Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT) Vol. 5, No. 4, Desember 2026, pp. 1920 - 1930
P-ISSN: 2829-0232 E-ISSN: 2829-0038

Kajian Eksploratif Perbandingan Dokumen HIRARC (IBPR) dan Job Risk Analysis (JRA) dalam Analisis Risiko K3 pada Pekerjaan Perbaikan Conveyor dan Tripper
(Studi Kasus: PT Petrokopindo Cipta Selaras

Moh Abdu Robbin Nabi[1]*, Efta Dhartikasari[2], Purwanto[3]
[1,2,3] Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No. 101, GKB, Kebomas, Gresik, Jawa Timur 61121
Email: abdurobin6@gmail.com, eftadhartikasari@umg.ac.id, puwanto@umg.ac.id

ABSTRAK

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek fundamental untuk menjaga operasional industri, khususnya dalam perbaikan peralatan nonrutin. Perbaikan conveyor dan tripper memiliki risiko kompleks, seperti bekerja di ketinggian, pengangkatan material, pekerjaan panas, peralatan berputar, dan bahaya tegangan listrik. Penelitian sebelumnya di PT Petrokopindo Cipta Selaras menggunakan Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) melalui dokumen Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR), namun dalam konteks yang berbeda. Penelitian eksploratif ini membandingkan dokumen IBPR dan Job Risk Analysis (JRA), serta mengevaluasi pengendalian JRA pada perbaikan conveyor dan tripper di Gudang Bahan Baku A. Dokumen IBPR Departemen MBU berisi 24 entri pada 12 aktivitas, mencatat penurunan risiko High dari 11 menjadi dua setelah adanya tindakan pengendalian tambahan, meski efektivitasnya belum diverifikasi. Dokumen JRA memuat 47 entri pada tujuh aktivitas dengan skor 2 hingga 16; enam entri dengan skor tertinggi terkait pekerjaan di ketinggian dan proses pengangkatan material berat. Sepuluh entri JRA yang berskor di atas 11 berasal dari bahaya yang tidak ada dalam IBPR karena perbedaan cakupan konteks kerja. Dalam hierarki pengendalian, eliminasi diterapkan pada empat entri dan substitusi lima entri. Sebagian besar pengendalian masih mengandalkan rekayasa teknik, pengendalian administratif, serta penggunaan alat pelindung diri (APD). Usulan penguatan, seperti perakitan awal di permukaan tanah, penyambungan mekanis, hingga penggunaan sensor proksimitas, telah dinilai secara kualitatif dan masih perlu divalidasi. Ke depan, penelitian lanjutan perlu menerapkan kedua pendekatan analisis tersebut secara bersamaan pada satu aktivitas kerja yang sama.

Kata kunci: Conveyor, HIRARC, IBPR, Job Risk Analysis, Pengendalian Risiko, Risiko K3, Tripper.

ABSTRACT

Occupational Health and Safety (OHS) is a fundamental aspect of maintaining industrial operations, particularly during non-routine equipment repairs. Repairs to conveyors and trippers involve complex risks, such as working at heights, material lifting, hot work, rotating equipment, and electrical hazards. Previous research at PT Petrokopindo Cipta Selaras utilized Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) through a Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) document, albeit within a different context. This exploratory study compares the HIRA document with a Job Risk Analysis (JRA) and evaluates the risk controls prescribed in the JRA for conveyor and tripper repairs at Raw Material Warehouse A. The MBU Department's HIRA document contains 24 entries covering 12 activities; it shows a reduction in "High" risk entries from 11 to two following the implementation of additional control measures, though the effectiveness of these measures has yet to be verified. The JRA document contains 47 entries across seven activities, with risk scores ranging from 2 to 16; the six entries with the highest scores relate to working at heights and heavy material lifting. Ten JRA entries with scores above 11 involve hazards not captured in the HIRA document, due to differences in the scope of the work context. Within the hierarchy of controls, elimination was applied to four entries, and substitution to five. Most controls still rely on engineering controls, administrative controls, and the use of personal protective equipment (PPE). Proposed enhancements—such as pre-assembly at ground level, mechanical joining, and the use of proximity sensors—have been qualitatively assessed but still require validation. Future research should apply both analytical approaches concurrently to the same work activity..

Keywords: Conveyor, HIRARC, IBPR, Job Risk Analysis, OSH Risk, Risk Control, Tripper.

Pendahuluan

K3 berperan penting dalam menjaga agar kegiatan industri dapat berjalan berkelanjutan, sebab hampir setiap proses operasional menyimpan kemungkinan terjadinya kecelakaan maupun penyakit akibat kerja. Data ILO menyebutkan bahwa setiap tahun sekitar 2,93 juta pekerja di dunia meninggal karena kondisi yang berhubungan dengan pekerjaan, dan sekitar 395 juta lainnya mengalami cedera yang tidak berujung kematian [1].Angka sebesar ini menegaskan bahwa keselamatan tidak cukup ditangani setelah kejadian berlangsung. Upaya pencegahan perlu dimulai lebih awal, yaitu dengan mengenali bahaya, menilai risikonya, dan menetapkan pengendalian, seperti yang menjadi penekanan ISO 45001 [2].

Metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) digunakan untuk mengidentifikasi sumber bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan dan keparahan, serta menentukan langkah pengendalian. Pada penelitian di perusahaan manufaktur pipa PVC di Jawa Timur, [3]mengidentifikasi 24 bahaya, yang terdiri atas 9 risiko medium, 11 risiko high, dan 4 risiko extreme. Penerapan identifikasi bahaya secara terstruktur terbukti memberikan wawasan komprehensif terkait titik-titik krusial operasional industri.

Meski demikian, HIRARC yang berhenti pada level aktivitas belum tentu mampu menggambarkan bahaya di tiap langkah kerja. Keterbatasan ini lebih terasa pada pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan yang sifatnya non-rutin, karena pekerjaan semacam itu kerap melibatkan pengangkatan material, kerja di ketinggian, pekerjaan panas, serta kontak dengan mesin dan sumber energi. Bahaya terjatuh dari ketinggian, terjepit, dan tertimpa memang dilaporkan pada perbaikan conveyor di industri semen [4], [5]. Risiko terjatuh dari ketinggian juga menjadi temuan utama pada pekerjaan scaffolding dan konstruksi [6], [7], [8]. Karakteristik perbaikan nonrutin menuntut pendekatan yang lebih terperinci guna mengantisipasi kondisi darurat yang berkembang cepat.

Untuk mengatasi hal itu, Job Safety Analysis (JSA) dan Job Risk Analysis (JRA) memecah suatu pekerjaan menjadi tahapan-tahapan sebelum bahaya dan risikonya ditelaah. Perpaduan JSA dengan HIRARC sudah pernah diterapkan pada pekerjaan mesin CNC [9], [10], pekerjaan penanaman pipa [11], aktivitas kerja di PT PNM Cabang Solo [12], dan melalui pemecahan pekerjaan menjadi aktivitas serta subaktivitas [13]. Hasil dari studi-studi tersebut memperlihatkan bahwa pemecahan pekerjaan membuat bahaya lebih mudah dikenali secara rinci, sehingga pengendalian dapat disesuaikan dengan tingkat risiko masing-masing.

Purbarani [10]mengombinasikan JSA dan HIRARC pada pekerjaan perawatan mesin, sedangkan Dynova dan Aulia [14] menerapkannya pada aktivitas grinding dalam pembuatan conveyor. Kedua penelitian tersebut menjadi landasan untuk menganalisis risiko K3 pada pekerjaan perbaikan conveyor di PT Petrokopindo Cipta Selaras. Pendekatan berbasis langkah terperinci terbukti mampu memetakan dinamika bahaya teknis secara spesifik.

PT Petrokopindo Cipta Selaras menjalankan usaha jasa logistik, pergudangan, pengelolaan material, dan pengemasan. Di dalamnya, pekerja berinteraksi langsung dengan material, kendaraan, mesin, dan fasilitas produksi, sehingga berbagai potensi bahaya dapat muncul. Kegiatan kerja praktik sebelumnya telah menerapkan HIRARC berdasarkan data Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) di Departemen Mobile Bagging Unit (MBU). Bahaya yang ditemukan antara lain blind spot kendaraan, kemungkinan tertabrak forklift dan wheel loader, paparan debu, dan risiko terjepit pada conveyor. Namun, cakupan penelitian itu terbatas pada operasional MBU dan belum menyentuh jasa perbaikan conveyor dan tripper yang bersifat non-rutin.

Dokumen JRA untuk pekerjaan Jasa Perbaikan Conveyor & Tripper Gudang Bahan Baku A mencatat 47 entri risiko dengan skor antara 2 dan 16. Skor tertinggi berasal dari pekerjaan di ketinggian dan pengangkatan material, sedangkan bahaya lainnya berkaitan dengan kelistrikan, pekerjaan panas, debu dan fume, kebisingan, ergonomi, serta bahan kimia. Di sisi lain, HIRARC pada penelitian terdahulu memakai parameter likelihood dan severity, sementara JRA perusahaan memakai likelihood dan consequence. Perbedaan ini menuntut penyelarasan parameter terlebih dahulu agar kedua hasil dapat dibandingkan secara hati-hati [9], [10], [13]. Perlu dicatat bahwa dokumen IBPR (percetakan dan zinc) dan JRA (perbaikan conveyor dan tripper) berasal dari konteks kerja yang berbeda, sehingga perbandingan pada penelitian ini bersifat deskriptif dan eksploratif. Kajian terdahulu menerapkan JSA dan HIRARC pada berbagai jenis pekerjaan [10], [11], [12], tetapi kajian yang secara khusus mengaitkan HIRARC berbasis IBPR dengan JRA perusahaan pada perbaikan conveyor dan tripper masih sedikit. Penerapan JSA pada perbaikan conveyor sendiri umumnya dipakai untuk mengidentifikasi bahaya dan pengendalian pada pekerjaan seperti penggantian carrier roller, perbaikan rubber skirt, dan perbaikan scraper [4], [5].

Atas dasar itu, penelitian eksploratif ini membandingkan secara deskriptif dokumen IBPR (HIRARC) dan JRA pada pekerjaan Jasa Perbaikan Conveyor & Tripper Gudang Bahan Baku A di PT

Petrokopindo Cipta Selaras. Penelitian bertujuan memetakan bahaya pada setiap tahap kerja, menyelaraskan secara konseptual parameter penilaian risiko, membandingkan karakteristik kedua dokumen, mengevaluasi pengendalian menurut hierarki pengendalian risiko, serta menilai kelayakan usulan penguatan pengendalian.

Berbeda dari studi HIRARC–JSA terdahulu yang umumnya menerapkan kedua metode pada pekerjaan yang sama, penelitian ini bekerja pada dokumen dari konteks kerja yang berbeda. Kontribusinya karena itu diposisikan secara terbatas, yaitu (i) penyetaraan eksplisit parameter severity dan consequence dari dua dokumen perusahaan, (ii) evaluasi hierarki pengendalian dengan aturan pengodean yang dapat direplikasi, (iii) pembedaan status pengendalian yang terdokumentasi, terimplementasi, dan terverifikasi, serta (iv) usulan kerangka integrasi yang belum divalidasi dan dapat diuji pada penelitian lanjutan.

Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat deskriptif eksploratif berbasis analisis dokumen, dengan analisis kualitatif dan kuantitatif untuk menelaah risiko K3 pada perbaikan conveyor dan tripper. Sisi kualitatif dipakai untuk melihat tahapan kerja, ciri bahaya, dan akibat yang mungkin muncul. Sisi kuantitatif dipakai untuk meringkas sebaran skor risiko dari nilai kemungkinan dan dampak yang tercantum pada dokumen. Alur seperti ini pernah digunakan pada studi yang menggabungkan JSA dan HIRARC, yaitu bahaya di tiap tahap dicatat lewat observasi dan dokumentasi lebih dulu, baru kemudian dinilai risikonya [15]. Objek yang diteliti adalah jasa perbaikan conveyor dan tripper di Gudang Bahan Baku A PT Petrokopindo Cipta Selaras. Pekerjaan ini dipilih karena tidak dilakukan secara rutin dan mencakup kerja di ketinggian, pengangkatan material, peralatan berputar, pekerjaan panas, peralatan listrik, serta debu dan fume. Peralatan yang terlibat antara lain chain block, webbing sling, genset, gerinda, dan las SMAW maupun OAW. Karena jenis bahayanya bisa berubah dari satu langkah ke langkah berikutnya, analisis dilakukan per tahapan pekerjaan.

Data utama berupa data sekunder dari dokumen perusahaan dan literatur terdahulu, dengan dokumen Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) serta Job Risk Analysis (JRA) sebagai sumber utama. Kedua dokumen menyediakan informasi tentang tahapan kerja, sumber bahaya, konsekuensi, nilai likelihood dan consequence, skor risiko, dan pengendalian yang sudah ada. Dokumen perusahaan juga dipakai sebagai dasar penilaian risiko pada penelitian HIRARC sebelumnya [16]. Analisis dilakukan terhadap informasi yang tercantum dalam dokumen tanpa penilaian ulang skor risiko maupun verifikasi independen atas pengendalian.

Pengamatan lapangan pendukung konteks dilakukan secara langsung bersama tim K3/HSE perusahaan pada rentang waktu sekitar jam 08.00 hingga 12.00 WIB. Pengamatan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran umum mengenai alur kerja dan kondisi lingkungan perbaikan conveyor dan tripper di area Gudang Bahan Baku (GBB) A, tanpa melakukan penilaian ulang skor risiko (risk rescoring) secara independen maupun pengujian efektivitas pengendalian secara kuantitatif. Kehadiran tim HSE memastikan seluruh aspek operasional teramati sesuai dengan batasan teknis di lapangan.

Langkah kerjanya dimulai dengan menetapkan ruang lingkup, lalu menelaah IBPR dan JRA. IBPR memberi gambaran bahaya pada level aktivitas melalui HIRARC, sementara JRA memberi rincian bahaya pada level langkah kerja. Pembagian dua level ini umum dipakai dalam kajian K3 sebelum prioritas pengendalian diputuskan [17]. Penyelarasan ini memberikan fleksibilitas dalam mengevaluasi baik bahaya umum maupun spesifik.

Pada HIRARC, risiko diperoleh dengan mengalikan likelihood dan severity ($R = L \times S$), sedangkan JRA perusahaan mengalikan likelihood dan consequence ($R = L \times C$). Memadukan peluang kejadian dan besar dampak adalah prinsip yang lazim dalam penilaian risiko K3, seperti pada penelitian yang menilai risiko lewat HIRARC setelah bahaya dikenali melalui JSA [18]. Severity dan consequence memang sama-sama menggambarkan besar dampak, tetapi skala serta definisinya tidak identik. Karena itu, kedua parameter disetarakan secara konseptual dengan memperhatikan tingkat keparahan bagi pekerja dan aset, sementara nilai aslinya di kedua dokumen dibiarkan apa adanya. Penyetaraan ini disusun dari deskripsi dampak tertulis pada kedua dokumen dan tidak melalui kalibrasi atau validasi pakar; keterbatasan ini dibahas pada subbab hasil dan keterbatasan.

Tahap berikutnya adalah mensejajarkan temuan IBPR dan JRA. Bahaya dikelompokkan menurut sumbernya: kerja di ketinggian, pengangkatan material, peralatan berputar, pekerjaan panas, kelistrikan, debu dan fume, material berat dan tajam, risiko kebakaran, serta beban ergonomis. Pengelompokan ini menghubungkan bahaya level aktivitas dari IBPR dengan bahaya yang lebih spesifik pada pekerjaan perbaikan conveyor dan tripper. Studi terdahulu menunjukkan pembagian peran yang serupa, yaitu JSA menguraikan bahaya di tiap tahap dan HIRARC menentukan tingkat

risiko serta urutan prioritasnya [17], [18]. Setelah itu, pengendalian yang tercantum di JRA dievaluasi, yakni pemeriksaan peralatan, alat bantu angkat, safety cone dan barrier, APD, APAR, fire watcher, Permit to Work, dan pengawasan petugas keselamatan. Evaluasi memakai hierarchy of controls, yang menempatkan eliminasi, substitusi, dan rekayasa teknik sebagai pengendalian paling efektif, di atas pengendalian administratif dan APD [19]. Setiap tindakan pengendalian pada JRA dikodekan oleh peneliti menurut aturan pada Tabel 1; satu entri dapat dikodekan pada lebih dari satu tingkat, dan APD dihitung terpisah dari pengendalian administratif.

Tabel 1. Aturan pengodean hierarchy of controls

Tingkat	Kriteria pengodean	Contoh pada dokumen
Eliminasi	Menghilangkan sumber bahaya atau aktivitas berbahaya sepenuhnya	Tidak memakai material korosif; menyingkirkan selang OAW dengan sambungan manual
Substitusi	Mengganti bahan, peralatan, atau metode dengan yang lebih rendah bahayanya; bahaya masih ada	Mengganti platform kayu dengan asiba
Rekayasa teknik	Isolasi atau proteksi fisik dan perangkat yang bekerja tanpa bergantung pada tindakan pekerja	Guardrail, toe board, safety net, lifeline, ELCB, grounding, emergency stop, fire blanket, chain block SWL 5 kali beban, barikade
Administratif	Prosedur, izin kerja, pelatihan, sertifikasi, inspeksi, rambu, dan pengawasan	SOP, Permit to Work, LOTO, fire watcher, pemeriksaan peralatan, pengawasan petugas K3, TKBT II
APD	Perlengkapan yang dipakai pekerja untuk melindungi diri dan tidak mengubah sumber bahaya	Harness, helm, sarung tangan, masker, kacamata las

Untuk analisis data, nilai likelihood, consequence atau severity, dan skor risiko disajikan sebagai sebaran frekuensi entri per aktivitas, kelas skor, dan kelompok bahaya. Karena skor risiko merupakan hasil perkalian dua skala ordinal, rerata skor hanya dipakai sebagai ringkasan deskriptif dan tidak dipakai untuk uji statistik. Sensitivitas pengelompokan kelas diperiksa dengan dua batas alternatif untuk kelas tinggi. Skor risiko sebagai penentu prioritas juga digunakan pada berbagai penelitian HIRARC dan JSA [15], sehingga risiko berskor tinggi, khususnya pada kerja di ketinggian dan pengangkatan material, diprioritaskan dalam evaluasi pengendalian. Pada tahap akhir, rekomendasi disusun mengikuti urutan hierarchy of controls: eliminasi, substitusi, dan rekayasa teknik dipertimbangkan lebih dulu, baru pengendalian administratif dan APD. Alasannya, pengendalian yang menghilangkan atau mengisolasi sumber bahaya biasanya memberi perlindungan lebih kuat daripada yang mengandalkan perilaku pekerja [19]. Rekomendasi difokuskan pada risiko tinggi dan konsekuensi serius, yaitu kerja di ketinggian, pengangkatan material, pekerjaan panas, peralatan berputar, dan sumber energi listrik, dan tiap usulan dinilai kelayakannya secara kualitatif (teknis, operasional, dan biaya relatif) disertai skenario penurunan risiko. Hasil akhirnya berupa pemetaan bahaya, penilaian risiko, pensejajaran IBPR dan JRA, evaluasi pengendalian, serta rekomendasi yang dapat menjadi bahan evaluasi penerapan K3 pada pekerjaan tersebut.

Hasil Dan Pembahasan

Data HIRARC berasal dari dua dokumen IBPR Departemen Mobile Bagging Unit (MBU), sedangkan data JRA berasal dari dokumen JRA pekerjaan Jasa Perbaikan Conveyor & Tripper Gudang Bahan Baku A (Tabel 2). Dokumen IBPR memuat 24 entri bahaya pada 12 aktivitas, sedangkan dokumen JRA memuat 47 entri risiko pada 7 aktivitas yang terbagi dalam 3 tahap: persiapan dan pengamanan sistem, pelaksanaan pekerjaan, serta pasca pekerjaan. Kedua dokumen mewakili dua level analisis, yaitu IBPR pada level aktivitas dan JRA pada level langkah kerja.

Tabel 2. Ringkasan data dan karakteristik unit analisis

Sumber data	Konteks pekerjaan	Aktivitas	Entri	Entri/Aktivitas	Parameter	Skor residual
IBPR Printing Code	Dept. MBU, workshop printing	3	7	2,33	L × S	Ada (sesudah)
IBPR Zinc	Dept. MBU, produksi zinc	9	17	1,89	L × S	Ada (sesudah)
Subtotal IBPR	Dept. MBU	12	24	2,00	L × S	Ada

JRA No. 472/2026	Perbaikan conveyor & tripper	7	47	6,71	L × C	Tidak ada

Unit analisis kedua dokumen tidak sebanding secara langsung. IBPR memuat rata-rata 2,00 entri per aktivitas, sedangkan JRA memuat 6,71 entri per aktivitas, dan kedua dokumen mencakup pekerjaan yang berbeda, yaitu percetakan dan produksi zinc pada IBPR serta perbaikan conveyor dan tripper pada JRA. Selisih jumlah entri (24 dan 47) mencerminkan perbedaan tingkat perincian dan cakupan pekerjaan, dan tidak diartikan sebagai perbedaan kemampuan identifikasi bahaya antara kedua metode. Seluruh perbandingan berikutnya dibaca sebagai perbandingan karakteristik dokumen.

Hasil HIRARC Berbasis IBPR

Menurut dokumen IBPR, sebelum pengendalian tambahan, 11 dari 24 entri (45,8%) berada pada kategori High dan 13 entri (54,2%) berada pada kategori Medium. Setelah pengendalian tambahan, entri High turun menjadi 2 (8,3%), Medium menjadi 17 (70,8%), dan Low menjadi 5 (20,8%) (Tabel 3). Penurunan terbesar terjadi pada proses Zinc, di mana entri High berkurang dari 10 menjadi 1, sedangkan pada proses Printing Code Karung jumlah entri High tetap 1.

Tabel 3. Distribusi tingkat risiko pada IBPR

Proses	Entri	Sebelum High	Sebelum Med	Sebelum Low	Sesudah High	Sesudah Med	Sesudah Low
Printing Code	7	1	6	0	1	6	0
Zinc	17	10	7	0	1	11	5
Total	24	11	13	0	2	17	5

Dua entri High yang tersisa adalah blind spot pada pengoperasian kendaraan di kedua proses. Kelompok bahaya yang menonjol adalah paparan bahan kimia (5 entri), interaksi dengan kendaraan (4 entri), material jatuh atau menimpa pekerja (4 entri), serta mesin dan conveyor (3 entri). Lima entri berpotensi fatality, yaitu blind spot pada kedua proses, tabrakan wheel loader, tumpukan pada hopper, dan tertimpa tumpukan pupuk.

Dokumen IBPR mencatat penurunan kategori risiko pada sebagian besar entri setelah kontrol tambahan dilakukan. Namun, kategori sesudah kontrol merupakan nilai yang tertulis dalam dokumen; penelitian ini tidak memverifikasi apakah kontrol tersebut telah diimplementasikan maupun efektif (Tabel 8), sehingga penurunan entri High dari 11 menjadi 2 belum dapat dibaca sebagai bukti efektivitas pengendalian. Di sisi lain, blind spot tetap berkategori High dan pengendalian yang tersedia berupa flagman yang bersifat administratif. Risiko yang berpotensi fatal ini perlu dikendalikan pada tingkat hierarki yang lebih tinggi, seperti pada sensor atau pemisahan jalur [19]. Karena IBPR disusun pada level aktivitas, hasil tersebut menggambarkan risiko operasional MBU, tetapi belum menguraikan langkah kerja untuk pekerjaan perbaikan conveyor dan tripper. Gambaran itu diberikan oleh JRA pada subbab berikut.

Hasil JRA pada Setiap Tahapan Pekerjaan

Skor risiko JRA berada pada rentang 2–16 dengan rerata 7,13 (Tabel 4). Tahap pelaksanaan memuat 39 dari 47 entri dengan rerata 7,67, sedangkan tahap persiapan (5 entri) memiliki skor maksimum 8 dan tahap pasca pekerjaan (3 entri) skor maksimum 6. Pada tahap pelaksanaan, install material baru memiliki jumlah entri terbanyak dengan skor 12 atau lebih (4 entri). Rerata tertinggi, yaitu 8,67, dimiliki oleh instalasi scaffolding dan instalasi material baru. Karena skor risiko merupakan hasil perkalian skala ordinal, rerata hanya digunakan sebagai ringkasan deskriptif; penekanan analisis ada pada sebaran entri dan jumlah entri dengan skor tinggi.

Tabel 4. Skor risiko JRA per aktivitas

Tahap	Aktivitas	Entri	Skor maks	Rerata	Skor ≥12
Persiapan	Mobilisasi peralatan & material	5	8	5,20	0
Pelaksanaan	Install scaffolding	6	16	8,67	2
Pelaksanaan	Pembongkaran frame, bracing, handrail	12	16	6,58	1
Pelaksanaan	Install material baru	12	16	8,67	4
Pelaksanaan	Power tools painting	5	16	6,40	1
Pelaksanaan	Uninstall scaffolding	4	16	8,00	2
Pasca	Housekeeping	3	6	3,33	0
Total	-	47	16	7,13	10

Skor 16 muncul pada enam entri, yaitu kerja di ketinggian pada lima aktivitas dan pengangkatan material pada pemasangan scaffolding. Skor 12 muncul pada empat entri, yaitu tiga pengangkatan

material dan satu percikan api dari SMAW, OAW, dan gerinda. Jika dilihat per kelompok bahaya (Tabel 5), kerja di ketinggian memiliki rerata tertinggi (16,00) karena seluruh entrinya berskor 16, disusul pengangkatan material (13,00). Kebisingan gerinda (8,00) dan pekerjaan panas (7,25) berada jauh di bawahnya. Delapan entri berdampak aset semuanya berskor 6 atau kurang, dan enam di antaranya merupakan risiko kebakaran.

Tabel 5. Skor risiko JRA per kelompok bahaya

Kelompok bahaya	Entri	Skor maks	Rerata
Kerja di ketinggian	5	16	16,00
Pengangkatan material	4	16	13,00
Kebisingan (gerinda)	1	8	8,00
Pekerjaan panas (percikan api, OAW/SMAW)	8	12	7,25
Peralatan berputar (conveyor, gerinda)	3	9	6,00
Kelistrikan (genset)	4	9	6,00
Material dan mobilisasi	7	8	5,57
Bahan kimia (cat dan thinner)	3	6	4,67
Debu dan fume	8	6	3,50
Ergonomi (gerakan berulang)	4	4	3,50

Temuan ini sejalan dengan gagasan bahwa penguraian pekerjaan ke dalam tahapan memperlihatkan bahaya yang tidak tampak pada level aktivitas. Bahaya yang paling berat, yaitu kerja di ketinggian dan pengangkatan material, baru terlihat jelas pada tahap pelaksanaan. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa pemecahan pekerjaan menjadi aktivitas atau tahapan membantu mengenali bahaya secara lebih rinci [9], [12], [13]. Bahaya terjatuh dari ketinggian, terjepit, dan tertimpa saat perbaikan conveyor juga dilaporkan dalam studi lain [4], [5]. Tingginya risiko kerja di ketinggian juga ditemukan pada pekerjaan scaffolding dan konstruksi [6], [8]. Konsentrasi risiko tinggi pada pekerjaan perbaikan juga mendukung pandangan bahwa pekerjaan perbaikan memiliki karakteristik risiko yang berbeda sehingga pengendaliannya perlu disesuaikan [10].

Penyetaraan Parameter HIRARC dan JRA

HIRARC memakai parameter likelihood dan severity, sedangkan JRA memakai likelihood dan consequence. Keduanya disetarakan secara konseptual pada empat tingkat dampak berdasarkan keterangan dampak yang tercantum di masing-masing dokumen (Tabel 6), dengan nilai asli yang tidak diubah. Langkah ini diperlukan karena severity dan consequence sama-sama menggambarkan besar dampak, tetapi skala dan definisinya tidak identik [9], [10], [13]. Penyetaraan disusun oleh peneliti berdasarkan deskripsi tertulis pada kedua dokumen, tanpa prosedur kalibrasi yang terdokumentasi, validasi pakar, atau analisis sensitivitas terhadap pemetaan tersebut. Hasilnya karena itu diperlakukan sebagai asumsi kerja untuk pembacaan deskriptif, bukan sebagai skala yang telah divalidasi.

Tabel 6. Penyetaraan konseptual parameter dampak

Tingkat dampak	Padanan pada IBPR (severity)	Padanan pada JRA (consequence)
Ringan	Iritasi, gangguan ringan	C = 1: FAI, aset insignificant
Sedang	Cedera yang memerlukan perawatan medis	C = 2: MTI/RDI, aset minor
Berat	Cedera fisik berat (patah tulang, luka bakar)	C = 3: LTI
Fatal	Fatality	C = 4: single fatality

Karena dokumen JRA tidak mencantumkan kategori tingkat risiko, skor JRA dikelompokkan menjadi tiga kelas sebagai dasar perbandingan dengan kategori IBPR: 2–4 rendah, 6–9 sedang, dan 12–16 tinggi. Dengan pengelompokan ini, 18 entri (38,3%) tergolong rendah, 19 entri (40,4%) sedang, dan 10 entri (21,3%) tinggi. Kelas ini ditetapkan oleh peneliti sehingga berfungsi sebagai pembanding, bukan sebagai kategori resmi perusahaan, dan belum diselaraskan dengan matriks risiko organisasi. Untuk menguji sensitivitas terhadap batas kelas, kelas tinggi juga dihitung hanya dari skor 16: jumlahnya menjadi 6 entri (12,8%), dan semuanya tetap berasal dari kelompok bahaya yang tidak tercakup dalam IBPR. Dengan kedua batas, temuan utama tidak berubah, tetapi proporsi kelas rendah dan sedang bergantung pada batas yang dipilih sehingga perlu dikalibrasi terhadap matriks risiko organisasi atau penilaian pakar.

Pensejajaran Hasil IBPR dan JRA

Bahaya pada IBPR dan JRA dikelompokkan berdasarkan sumbernya (Tabel 7). Pengelompokan mengikuti kelompok yang ditetapkan dalam metodologi, dengan tambahan kelompok kendaraan dan lalu lintas, bahan kimia, serta kebisingan yang muncul dalam dokumen. Enam kelompok bahaya

muncul di kedua dokumen. Lima kelompok hanya muncul pada JRA, yaitu kerja di ketinggian, pengangkatan material, pekerjaan panas (pengelasan dan pemotongan, termasuk tabung bertekanan), kebisingan, dan ergonomi. Perbedaan ini kemungkinan besar mencerminkan perbedaan konteks pekerjaan, karena aktivitas percetakan dan zinc pada IBPR tidak mencakup pekerjaan perbaikan di ketinggian atau pekerjaan panas, dan tidak dapat dibaca sebagai perbedaan kemampuan kedua metode.

Tabel 7. Keterkaitan bahaya pada IBPR dan JRA

Kelompok bahaya	IBPR (sebelum → sesudah kontrol)	JRA (skor)
Kendaraan & lalu lintas	Forklift Med → Med; blind spot High → High/Med	Kecelakaan lalu lintas saat mobilisasi: 8
Conveyor & mesin berputar	Terjepit Med → Med; tersangkut High → Med	Rotating equipment conveyor: 9; gerinda: 3–6
Kelistrikan	Electrical shock Medium → Medium	Kebocoran arus genset: 9 (manusia), 3 (aset)
Bahan kimia	Terpapar bahan kimia High → Medium	Cat dan thinner: 2–6
Debu	Medium → Low	Area kerja berdebu: 2–4
Material jatuh / tertimpa	Tertimpa pupuk/hopper High → Med	Material berat dan tajam: 6–8
Kerja di ketinggian	Tidak tercakup	16
Pengangkatan material	Tidak tercakup	12–16
Pekerjaan panas	Tidak tercakup	Skor maks 12
Kebisingan	Tidak tercakup	Gerinda: 8
Ergonomi	Tidak tercakup	Skor maks 4

Seluruh 10 entri JRA dengan skor 12 atau lebih berasal dari kelompok yang tidak tercakup dalam IBPR MBU. Hal ini menunjukkan bahwa IBPR MBU tidak dapat dipakai untuk memprioritaskan pengendalian pada pekerjaan perbaikan conveyor dan tripper, karena cakupan aktivitasnya berbeda. Karena IBPR dan JRA tidak diterapkan pada aktivitas kerja yang sama, temuan ini tidak dapat dibaca sebagai bukti bahwa kedua metode saling melengkapi dalam mendeteksi bahaya. Yang dapat dinyatakan hanyalah bahwa kedua dokumen memuat kelompok bahaya yang berbeda, dan bahwa pembagian peran antara level aktivitas dan level langkah kerja secara konseptual sejalan dengan studi JSA–HIRARC terdahulu [17], [18]. Pengujian komplementaritas memerlukan penerapan kedua pendekatan pada aktivitas yang sama (Tabel 11).

Kerangka Integrasi Usulan dan Posisi terhadap Studi Terdahulu

Karena pensejajaran di atas masih bersifat deskriptif, penelitian ini mengusulkan kerangka integrasi yang dapat direplikasi dan diuji dalam penelitian lanjutan (Tabel 11). Kerangka ini belum divalidasi dalam penelitian ini. Dibandingkan dengan studi HIRARC–JSA terdahulu [9], [13], [17], [18]yang menerapkan kedua metode pada pekerjaan yang sama, kontribusi penelitian ini terbatas pada penyetaraan eksplisit parameter dari dua dokumen perusahaan, pengodean hierarki pengendalian dengan aturan yang dapat direplikasi (Tabel 1), serta pembedaan status pengendalian (Tabel 8). Klaim bahwa pendekatan gabungan meningkatkan deteksi bahaya, konsistensi penilaian, atau prioritisasi pengendalian belum dibuktikan dan perlu diuji dengan indikator pada Tabel 11.

Tabel 8. Kerangka integrasi usulan (belum divalidasi)

No.	Langkah	Kegiatan	Indikator uji penelitian lanjutan
1	Pilih aktivitas sama	Terapkan IBPR & JRA pada aktivitas kerja yang sama	Daftar aktivitas & langkah kerja terpetakan
2	Identifikasi independen	Penilai berbeda menyusun IBPR & JRA secara terpisah	Jumlah bahaya unik & proporsi overlapping
3	Selaraskan skala	Kalibrasi L, S, C dengan pakar & matriks risiko	Kesepakatan inter-rater (weighted kappa)
4	Gabung & prioritaskan	Gabungkan temuan per kelompok & urutkan prioritas	Konsistensi peringkat prioritas antarmetode
5	Kodekan & nilai kontrol	Kodekan pengendalian (Tabel 1) & nilai kelayakan	Distribusi hierarki & penilaian kelayakan
6	Verifikasi	Verifikasi implementasi di lapangan & nilai skor residual	Skor residual terverifikasi & insiden

Evaluasi Pengendalian Berdasarkan Hierarchy of Controls

Status pengendalian dibedakan menjadi tiga, yaitu terdokumentasi (tertulis dalam dokumen), terimplementasi (dipastikan berjalan di lapangan), dan efektivitas terverifikasi (dibuktikan melalui skor risiko residual atau data insiden). Penelitian ini hanya dapat memastikan status pertama (Tabel 8).

Tabel 9. Status pengendalian pada dokumen yang dianalisis

Dokumen	Terdokumentasi	Terimplementasi	Efektivitas terverifikasi
IBPR (MBU)	Ya: kontrol tambahan pada 24 entri	Tidak diverifikasi	Tidak: penurunan High adl tertulis
JRA (perbaikan)	Ya: pengendalian ada pada 47 entri	Tidak diverifikasi	Tidak: JRA tanpa skor residual

Pengendalian pada setiap entri JRA dikodekan menurut aturan pada Tabel 1. Pengendalian terkonsentrasi pada rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan APD (Tabel 9). Eliminasi hanya ditemukan pada 4 entri, misalnya dengan tidak memakai material korosif dan menyingkirkan selang OAW dengan sambungan manual. Substitusi ditemukan pada 5 entri, misalnya mengganti platform kayu dengan asiba. Kesepuluh entri berskor 12 atau lebih memuat rekayasa teknik (guardrail, toe board, safety net, lifeline, chain block dengan SWL 5 kali beban, fire blanket), pengendalian administratif, dan APD. Tidak satu pun memuat eliminasi, dan hanya tiga yang memuat substitusi.

Tabel 10. Tingkat hierarchy of controls pada 47 entri JRA

Tingkat pengendalian	Entri	Persentase
Eliminasi	4	8,5%
Substitusi	5	10,6%
Rekayasa teknik	33	70,2%
Administratif	47	100,0%
Alat pelindung diri (APD)	47	100,0%

Sebanyak 13 entri (27,7%) hanya memuat pengendalian administratif dan APD. Entri tersebut umumnya berupa debu, ergonomi, fume dan cahaya pengelasan, serta material berserakan, dengan skor tidak lebih dari 6. Pada IBPR, kontrol tambahan didominasi oleh pengendalian administratif dan APD (flagman, pelatihan, inspeksi rutin, SOP), dengan sebagian rekayasa teknik (sensor penghenti otomatis, interlock agitator, ventilasi, penutup drum).

Menurut NIOSH [19], eliminasi, substitusi, dan rekayasa teknik lebih efektif daripada pengendalian administratif dan APD. Bahaya dengan skor tertinggi pada JRA masih bertumpu pada rekayasa teknik, prosedur administratif, dan APD, sedangkan eliminasi tidak ditemukan dan substitusi masih terbatas. Karena itu, ruang penguatan terbesar ada pada pengurangan paparan di sumbernya. Pola yang sama terlihat pada IBPR, ketika blind spot tetap tinggi dan hanya dikendalikan oleh flagman, sehingga pengendalian yang lebih tinggi dalam hierarki, seperti sensor atau pemisahan jalur, perlu dipertimbangkan. Kecenderungan serupa tampak pada JSA perbaikan carrier roller belt conveyor, yang rekomendasi pencegahannya sebagian besar berupa penggunaan APD dan penguncian energi (LOTO) [5]. Pola serupa dilaporkan pada pergudangan pelabuhan, yang pengendaliannya dominan administratif dan APD tanpa eliminasi, substitusi, maupun rekayasa teknik [2], serta pada pekerjaan scaffolding, yang pengendaliannya berupa inspeksi peralatan dan kelengkapan APD [7].

Prioritas Rekomendasi Pengendalian

Rekomendasi difokuskan pada bahaya berisiko tinggi dan berkonsekuensi serius, dengan urutan hierarki dari eliminasi hingga APD (Tabel 10). Kelompok yang menjadi prioritas adalah kerja di ketinggian, pengangkatan material, pekerjaan panas, peralatan berputar, dan sumber energi listrik, ditambah blind spot kendaraan yang tetap High pada IBPR. Setiap usulan dinilai secara kualitatif pada kelayakan teknis, kendala operasional, biaya relatif, dan skenario penurunan risiko.

Tabel 11. Usulan penguatan pengendalian dan penilaian kelayakan awal

Bahaya (skor)	Usulan penguatan	Kelayakan & Kendala	Biaya	Skenario penurunan risiko
Kerja ketinggian (16)	Perakitan awal di bawah; akses mekanis; proteksi pasif	Layak bila ada lay-down. Kendala: ruang GBB & SWL angkat	Rendah–sedang	L turun 1 tingkat (4→3), skor 16→12 (tetap High)
Pengangkatan material (12–16)	Kurangi frekuensi angkat di atas; rigging plan; signal man	Layak prosedural. Kendala: ketersediaan personel kompeten	Rendah	L turun 1 tingkat: 16→12, 12→8–9
Pekerjaan panas (12)	Penyambungan mekanis (baut); tambah fire blanket	Layak bila toleransi pas. Kendala: pengeboran/analisis teknik	Sedang	Percikan api sambungan baut tereliminasi
Conveyor & listrik (9)	Pertahankan LOTO, ELCB, grounding; verifikasi energi	Layak dan sudah standar. Tidak ada kendala berarti	Rendah	Kontrol dipertahankan

	nol			(risiko terkelola)
Blind spot (High, IBPR)	Sensor proksimitas / kamera; pemisahan jalur pejalan kaki	Layak teknis. Kendala: debu & ruang jalur pejalan kaki	Sedang	Perlu penilaian ulang skala L & S

Usulan untuk kerja di ketinggian dan pengangkatan material menekankan pengurangan paparan di sumbernya, misalnya melalui perakitan awal di permukaan tanah, karena kedua kelompok ini memiliki skor tertinggi tetapi belum mencakup eliminasi. Perakitan awal mengurangi durasi kerja di ketinggian tetapi dapat menambah frekuensi pengangkatan modul, sehingga harus disertai verifikasi titik tumpu dan rigging plan. Pada skenario penurunan satu tingkat likelihood, skor 16 turun menjadi 12 sehingga entri tersebut masih berada pada kelas tinggi dan proteksi pasif yang ada tetap perlu dipertahankan. Pada pekerjaan panas, penyambungan mekanis hanya dipertimbangkan untuk sambungan yang secara teknik memungkinkan. Pengendalian pada conveyor dan kelistrikan dipertahankan dengan verifikasi kondisi energi nol sebelum pekerjaan dimulai. Seluruh usulan belum diuji di lapangan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, dokumen IBPR dan JRA berasal dari konteks kerja yang berbeda dan tidak diterapkan pada aktivitas yang sama, sehingga perbedaan identifikasi bahaya tidak dapat dikaitkan dengan kemampuan masing-masing metode dan klaim integrasi hanya bersifat deskriptif. Kedua, analisis bertumpu pada dokumen perusahaan tanpa penilaian ulang likelihood dan consequence secara independen. Pengamatan lapangan yang dilakukan terbatas pada observasi visual terhadap konteks alur kerja bersama tim HSE pada rentang waktu jam 08.00–12.00 WIB, tanpa menggunakan formulir inspeksi/checklist terstruktur yang independen serta tanpa verifikasi kualifikasi penyusun dan verifikator dokumen IBPR/JRA perusahaan secara mendalam. Oleh karena itu, pengamatan tidak dianggap sebagai verifikasi independen atas skor risiko atau efektivitas pengendalian. Ketiga, skor risiko berasal dari skala ordinal sehingga rerata hanya bermakna secara deskriptif. Keempat, penyetaraan severity dan consequence tidak dikalibrasi atau divalidasi oleh pakar, dan kelas risiko JRA ditetapkan oleh peneliti, bukan berdasarkan matriks risiko organisasi; uji sensitivitas dibatasi pada dua batas kelas. Kelima, JRA tidak mencantumkan skor risiko residual dan implementasi pengendalian tidak diverifikasi, sehingga efektivitas pengendalian tidak dapat diukur. Keenam, pengodean hierarki pengendalian dilakukan oleh peneliti tanpa uji keandalan antarpengode, dan penilaian kelayakan usulan bersifat kualitatif tanpa rincian biaya.

Simpulan

Penelitian eksploratif ini membandingkan secara deskriptif dokumen IBPR (HIRARC) dan JRA pada pekerjaan jasa perbaikan conveyor & tripper Gudang Bahan Baku A di PT Petrokopindo Cipta Selaras. Dokumen JRA memuat 47 entri risiko pada tujuh aktivitas dalam tiga tahap kerja, dengan skor 2–16 dan rerata 7,13 sebagai ringkasan deskriptif atas skor ordinal. Risiko terkonsentrasi pada tahap pelaksanaan, dengan 39 entri dan rerata 7,67. Skor 16 muncul pada enam entri, yaitu kerja di ketinggian pada lima aktivitas dan pengangkatan material pada pemasangan scaffolding, sedangkan skor 12 muncul pada empat entri yang berkaitan dengan pengangkatan material dan percikan api pada pekerjaan panas.

Parameter severity pada IBPR dan consequence pada JRA disetarakan secara konseptual ke empat tingkat dampak tanpa mengubah nilai aslinya, serta tanpa kalibrasi atau validasi pakar. Berdasarkan kelas yang ditetapkan peneliti, 18 entri JRA (38,3%) tergolong rendah, 19 entri (40,4%) sedang, dan 10 entri (21,3%) tinggi; dengan batas tinggi hanya skor 16, entri tinggi menjadi 6 (12,8%). Pada IBPR, dokumen mencatat penurunan entri High dari 11 menjadi 2 dari 24 entri setelah kontrol tambahan, tetapi implementasi dan efektivitasnya tidak diverifikasi dan blind spot kendaraan tetap High. Enam kelompok bahaya muncul di kedua dokumen, sedangkan lima kelompok hanya muncul pada JRA. Seluruh 10 entri JRA berskor 12 atau lebih berasal dari kelompok yang tidak tercakup dalam IBPR MBU. Karena kedua dokumen berasal dari konteks kerja yang berbeda, temuan ini menunjukkan perbedaan cakupan dokumen dan belum membuktikan bahwa kedua metode saling melengkapi.

Evaluasi berdasarkan hierarchy of controls menunjukkan bahwa pengendalian pada JRA bertumpu pada rekayasa teknik (70,2%), pengendalian administratif (100%), dan APD (100%), sedangkan eliminasi hanya ada pada 4 entri (8,5%) dan substitusi pada 5 entri (10,6%). Tidak ada entri berskor 12 atau lebih yang memuat eliminasi. Karena itu, usulan penguatan diarahkan pada pengurangan paparan di sumbernya: perakitan awal di permukaan tanah dan pertimbangan akses mekanis; pengurangan frekuensi angkat di ketinggian disertai verifikasi titik tumpu dan rigging plan; penyambungan mekanis pada pekerjaan panas bila memungkinkan; serta sensor proksimitas atau

kamera dan pemisahan jalur pejalan kaki untuk blind spot kendaraan. Penilaian kelayakan awal bersifat kualitatif dan seluruh usulan perlu divalidasi sebelum diterapkan.

Penelitian selanjutnya disarankan menerapkan IBPR dan JRA pada aktivitas kerja yang sama dengan penilai independen dan protokol observasi yang terdokumentasi, mengalibrasi skala penilaian bersama pakar dan matriks risiko organisasi disertai analisis sensitivitas, menyusun skor risiko residual dan memverifikasi implementasi pengendalian, serta menguji kerangka integrasi pada Tabel 8.

Daftar Pustaka

[1] International Labour Organization, "EU-ILO Partnership: Safe and Healthy Workplaces for All," International Labour Organization. Accessed: Oct. 18, 2024. [Online]. Available: https://www.ilo.org/publications/eu-ilo-partnership-safe-and-healthy-workplaces-all

[2] W. Ananda Larasati and M. (2025) Larasati, W. A., Wirawan, D. A. P., Amanda, S. T., & Hartanto, "Risk Assessment Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada Pergudangan di Pelabuhan XYZ Menggunakan Metode HIRADC Indonesian Journal of Maritime," *J. Kemaritiman Indones. J. Marit.*, vol. 6, no. 1, pp. 13–24, 2025.

[3] C. Chandra, I. Thomas, P. Adi, F. T. Industri, and U. K. Petra, "Analisis Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Menggunakan Metode Hirarc : Sebuah Studi Kasus Computer Science | Industrial Engineering | Mechanic Engineering | Civil Engineering J-ENSISTEC (Journal of Engineering and Sustainable Technology) Computer S," vol. 10, no. 01, pp. 892–899, 2023.

[4] J. Mardiah and I. Ikhsanudin, "Perbaikan Rubber Skirt Mesin Belt Conveyor di PT. Cemindo Gemilang Tbk. Analisis Potensi Bahaya dan Pengendaliannya," *Mot. Bakar J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, p. 1, 2025, doi: 10.31000/mbjtm.v9i1.13198.

[5] E. Warni and H. Abdilah, "Analisis Penerapan K3 Pada Perbaikan Carrier roller Belt Conveyor Di Area L21 Bc1-Bc3 Di Pt Cemindo Gemilang Bayah Tbk," *J. Ilm. Surya Tek.*, vol. 9, no. 1.

[6] G. R. Dharmawan, I. Suhermin Ingsih, and D. B. Santoso, "Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja K3 Di Proyek Arumaya Office Tower Dengan Metode Hirarc Dan Jsa," *J. Rekayasa Sipil* |, vol. 512, no. 2, pp. 512–520, 2025.

[7] C. Lumba, K. Rusba, and J. E. A. Liku, "Ketinggian Menggunakan Scaffolding Di," vol. 11, no. 3, pp. 457–460, 2025.

[8] M. R. Ramadhan and E. Dhartikasari, "Analysis of Occupational Health and Safety Risk Level Using the Hazop Method At Pt. Fjm," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 8, no. 6, pp. 2000–2007, 2025.

[9] D. Wardana *et al.*, "Implementasi Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Pekerjaan Mesin Cnc Menggunakan Metode Jsa Dan Hirarc," *J. Keselam. Transp. Jalan (Indonesian J. Road Safety)*, vol. 10, no. 2, pp. 145–156, 2023, doi: 10.46447/ktj.v10i2.562.

[10] T. Purbarani, "Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Job Safety Analysis (JSA) dengan Pendekatan Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) (Studi Kasus: Departemen Preventive Maintenance, PT Phapros TBK.)," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 13 (4), 2024.

[11] M. R. Trisnaryanto and U. Amrina, "Analisis Potensi Bahaya dan Risiko Menggunakan Metode HIRARC dan JSA pada Proses Pekerjaan Penanaman Pipa BBM Boyolali-Semarang," *Proceeding Mercu Buana Conf. Ind. Eng.*, vol. 6, p. 384, 2024.

[12] M. D. Febriansyah, E. Indriastiningsih, A. Widiyanto, and F. Sutrisno, "Analisis Identifikasi Bahaya Kecelakaan Kerja Menggunakan Job Safety Analusis (Jsa) Dengan Pendekatan Hazard Identification, Risk Assessment And Risk Control (Hirarc) Di Pt Pnm Cabang Solo," 2024.

[13] I. S. Ari and Lukmandono, "Integrasi Job Safety Analysis (JSA) dan Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Guna Mencegah Risiko Kecelakaan Kerja," *Pros. SENASTITAN Semin. ...*, no. Senastitan Iv, pp. 1–6, 2024, [Online]. Available: https://ejurnal.itats.ac.id/senastitan/article/view/5327%0Ahttps://ejurnal.itats.ac.id/senastitan/article/download/5327/3800

[14] A. P. Dynova and A. Z. Aulia, "Analisis Keselamatan Kerja pada Aktivitas Grinding dalam Proses Pembuatan Conveyor di PT XYZ," *J. Ind. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 203–210, 2026, doi: 10.36277/jietech.v2i2.155.

[15] D. Darmawan, "Evaluasi Unsafe Action dan Unsafe Condition Terhadap Tenaga Kerja Bongkar Muat dengan Metode Job Safety Analysis," Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, 2020.

[16] Gustav, Ayu Prima Kartika, Rici Riansyah, and Afrian Eskartya Harjono, "Identifikasi Bahaya

dan Penilaian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode HIRARC pada Perusahaan Makanan," *OBAT J. Ris. Ilmu Farm. dan Kesehat.*, vol. 4, no. 3, pp. 86–101, 2026, doi: 10.61132/obat.v4i3.2279.

[17] S. Anjani and E. Ismiyah, "Analisis Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Metode Job Safety Analysis (Jsa) Dan Hazard Identification, Risk Assessment & Risk Control (Hirarc) Di Bengkel Fabrikasi Pt Abc Occupational Health And Safety (Ohs) Analysis Using Job Safety Analysis (Jsa) And Hazard Identification, Risk Assessment & Risk Control (Hirarc) Methods At Pt Abc Fabrication Workshop," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 8, no. 5, 2025.

[18] M. Ahnaf, F. Hibatullah, E. Dhartikasari Priyana, and A. W. Rizqi, "Analisis Potensi Bahaya Menerapkan Metode Jsa Dan Hirarc Pada Departemen Civil Dan Electrical Pt. Abc Identification Of Potencial Hazards Using Jsa And Hirarc Method In The Civil And Electrical Department Of Pt. Abc," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 7, no. 3, 2024.

[19] NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health, "Hierarchy of Controls." [Online]. Available: https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/index.html