi, pedoman wawancara semi-terstruktur, dan lembar kerja HIRADC yang memuat aktivitas pekerjaan, sumber bahaya, konsekuensi, pengendalian yang telah tersedia, nilai *likelihood*, nilai *severity*, tingkat risiko, serta rekomendasi pengendalian. Nilai risiko dihitung berdasarkan nilai *likelihood* dan *severity*. Nilai *likelihood* menunjukkan kemungkinan terjadinya suatu kejadian, sedangkan nilai *severity* menunjukkan tingkat keparahan konsekuensi yang dapat ditimbulkan. Perhitungan nilai risiko dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$R = L \times S \quad (1)$$

dengan R sebagai nilai risiko (*risk*), L sebagai kemungkinan kejadian (*likelihood*), dan S sebagai tingkat keparahan (*severity*). Penilaian menggunakan skala *likelihood* dan *severity* masing-masing 1–5 serta matriks risiko 5 × 5 (Hashim & Abdul Kadir, 2023). Kriteria penilaian risiko yang digunakan dalam penelitian disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kriteria penilaian risiko

Komponen	Nilai	Kriteria
<i>Likelihood</i>	1	Hampir tidak mungkin
	2	Jarang
	3	Dapat terjadi
	4	Mungkin
	5	Sangat mungkin
<i>Severity</i>	1	Tidak berarti
	2	Ringan
	3	Serius
	4	Fatal
	5	Katastropik
Tingkat Risiko	1–4	Rendah
	5–12	Sedang
	15–25	Tinggi

Sumber: Diadaptasi dari (Hashim & Abdul Kadir, 2023).

Pengumpulan data diawali dengan menguraikan ketiga aktivitas menjadi tahapan pekerjaan. Observasi langsung kemudian dilakukan untuk mengidentifikasi sumber bahaya, kemungkinan kejadian, konsekuensi, serta pengendalian yang telah diterapkan pada setiap tahapan pekerjaan. Wawancara semi-terstruktur digunakan untuk mengonfirmasi urutan pekerjaan, frekuensi aktivitas dan paparan, kondisi tidak normal, penggunaan peralatan, serta temuan keselamatan sebelumnya. Hasil observasi,

wawancara, dan telaah dokumen selanjutnya dibahas dalam diskusi terstruktur yang melibatkan operator *workshop*, *group leader*, personel SHE, dan peneliti sebagai moderator. Nilai *likelihood* dan *severity* untuk setiap risiko ditetapkan berdasarkan kesepakatan para informan dengan mempertimbangkan kondisi lapangan, frekuensi aktivitas, potensi konsekuensi, pengendalian yang tersedia, prosedur kerja, serta catatan kejadian yang relevan. Apabila terdapat perbedaan penilaian, informasi dan bukti pendukung ditinjau kembali hingga diperoleh nilai yang disepakati.

Penilaian dilakukan terhadap risiko awal dan risiko aktual. Risiko awal menunjukkan tingkat risiko yang diperkirakan apabila pengendalian yang tersedia belum diperhitungkan, sedangkan risiko aktual menunjukkan tingkat risiko setelah mempertimbangkan pengendalian yang telah diterapkan perusahaan pada saat penelitian. Perbandingan kedua penilaian tersebut digunakan untuk mengevaluasi perubahan tingkat risiko setelah penerapan pengendalian yang tersedia. Selanjutnya, rekomendasi pengendalian tambahan disusun untuk risiko yang masih memerlukan perbaikan dengan mempertimbangkan sumber bahaya, kondisi pekerjaan, dan pengendalian yang telah tersedia.

Rekomendasi pengendalian mengacu pada hierarki pengendalian dengan memprioritaskan eliminasi, substitusi, dan rekayasa teknik sebelum pengendalian administratif dan alat pelindung diri (Ajslev et al., 2022). Setelah rekomendasi pengendalian tambahan ditentukan, dilakukan estimasi risiko sisa menggunakan kriteria *likelihood* dan *severity* yang sama. Estimasi tersebut menggambarkan tingkat risiko yang diperkirakan apabila rekomendasi pengendalian diterapkan. Karena pengendalian tambahan belum diterapkan pada saat penelitian, nilai yang dihasilkan tidak dinyatakan sebagai risiko sisa aktual, melainkan sebagai estimasi risiko sisa.

Validitas data diperiksa melalui triangulasi metode dan triangulasi sumber. Triangulasi metode dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh melalui observasi langsung, wawancara semi-terstruktur, diskusi terstruktur, dan telaah dokumen. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi dari operator *workshop*, *group leader*, dan personel SHE. Konsistensi penilaian dijaga melalui penggunaan kriteria operasional *likelihood* dan *severity*, matriks tingkat risiko, serta prosedur penilaian yang sama pada seluruh aktivitas yang dianalisis. Setiap penetapan nilai didasarkan pada kesepakatan para informan dengan mempertimbangkan kondisi lapangan dan bukti pendukung.

Data dianalisis secara deskriptif melalui identifikasi tahapan pekerjaan, sumber bahaya, konsekuensi, dan pengendalian yang telah tersedia. Nilai *likelihood* dan *severity*

digunakan untuk menghitung tingkat risiko berdasarkan Persamaan (1), kemudian diklasifikasikan menjadi risiko rendah (1–4), sedang (5–12), dan tinggi (15–25). Nilai 13 dan 14 tidak terdapat dalam klasifikasi karena tidak dapat dihasilkan dari perkalian bilangan bulat pada skala *likelihood* dan *severity* 1–5. Hasil penilaian risiko awal dan risiko aktual dibandingkan untuk mengevaluasi pengendalian yang telah diterapkan, sedangkan estimasi risiko sisa digunakan untuk menggambarkan perubahan tingkat risiko yang diperkirakan setelah rekomendasi pengendalian tambahan diterapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi langsung, wawancara semi-terstruktur, dan telaah dokumen mengidentifikasi lima skenario risiko utama pada aktivitas *repair and maintenance light truck*, *repair and maintenance tower lamp*, serta *welding tower lamp*. Penilaian dilakukan terhadap risiko awal dan risiko aktual dengan mempertimbangkan sumber bahaya, kemungkinan kejadian, konsekuensi, serta pengendalian yang telah diterapkan perusahaan. Hasil penilaian menunjukkan pola yang konsisten, yaitu seluruh risiko awal berada pada kategori tinggi, sedangkan setelah pengendalian perusahaan diperhitungkan seluruh risiko berada pada kategori sedang. Hasil penilaian risiko awal dan risiko aktual disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penilaian risiko awal dan risiko aktual

Aktivitas	Risiko	Risiko Awal			Risiko Aktual		
		L	S	R	L	S	R
Service light truck	Terkena bagian mesin yang berputar	5	4	20 (Tinggi)	2	4	8 (Sedang)
Penggantian komponen utama <i>light truck</i>	Terjepit atau tertimpa komponen	5	4	20 (Tinggi)	2	4	8 (Sedang)
Perawatan kelistrikan <i>tower lamp</i>	Tersengat arus listrik	3	5	15 (Tinggi)	2	5	10 (Sedang)
Perawatan struktur <i>tower lamp</i>	Tertimpa <i>tower</i>	3	5	15 (Tinggi)	2	5	10 (Sedang)
<i>Welding tower lamp</i>	Terjatuh saat melakukan pengelasan	5	4	20 (Tinggi)	2	4	8 (Sedang)

Sumber: Hasil observasi, telaah dokumen, dan kesepakatan informan, 2026.

Hasil penilaian HIRADC menunjukkan bahwa pengendalian perusahaan mampu menurunkan seluruh risiko dari kategori tinggi menjadi sedang melalui penurunan nilai *likelihood* menjadi 2, sedangkan *severity* tetap berada pada tingkat 4 hingga 5. Risiko aktual bernilai 8 pada bahaya mekanik dan jatuh, serta 10 pada bahaya listrik dan tertimpa *tower*.

Pengendalian yang diterapkan, seperti SOP, JSA, P2H, *work permit*, LOTO, demarkasi area, komunikasi kerja, otorisasi mekanik, dan APD, terbukti mampu mengurangi kemungkinan kejadian, tetapi belum mampu menghilangkan potensi keparahan akibat sumber bahaya yang masih ada. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian tambahan berbasis rekayasa teknik. Hasil penilaian setelah rekomendasi pengendalian menunjukkan potensi penurunan risiko menjadi kategori rendah, namun hasil tersebut masih berupa estimasi karena pengendalian tambahan belum diterapkan dan belum diverifikasi pada kondisi kerja aktual (Tabel 2).

Tabel 3. Rekomendasi pengendalian tambahan dan estimasi risiko sisa

Risiko	Rekomendasi pengendalian yang belum tersedia	L	S	R	Kategori
Terkena putaran mesin	Memasang pelindung kokoh atau <i>interlocked guard</i> serta sistem pencegah mesin aktif ketika pelindung terbuka	1	4	4	Rendah
Terjepit komponen berat	Menyediakan <i>component support stand</i> , alat bantu pemosisian tanpa tangan, dan pengunci sekunder	1	4	4	Rendah
Tersengat listrik	Menambahkan RCD/ELCB, indikator tegangan, dan verifikasi <i>test before touch</i>	1	4	4	Rendah
Tertimpa <i>tower</i>	Memasang <i>mechanical locking pin</i> , penyangga sekunder, <i>interlock mast-outtrigger</i> , dan indikator kemiringan	1	4	4	Rendah
Terjatuh saat mengelas	Menggunakan platform kerja berpagar atau sistem penahan jatuh yang membatasi jarak jatuh	1	3	3	Rendah

Sumber: Hasil analisis dan kesepakatan informan, 2026.

Hasil estimasi risiko sisa menunjukkan bahwa seluruh risiko diperkirakan dapat turun menjadi kategori rendah setelah rekomendasi pengendalian tambahan diperhitungkan, terutama melalui penurunan nilai *likelihood* menjadi 1 pada seluruh skenario. Meskipun demikian, risiko mekanik masih mempertahankan nilai *severity* tinggi karena sumber energi seperti putaran mesin dan massa komponen tetap berpotensi menimbulkan cedera serius apabila pengendalian gagal. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian rekayasa teknik berperan dalam mengurangi kemungkinan kejadian, tetapi efektivitasnya tetap perlu dibuktikan setelah diterapkan secara langsung. Selain itu, penelitian merekomendasikan penguatan kompetensi keselamatan *workshop* melalui pelatihan berbasis praktik karena pengendalian administratif yang ada masih lebih banyak berfokus pada aspek teori dibandingkan penerapan pada kondisi kerja aktual (Tabel 3).

Tabel 4. Rekomendasi program penguatan kompetensi keselamatan *workshop*

Materi pelatihan	Fokus penguatan	Bentuk pelaksanaan
Penyusunan dan penggunaan JSA	Meningkatkan kemampuan pekerja menguraikan tahapan pekerjaan, mengenali bahaya, menilai risiko, dan menentukan pengendalian sebelum pekerjaan dimulai	Penyusunan JSA berdasarkan pekerjaan aktual dan pembahasan kasus
Pengenalan bahaya di area <i>workshop</i>	Mengenali bahaya mekanik, listrik, kimia, panas, ergonomi, pengangkatan, serta bahaya lain yang terdapat di area kerja	<i>Hazard walk</i> , identifikasi langsung sumber bahaya, dan diskusi lapangan
Pengelolaan bahan kimia dan limbah B3	Meningkatkan pemahaman terhadap karakteristik bahaya, penyimpanan, penanganan, dan pembuangan limbah B3	Demonstrasi label, penyimpanan, penanganan tumpahan, dan prosedur limbah
<i>Lockout Tagout</i> (LOTO)	Memastikan pekerja memahami proses isolasi dan pengendalian energi berbahaya sebelum perawatan dimulai	Demonstrasi dan praktik pemasangan serta pelepasan perangkat LOTO
Pencegahan <i>finger and hand injury</i>	Meningkatkan kesadaran terhadap titik jepit, titik potong, bagian bergerak, dan posisi tangan saat bekerja	Simulasi titik jepit, penggunaan alat bantu, dan praktik posisi tangan aman
Praktik pengendalian bahaya <i>power tools</i>	Menghubungkan pengetahuan teoritis dengan kondisi pekerjaan aktual mengenai penggunaan dan bahaya <i>power tools</i>	Simulasi, demonstrasi, dan praktik langsung di area <i>workshop</i> dengan pengawasan <i>group leader</i>

Sumber: Hasil analisis dan kesepakatan informan, 2026.

Program yang direkomendasikan mengintegrasikan pemahaman prosedur dengan pengenalan bahaya dan praktik langsung pada kondisi pekerjaan aktual. Informan memberikan respons positif terhadap rekomendasi tersebut dan beberapa kegiatan telah mulai diterapkan kembali sebagai bagian dari penguatan keselamatan di area *workshop*. Namun, efektivitas program terhadap perubahan tingkat risiko belum diukur secara kuantitatif sehingga belum dapat dinyatakan sebagai pengendalian yang telah terbukti menurunkan risiko (Tabel 4).

Efektivitas Pengendalian Perusahaan terhadap Tingkat Risiko

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian perusahaan mampu menurunkan seluruh risiko dari kategori tinggi menjadi sedang. Pola penurunan terutama

terjadi pada *likelihood*, sedangkan *severity* tetap pada tingkat awal. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengendalian yang telah tersedia mampu mengurangi peluang pekerja mengalami paparan atau kontak dengan sumber bahaya, tetapi belum sepenuhnya menghilangkan atau membatasi energi berbahaya yang dapat menimbulkan konsekuensi serius.

Tambunan et al. (2023) menunjukkan bahwa HIRADC dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat risiko sekaligus menentukan kebutuhan pengendalian berdasarkan karakteristik bahaya. Penelitian tersebut juga memperlihatkan bahwa tindakan pengendalian dapat menghasilkan perubahan tingkat risiko apabila diarahkan terhadap sumber bahaya yang telah teridentifikasi. Temuan tersebut mendukung hasil penelitian ini bahwa penurunan tingkat risiko tidak cukup dinilai hanya dari keberadaan SOP atau APD, tetapi perlu dilihat dari perubahan kemungkinan kejadian dan kecukupan pengendalian terhadap sumber bahaya.

Risiko aktual yang masih berada pada kategori sedang menunjukkan adanya kebutuhan pengendalian lanjutan. Kondisi ini penting karena suatu bahaya tetap dapat menghasilkan konsekuensi fatal atau katastrofik ketika pengendalian administratif gagal, tidak diterapkan secara konsisten, atau pekerja tetap berada dalam jalur energi berbahaya. Dengan demikian, hasil penelitian mendukung perlunya kombinasi antara pengendalian yang telah berjalan dengan pengendalian tambahan yang bekerja lebih langsung terhadap sumber bahaya.

Risiko Mekanik pada Perawatan *Light Truck*

Bahaya pada *service light truck* dan penggantian komponen utama berasal dari energi mekanik berupa bagian mesin yang berputar serta pergerakan komponen bermassa besar. Pengendalian perusahaan mampu menurunkan kemungkinan kejadian, tetapi potensi konsekuensi tetap serius apabila pekerja mengalami kontak langsung dengan bagian bergerak atau berada pada titik jepit. Oleh karena itu, perubahan risiko aktual terutama terjadi melalui penurunan *likelihood*, bukan *severity*.

Febrian et al. (2023) mengidentifikasi bahwa aktivitas pada *maintenance workshop* memiliki risiko karena pekerja berinteraksi dengan alat berat dan benda bermassa besar serta memerlukan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penentuan pengendalian melalui HIRADC dan JSA. Kondisi tersebut relevan dengan hasil penelitian ini karena bahaya mekanik pada perawatan *light truck* juga berasal dari interaksi langsung dengan mesin dan komponen berat.

Rekomendasi *interlocked guard* ditujukan untuk membentuk pemisahan fisik antara pekerja dengan bagian mesin yang bergerak dan mencegah mesin beroperasi ketika

pelindung berada dalam kondisi tidak aman. Sementara itu, *component support stand*, alat bantu pemosisian tanpa tangan, dan pengunci sekunder diarahkan untuk mengurangi kebutuhan pekerja menempatkan tangan atau anggota tubuh pada titik jepit. Mekanisme tersebut terutama menurunkan kemungkinan pekerja berkontak dengan sumber energi sehingga estimasi *likelihood* menjadi lebih rendah, sedangkan *severity* tetap dipertahankan pada tingkat 4.

Risiko Kelistrikan dan Kestabilan *Tower Lamp*

Risiko sengatan listrik memiliki nilai *severity* tertinggi karena kontak dengan energi listrik berpotensi menimbulkan konsekuensi fatal atau katastrofik. LOTO dan *work permit* yang telah diterapkan perusahaan memberikan dasar pengendalian terhadap energi sebelum pekerjaan perawatan dilakukan, tetapi efektivitasnya tetap bergantung pada ketepatan proses isolasi dan verifikasi kondisi bebas energi.

Rahmania et al. (2024) menjelaskan bahwa LOTO bertujuan mengurangi potensi bahaya akibat pelepasan energi yang tidak terkendali pada saat perbaikan atau perawatan, termasuk energi listrik, mekanik, panas, dan kimia. Hasil tersebut mendukung penggunaan LOTO pada perawatan *tower lamp*, tetapi juga menunjukkan pentingnya memastikan proses isolasi benar-benar efektif sebelum pekerja berinteraksi dengan komponen.

Penambahan RCD/ELCB, indikator tegangan, dan verifikasi *test before touch* dalam penelitian ini ditempatkan sebagai lapisan pengendalian tambahan, bukan sebagai pengganti LOTO. Indikator tegangan dan *test before touch* berfungsi memperkuat verifikasi bahwa komponen yang akan disentuh telah berada pada kondisi aman, sedangkan perangkat proteksi listrik memberikan perlindungan tambahan apabila masih terjadi kondisi listrik yang tidak diharapkan. Estimasi perubahan *severity* pada risiko ini tetap harus diverifikasi setelah sistem benar-benar diterapkan karena penurunan keparahan tidak dapat diasumsikan hanya berdasarkan keberadaan pengendalian.

Risiko tertimpa *tower* memiliki karakteristik yang berbeda karena bergantung pada kestabilan *mast*, fungsi *outrigger*, sistem hidraulis, kondisi penyangga, dan posisi pekerja terhadap jalur pergerakan struktur. P2H, pemeriksaan unit, demarkasi, dan komunikasi kerja dapat mengurangi kemungkinan pekerja terpapar, tetapi belum memberikan penahan fisik ketika struktur kehilangan kestabilan. Oleh karena itu, *mechanical locking pin*, penyangga sekunder, *interlock mast-outrigger*, dan indikator kemiringan direkomendasikan untuk menambahkan lapisan perlindungan yang bekerja secara langsung pada kestabilan sistem.

Risiko Pengelasan pada Ketinggian

Aktivitas *welding tower lamp* menggabungkan bahaya proses pengelasan dengan bahaya bekerja pada ketinggian. Risiko jatuh tetap memiliki konsekuensi serius meskipun prosedur, izin kerja, demarkasi, komunikasi, dan APD telah diterapkan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengendalian administratif perlu didukung sarana yang mampu mencegah atau membatasi jatuh secara fisik.

Siboro et al. (2025) mengidentifikasi bahwa aktivitas bekerja pada ketinggian memiliki potensi bahaya serius dan membutuhkan identifikasi, penilaian, serta pengendalian risiko sesuai kondisi pekerjaan. Penelitian tersebut juga menemukan bahaya yang berkaitan dengan jatuh, kelistrikan, dan material pada pekerjaan di ketinggian. Temuan ini memperkuat perlunya pengendalian khusus pada *welding tower lamp*, karena karakteristik bahayanya tidak hanya berasal dari proses pengelasan.

Rekomendasi penggunaan *platform* kerja berpagar diarahkan untuk memberikan perlindungan kolektif terhadap bahaya jatuh. Apabila platform tidak dapat digunakan, sistem penahan jatuh diperlukan untuk membatasi jarak jatuh dan konsekuensinya. Penurunan estimasi *severity* dari 4 menjadi 3 pada Tabel 3 merupakan hasil penilaian terhadap kemampuan pengendalian tersebut dalam membatasi konsekuensi, bukan asumsi bahwa pekerjaan pada ketinggian menjadi tidak berbahaya. Efektivitasnya tetap perlu dibuktikan melalui penerapan, pemeriksaan sistem, dan penilaian ulang.

Pengendalian Tambahan dan Estimasi Risiko Sisa

Estimasi risiko sisa menunjukkan bahwa rekomendasi tambahan diperkirakan mampu menempatkan seluruh risiko pada kategori rendah. Perubahan yang paling konsisten adalah penurunan *likelihood* menjadi 1, karena rekomendasi diarahkan untuk mengurangi kemungkinan kontak langsung antara pekerja dan sumber energi berbahaya. Hal tersebut menunjukkan bahwa rekomendasi tidak sekadar menambah prosedur administratif, tetapi memberikan lapisan rekayasa teknik yang bekerja lebih dekat terhadap sumber bahaya.

Ajslev et al. (2022) menjelaskan bahwa hierarki pengendalian dapat digunakan untuk menilai tingkat tindakan pencegahan dan menunjukkan bahwa pengendalian administratif cenderung lebih bergantung pada tindakan manusia dibandingkan pengendalian rekayasa. Dalam penelitian mereka, tindakan administratif bahkan menjadi kelompok pengendalian yang paling sering diterapkan, sedangkan pengendalian rekayasa berada pada proporsi yang lebih kecil. Temuan tersebut mendukung prioritas pengendalian teknik pada penelitian ini, seperti *interlocked guard*, penyangga komponen, proteksi listrik, sistem penguncian *tower*, dan perlindungan jatuh.

Temuan ini juga sejalan dengan teori domino Heinrich yang menjelaskan bahwa kecelakaan terbentuk melalui rangkaian sebab-akibat, sehingga pencegahan dapat dilakukan dengan memutus mata rantai penyebab sebelum berkembang menjadi insiden (Segbenya & Yeboah, 2022). Selain itu, *Loss Causation Model* Frank Bird menekankan keterkaitan antara kelemahan pengendalian, penyebab dasar, penyebab langsung, insiden, dan kerugian, sehingga rekomendasi rekayasa teknik dan penguatan kompetensi dalam penelitian ini dapat dipandang sebagai upaya pengendalian pada beberapa tahapan penyebab kecelakaan (Rosanti & Inayah, 2024).

Namun, kategori rendah pada Tabel 3 belum dapat dinyatakan sebagai kondisi risiko aktual. Seluruh nilai tersebut merupakan estimasi risiko sisa karena rekomendasi belum seluruhnya diterapkan dan efektivitasnya belum diverifikasi melalui kondisi operasional. Setelah implementasi, perusahaan perlu melakukan penilaian HIRADC ulang berdasarkan observasi aktual, pemeriksaan fungsi sistem pengaman, pengalaman pekerja, serta temuan *near miss* atau ketidaksesuaian untuk memastikan bahwa penurunan risiko benar-benar terjadi.

Penguatan Kompetensi Keselamatan *Workshop*

Program penguatan kompetensi keselamatan *workshop* melengkapi pengendalian rekayasa melalui peningkatan kemampuan pekerja dalam mengenali dan mengendalikan bahaya. Materi JSA, *hazard walk*, LOTO, pengelolaan bahan kimia dan limbah B3, pencegahan *finger and hand injury*, serta praktik penggunaan *power tools* diarahkan agar pekerja tidak hanya mengetahui prosedur secara teoritis, tetapi mampu menghubungkannya dengan kondisi pekerjaan yang ditemui secara langsung.

Putri dan Situngkir (2023) menunjukkan bahwa pelatihan K3 dapat memberikan hasil positif pada reaksi peserta, peningkatan pengetahuan, dan perubahan perilaku. Namun, penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa hasil pelatihan yang baik pada tingkat pengetahuan dan perilaku tidak otomatis diikuti penurunan insiden atau peningkatan seluruh indikator program K3. Hal ini mendukung perlunya evaluasi program pelatihan dalam penelitian ini dan menunjukkan bahwa pelatihan tidak boleh diposisikan sebagai satu-satunya pengendalian terhadap risiko.

Oleh karena itu, efektivitas program yang direkomendasikan perlu dievaluasi melalui peningkatan kemampuan pekerja mengidentifikasi bahaya, pelaksanaan prosedur, temuan *unsafe action* dan *unsafe condition*, serta kecenderungan *near miss*. Pelatihan tetap merupakan pengendalian administratif sehingga tidak menggantikan kebutuhan pengendalian rekayasa terhadap bahaya yang masih memiliki konsekuensi serius.

Implikasi dan Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memberikan implikasi praktis bahwa pemisahan antara risiko awal, risiko aktual, dan estimasi risiko sisa dapat membantu perusahaan mengevaluasi efektivitas pengendalian yang telah berjalan sekaligus menentukan kebutuhan perbaikan secara lebih terarah. Penggunaan kriteria HIRADC yang sama pada beberapa aktivitas perawatan juga memungkinkan penetapan prioritas pengendalian dilakukan secara lebih konsisten dan dapat digunakan sebagai dasar evaluasi keselamatan di area *workshop*. Pendekatan ini memperjelas perbedaan antara kondisi pengendalian yang telah diterapkan dan tingkat risiko yang masih bersifat estimasi setelah rekomendasi tambahan.

Penelitian ini terbatas pada lima skenario risiko, tiga aktivitas perawatan, tiga informan, serta periode pengamatan Januari–Februari 2026. Selain itu, estimasi risiko sisa belum diverifikasi melalui penerapan seluruh rekomendasi pada kondisi operasional aktual. Oleh karena itu, hasil penelitian perlu ditindaklanjuti dengan penilaian HIRADC ulang setelah pengendalian diterapkan serta pengamatan pada aktivitas, informan, dan periode yang lebih luas.

SIMPULAN DAN SARAN

Penerapan metode HIRADC pada aktivitas perawatan *light truck*, *tower lamp*, dan *welding tower lamp* di pertambangan batu bara PT X menunjukkan bahwa pengendalian yang telah diterapkan perusahaan mampu menurunkan risiko dari kategori tinggi menjadi sedang, tetapi masih diperlukan pengendalian tambahan untuk mengurangi potensi bahaya yang bersumber dari energi mekanik, listrik, struktur, dan pekerjaan pada ketinggian. Rekomendasi pengendalian berbasis rekayasa teknik diperkirakan dapat menurunkan risiko menjadi kategori rendah, namun hasil tersebut masih berupa estimasi karena belum diverifikasi melalui penerapan langsung di lapangan. Oleh karena itu, perusahaan disarankan memprioritaskan implementasi pengendalian rekayasa teknik serta memperkuat kompetensi keselamatan pekerja melalui pelatihan berbasis praktik. Evaluasi HIRADC ulang perlu dilakukan setelah pengendalian diterapkan untuk memastikan efektivitasnya terhadap kondisi kerja aktual.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N. F., Darmansyah, D., Apriyono, R., Ramdhani, R., & Prastyo, Y. (2025). Litelatur Review-Optimalisasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Melalui Implementasi Iso 45001. *Journal of Management and Innovation Entrepreneurship (JMIE)*, 2(4), 2332–2342.
- Ajslev, J. Z. N., Møller, J. L., Andersen, M. F., Pirzadeh, P., & Lingard, H. (2022). The Hierarchy of Controls as an Approach to Visualize the Impact of Occupational Safety

- and Health Coordination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2731. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052731>
- Ameiliawati, R. (2022). Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Metode Hiradc (Hazard Identification, Risk Assessment And Determining Control) Di Area Plant – Warehouse. *Media Gizi Kesmas*, 11(1), 238–245. <https://doi.org/10.20473/mgk.v11i1.2022.238-245>
- Fadhilah, F., Amrina, E., & Gusvita, R. E. (2023). Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control (HIRADC) in Mining Operations at PT Semen Padang. *MOTIVECTION : Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(3), 473–484. <https://doi.org/10.46574/motivection.v5i3.249>
- Febrian, R., Nur, M., Suherman, S., Harpito, H., & Hamdy, M. I. (2023). Analisa Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment & Determining Control (HIRADC) dan Job Safety Analysis (JSA) Pada Bagian Maintenance Workshop di PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 6(3). <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i3.16453>
- Ghasemi, F., Doosti-Irani, A., & Aghaei, H. (2023). Applications, Shortcomings, and New Advances of Job Safety Analysis (JSA): Findings from a Systematic Review. *Safety and Health at Work*, 14(2), 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2023.03.006>
- Hashim, A., & Abdul Kadir, M. K. (2023). A Comparative Study on Grid-connected Wind Turbine Using Fuzzy Logic and Conventional Controller. *2023 International Conference on Engineering Technology and Technopreneurship (ICE2T)*, 6–11. <https://doi.org/10.1109/ICE2T58637.2023.10540549>
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2026). *Tekan Kecelakaan Kerja, Kemnaker Tingkatkan Kematangan Budaya K3*.
- Markus, A. Y., & Djunaidi, Z. (2024). Hazard Identification, Risk Assessment And Determining Control (HIRADC) Pada Kegiatan Perawatan Rolling Stock Equipment Di Tambang Bawah Tanah Pt. X. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 8(2), 479–497. <https://doi.org/10.31955/mea.v8i2.4002>
- Mawardani, A., & Herbawani, C. K. (2022). Analisa Penerapan Hiradc Di Tempat Kerja Sebagai Upaya Pengendalian Risiko: A Literature Review. *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(1), 316–322. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v6i1.2941>
- Putri, E. C., & Situngkir, D. (2023). Evaluation Of Occupational Health And Safety (K3) Training Program In Increasing Ohs Awareness In Companies. *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, 8(1), 63–76. <https://doi.org/10.21111/jihoh.v8i1.9907>
- Putri, E., Lestari, M., Novrikasari, N., Andarini, D., Camelia, A., Fujianti, P., & Nurhaliza, T. (2021). Bowtie Method: Study of Occupational Health and Safety Risks in Cement Production Process. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 17(4), 124–133. <https://doi.org/10.30597/mkmi.v17i4.17948>
- Rahmania, A., Muzakky, A. I., & Phuspa, S. M. (2024). Implementasi Lock Out dan Tag Out Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan di PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan*, 5(2), 131–140. <https://doi.org/10.25077/jk3l5.2.131-140.2024>
- Rahmawati, F., Hidayat, N., Saputra, M., & Sumual, A. K. (2025). Analisis Manajemen Risiko Berbasis ISO 31000 pada Industri Pertambangan Batubara: Studi Kasus PT Singlurus Pratama. *Journal of Economics, Management, and Accounting*, 1(1), 174–183.

- Rosanti, V. D. R. N., & Inayah, Z. (2024). Dominant Factor Causing Work Accidents Based On The Loss Causation Model At PT. Barata Indonesia. *International Journal of Health, Economics, and Social Sciences (IJHESS)*, 6(2), 369–379. <https://doi.org/10.56338/ijhess.v6i2.4771>
- Saputra, D. (2024). Peningkatan Pengetahuan dan Kompetensi Pemeliharaan Komponen Alat Berat bagi Karyawan Magang PT Bumi Mineral Sulawesi. *Abdimas Singkerru*, 4(2), 101–112.
- Segbenya, M., & Yeboah, E. (2022). Effect of Occupational Health and Safety on Employee Performance in the Ghanaian Construction Sector. *Environmental Health Insights*, 16. <https://doi.org/10.1177/11786302221137222>
- Siboro, I., Hidayat, R., & Rusba, K. (2025). Identifikasi Bahaya Dan Penilaian Risiko Bekerja Di Ketinggian Pada Pt XYZ Balikpapan. *IDENTIFIKASI*, 11(2), 381–387. <https://doi.org/10.36277/identifikasi.v11i2.604>
- Tambunan, E. B. M., Sjarifudin, D., Kurnia, H., & Mubarok, M. R. (2023). Analisis Pengurangan Tingkat Risiko Kecelakaan Kerja pada Proses Pembuatan Konveyor dengan Metode HIRADC. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan*, 4(2), 136–146. <https://doi.org/10.25077/jk3l.4.2.136-146.2023>
- Wibowo, A. A., Ramdani, S. D., & Hardiyan, M. (2026). Identifikasi Resiko Bahaya Kerja Dengan Metode HIRADC Di PT. Pelabuhan Tanjung Priok Pada Bagian Maintenance Mesin Gantry Lifting Crane (GLC). *Machine : Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 223–231. <https://doi.org/10.33019/2apd3955>