

Evaluation of the Effectiveness of the HIRADC Method in Reducing Occupational Safety Risks in Concrete Work for WWTP Basin Construction

[Evaluasi Efektivitas Metode HIRADC terhadap Penurunan Risiko Keselamatan Kerja pada Pekerjaan Beton Kolam IPAL]

Ari Setia Maulana¹⁾, Muhammad Alvan Rizki ^{*,2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: alvanrizki@umsida.ac.id

Abstract. *The implementation of occupational safety and health on construction projects is essential to reduce the likelihood of accidents, particularly in tasks carried out in high-risk areas. This study aims to evaluate the level of hazards and OHS risks associated with concrete work on a WWTP tank by applying the HIRADC method (Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control), as well as to assess the effectiveness of the control measures used on site. Data were collected through direct field observations and questionnaires distributed to 40 respondents, consisting of workers, foremen, and supervisors. The data were analyzed using IBM SPSS Statistics 27 through validity and reliability testing, descriptive analysis, and a paired sample t-test. The assessment identified 20 potential hazards in the excavation area with a depth of approximately 2.5 meters, most of which were categorized as high to very high risk prior to the implementation of controls. After technical and administrative measures and the use of PPE were applied, the risk matrix indicated a shift toward medium and low-risk categories. The Sig. (2-tailed) value of < 0.05 demonstrates a significant reduction in risk, confirming that the HIRADC method is effective in improving safety performance for high-risk concrete works.*

Keywords - HIRADC, Occupational Safety, Risk Assessment, Concrete Work, WWTP

Abstrak. *Penerapan keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek konstruksi merupakan hal yang sangat penting untuk mengurangi peluang terjadinya kecelakaan, terutama pada aktivitas yang berlangsung di area dengan tingkat risiko tinggi. Penelitian ini bertujuan menilai tingkat bahaya dan risiko K3 pada pekerjaan pengecoran beton kolam IPAL melalui metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control), sekaligus meninjau seberapa efektif pengendalian yang diterapkan di lokasi proyek. Data diperoleh melalui observasi lapangan serta penyebaran kuesioner kepada 40 responden, yang meliputi pekerja, mandor, dan pengawas. Analisis dilakukan menggunakan IBM SPSS Statistics 27 melalui uji validitas, reliabilitas, analisis deskriptif, dan uji paired sample t-test. Hasil identifikasi menunjukkan adanya 20 potensi bahaya di area galian sedalam $\pm 2,5$ meter, dengan sebagian besar berada pada risiko tinggi hingga sangat tinggi sebelum pengendalian dilakukan. Setelah pengendalian teknis, administratif, dan penggunaan APD diterapkan, matriks tingkat risiko memperlihatkan penurunan ke kategori sedang hingga rendah. Nilai Sig. (2-tailed) $< 0,05$ menegaskan bahwa penurunan risiko tersebut signifikan, sehingga metode HIRADC terbukti efektif dalam meningkatkan keselamatan kerja pada aktivitas pengecoran beton yang memiliki tingkat risiko tinggi.*

Kata Kunci - HIRADC, K3 Konstruksi, Penilaian Risiko, Pekerjaan Beton, IPAL.

I. PENDAHULUAN

Sektor konstruksi secara konsisten menempati posisi sebagai salah satu bidang pekerjaan dengan tingkat kecelakaan kerja yang relatif tinggi di Indonesia. Karakteristik pekerjaan yang melibatkan peralatan berat, aktivitas di area terbatas, serta kondisi lapangan yang berubah-ubah menjadikan proyek konstruksi memiliki kompleksitas risiko yang signifikan. Berdasarkan laporan kecelakaan kerja nasional tahun 2023, proyek konstruksi masih tercatat sebagai kontributor utama insiden kerja, sehingga penguatan sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menjadi kebutuhan yang tidak dapat diabaikan. [1]

Pengelolaan risiko dalam sistem K3 memerlukan pendekatan yang terstruktur agar potensi bahaya dapat dikendalikan sejak tahap awal pekerjaan. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control* (HIRADC), yaitu suatu prosedur sistematis yang mencakup identifikasi sumber bahaya, penilaian tingkat risiko berdasarkan kemungkinan dan dampaknya, serta penetapan langkah pengendalian yang sesuai. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa implementasi HIRADC yang konsisten

mampu menurunkan tingkat risiko kecelakaan pada proyek konstruksi, terutama apabila didukung oleh pengawasan dan evaluasi berkala.[2]

Pekerjaan beton kolam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Kawasan Industri Tuban memiliki karakteristik risiko yang spesifik. Aktivitas konstruksi dilakukan pada area galian dengan kedalaman sekitar $\pm 2,5$ meter, kondisi tanah yang lembap, serta ruang gerak pekerja yang terbatas. Situasi tersebut berpotensi menimbulkan berbagai bahaya, antara lain longsor dinding galian, terpeleset akibat genangan air, paparan material beton yang bersifat iritatif, hingga cedera yang berasal dari penggunaan alat berat maupun alat pemadat beton.[3] Kompleksitas tersebut menuntut adanya sistem pengendalian risiko yang disusun secara sistematis dan berbasis evaluasi lapangan.

Penelitian ini dibatasi pada analisis risiko pekerjaan beton kolam IPAL di Kawasan Industri Tuban dengan menggunakan metode HIRADC sebagai alat identifikasi dan penilaian risiko. Proses pengolahan data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik SPSS terhadap 40 responden yang terlibat langsung dalam aktivitas pekerjaan berisiko. Aspek biaya, produktivitas, serta durasi pelaksanaan proyek tidak menjadi bagian dari pembahasan dalam studi ini.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi potensi bahaya yang muncul pada pekerjaan beton kolam IPAL, menentukan tingkat risiko berdasarkan metode HIRADC, serta mengevaluasi efektivitas pengendalian yang diterapkan dalam menurunkan tingkat risiko di lapangan. Secara praktis, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi peningkatan pengendalian K3 pada pekerjaan pengecoran beton berisiko tinggi. Secara akademik, kajian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan literatur mengenai penerapan HIRADC sebagai instrumen evaluasi risiko dalam proyek konstruksi, sekaligus memperkuat pentingnya pendekatan penilaian berbasis indikator dalam sistem keselamatan kerja..

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan karakter deskriptif-evaluatif untuk menilai efektivitas penerapan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) dalam menurunkan tingkat risiko keselamatan kerja pada pekerjaan beton kolam IPAL di Kawasan Industri Tuban. Pendekatan ini memungkinkan penggambaran kondisi risiko aktual di lapangan sekaligus mengukur perubahan tingkat risiko dalam bentuk data numerik sebelum dan setelah tindakan pengendalian dilakukan. Dengan basis pengukuran tersebut, evaluasi efektivitas metode dilakukan secara objektif dan terukur [4], [5].

Lokasi penelitian berada pada proyek pembangunan kolam IPAL yang dilaksanakan oleh PT Kalam Leverage Mulia di Kawasan Industri Tuban. Area kerja berupa galian berdimensi $\pm 30 \times 15$ meter dengan kedalaman sekitar 2,5 meter. Karakteristik pekerjaan ini memiliki tingkat kerentanan tinggi, terutama terhadap potensi longsor dinding galian, risiko jatuh ke dalam area kerja, serta bahaya mekanis selama proses pembesian dan pengecoran. Pengumpulan data dilakukan pada periode Juni hingga Oktober 2025, yaitu saat tahapan utama pekerjaan konstruksi berlangsung, meliputi penggalian, pemasangan tulangan, pemasangan bekisting, dan pengecoran beton. Pemilihan periode tersebut dimaksudkan agar identifikasi risiko dilakukan pada fase dengan intensitas aktivitas tertinggi [6].

Subjek penelitian terdiri atas tenaga kerja yang terlibat langsung dalam pekerjaan beton di area galian, termasuk pekerja lapangan, mandor, pengawas, dan petugas K3 proyek. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling, yaitu pemilihan responden berdasarkan keterlibatan mereka dalam aktivitas yang memiliki potensi bahaya signifikan. Sebanyak 40 responden dipandang cukup merepresentasikan variasi jenis pekerjaan dan tingkat tanggung jawab di lapangan, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai penerapan sistem keselamatan kerja [7].

Data penelitian dikumpulkan melalui tiga metode utama, yaitu observasi langsung, penyebaran kuesioner, dan studi literatur. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan beton dengan memperhatikan metode kerja, kondisi alat, situasi lingkungan kerja, serta stabilitas galian dan akses kerja. Hasil observasi ini menjadi dasar penyusunan daftar bahaya pada tahap identifikasi dalam analisis HIRADC [8].

Instrumen kuesioner disusun menggunakan skala Likert lima tingkat dan memuat 20 butir pernyataan yang terbagi ke dalam empat variabel, yaitu identifikasi bahaya, penilaian risiko, pengendalian risiko, serta efektivitas penerapan HIRADC. Kuesioner digunakan untuk memperoleh data persepsi pekerja mengenai tingkat risiko sebelum dan setelah penerapan pengendalian, sehingga perubahan risiko dapat dianalisis secara kuantitatif [9].

Studi literatur dilakukan untuk memperkuat landasan konseptual penelitian, mencakup teori keselamatan dan kesehatan kerja, prinsip penerapan HIRADC, matriks evaluasi risiko, serta hierarki pengendalian bahaya. Kajian ini juga merujuk pada ketentuan regulasi K3 di Indonesia, khususnya Permenaker Nomor 5 Tahun 2018 yang mengatur kewajiban identifikasi dan penilaian risiko secara berkala pada kegiatan kerja [10]. Penelitian terdahulu juga digunakan sebagai pembandingan untuk memperkuat relevansi dan posisi penelitian ini [11], [12].

Proses analisis dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu analisis risiko menggunakan HIRADC dan pengujian statistik. Pada tahap HIRADC, setiap potensi bahaya yang teridentifikasi dinilai berdasarkan dua parameter, yaitu tingkat keparahan dampak (*severity*) dan kemungkinan terjadinya (*likelihood*) dengan rentang skor 1–5. Nilai risiko diperoleh dari hasil perkalian kedua parameter tersebut ($R = S \times L$), kemudian dikelompokkan ke dalam kategori rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Pengelompokan ini digunakan untuk menentukan prioritas pengendalian pada bahaya dengan tingkat risiko paling signifikan [13].

Tahap penentuan pengendalian mengacu pada hierarki pengendalian risiko yang meliputi eliminasi, substitusi, rekayasa teknis, pengendalian administratif, serta penggunaan alat pelindung diri. Evaluasi efektivitas pengendalian dilakukan dengan membandingkan tingkat risiko sebelum dan sesudah tindakan pengendalian serta mempertimbangkan persepsi pekerja terhadap penerapan K3 di lapangan [7].

Pengujian statistik dilakukan untuk memastikan kualitas instrumen dan mengukur perbedaan tingkat risiko. Uji validitas menggunakan korelasi Pearson dengan taraf signifikansi 0,05 untuk memastikan setiap butir pernyataan mampu merepresentasikan variabel penelitian. Uji reliabilitas dilakukan melalui koefisien *Cronbach's Alpha*, dengan nilai di atas 0,70 menunjukkan konsistensi internal yang baik. Untuk mengetahui perbedaan tingkat risiko sebelum dan sesudah penerapan pengendalian, digunakan *uji paired sample t-test*. Metode HIRADC dinilai efektif apabila nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) lebih kecil dari 0,05, yang menunjukkan adanya penurunan risiko yang bermakna secara statistik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya dilakukan pada seluruh tahapan pekerjaan beton kolam IPAL meliputi penggalian, pembesian, pemasangan *bekisting*, pengecoran, dan *finishing*. Berdasarkan observasi lapangan dan masukan responden, ditemukan 20 potensi bahaya utama yang dapat menimbulkan cedera ringan hingga kecelakaan fatal.

Tabel 1. Identifikasi Bahaya

No	Aktivitas	Potensi Bahaya / Dampak
1	Penggalian	Runtuhan dinding galian / pekerja tertimbun
2		Longsoran material di dasar galian / terperangkap
3		Genangan air di dasar galian / tergelincir
4		Paparan udara terbatas / sesak napas
5	Pengecoran	Tercipratnya beton segar ke kulit dan mata / iritasi
6		Selang pemompaan lepas / tersiram beton, terseret
7		Overvibrasi / terpentalnya material, cedera kepala dan badan
8		Kelebihan beban pada bekisting / runtuhnya struktur sementara
9	Penulangan	Terpeleset pada permukaan licin saat memasang tulangan / patah tulang dan memar
10		Tertusuk oleh besi tulangan / luka tusuk, perdarahan, risiko infeksi
11		Pengangkatan beban manual tanpa alat bantu / cedera punggung dan kelelahan
12		Jatuhnya bahan dari ketinggian saat pemasangan tulangan / cedera anggota tubuh
13	Scaffolding	Ketidakstabilan perancah / terjatuh dari ketinggian
14		Kegagalan sambungan atau pengikatan perancah / tertimpa pekerja
15		Ketiadaan atau kelalaian penggunaan lifeline atau safety belt / meningkatnya risiko jatuh
16		Barang atau material terjatuh dari perancah / menimpa pekerja di bawah
17	Finishing	Paparan debu semen berlebih / iritasi saluran pernapasan
18		Kontak kulit berkepanjangan dengan bahan kimia / dermatitis kontak, luka kulit
19		Penggunaan alat potong/gerinda tanpa pelindung / luka pemotongan
20		Kebisingan alat yang tinggi / gangguan pendengaran

Hasil observasi lapangan proyek IPAL Kawasan Industri Tuban.

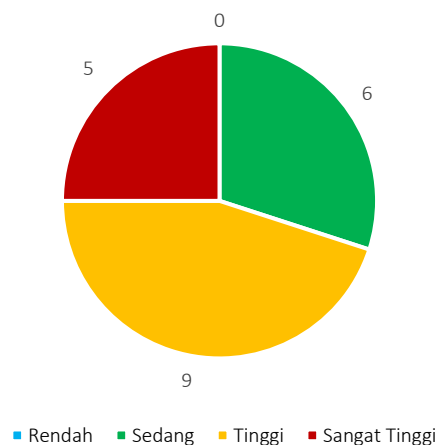
Secara umum, kegiatan dengan tingkat bahaya tertinggi berada pada aktivitas penggalian dan pekerjaan di perancah, di mana risiko runtuh dinding tanah, longsoran material, dan ketidakstabilan scaffolding menjadi dominan. Hal ini sejalan dengan karakteristik pekerjaan beton di area galian yang memiliki akses terbatas dan kondisi tanah berpotensi jenuh air. Potensi bahaya lainnya berasal dari aktivitas mekanis, seperti selang pompa beton yang lepas, serta risiko ergonomi pada pengangkatan manual.[14]

B. Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Penilaian risiko dilakukan berdasarkan parameter *severity* (S) dan *likelihood* (L). Nilai risiko dihitung menggunakan rumus $R = S \times L$, kemudian diklasifikasikan ke dalam empat kategori: rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

Tabel 2. Penilaian Risiko

No		Potensi Bahaya	$R = S \times L$	Kategori Risiko
1	Penggalian	Runtuhan dinding galian	20 (5x4)	Sangat Tinggi
2		Longsoran material di dasar galian	12 (4x3)	Tinggi
3		Genangan air di dasar galian	9 (3x3)	Tinggi
4		Paparan udara terbatas	10 (5x2)	Tinggi
5	Pengecoran	Tercipratnya beton segar ke kulit dan mata	6 (3x2)	Sedang
6		Selang pemompaan lepas	12 (4x3)	Tinggi
7		Overvibrasi	6 (3x2)	Sedang
8		Kelebihan beban pada bekisting	15 (5x3)	Sangat Tinggi
9	Penulangan	Terpeleset pada permukaan licin saat memasang tulangan	9 (3x3)	Tinggi
10		Tertusuk oleh besi tulangan	12 (4x3)	Tinggi
11		Pengangkatan beban manual tanpa alat bantu	12 (3x4)	Tinggi
12		Jatuhnya bahan dari ketinggian saat pemasangan tulangan	12 (4x3)	Tinggi
13	Scaffolding	Ketidakstabilan <i>Scaffolding</i>	15 (5x3)	Sangat Tinggi
14		Kegagalan sambungan atau pengikatan <i>Scaffolding</i>	15 (5x3)	Sangat Tinggi
15		Ketiadaan atau kelalaian penggunaan lifeline / safety belt	15 (5x3)	Sangat Tinggi
16		Barang atau material terjatuh dari <i>Scaffolding</i>	12 (4x3)	Tinggi
17	Finishing	Paparan debu semen berlebih	6 (2x3)	Sedang
18		Kontak kulit dengan bahan kimia	6 (3x2)	Sedang
19		Penggunaan alat potong/gerinda tanpa pelindung	8 (4x2)	Sedang
20		Kebisingan alat yang tinggi	6 (3x2)	Sedang



Gambar 1. Kategori Risiko

Hasil penilaian menunjukkan bahwa:

- 5 potensi bahaya masuk kategori sangat tinggi (15–20) Termasuk runtuh dinding galian, ketidakstabilan perancah, kegagalan sambungan perancah, dan kelebihan beban bekisting.
- 9 potensi bahaya berada pada kategori tinggi (9–12) Terutama pada pekerjaan pembesian dan pengecoran.
- 6 potensi bahaya masuk kategori sedang (6–8) Seperti paparan debu semen, kebisingan alat, dan percikan beton segar. Tidak ditemukan risiko pada kategori rendah.

Dominasi risiko tinggi dan sangat tinggi disebabkan oleh kondisi area kerja yang terbatas, alat berat yang bekerja berdekatan dengan pekerja, serta tingginya aktivitas mekanis. Temuan ini menguatkan hasil penelitian [15] yang menyatakan bahwa pekerjaan beton pada kondisi ruang terbatas memiliki skor risiko yang lebih tinggi dibanding pekerjaan di ruang terbuka.

C. Penentuan Pengendalian (*Determining Control*)

pengendalian risiko dilakukan dengan mengacu pada prinsip *Hierarchy of Control*, yang mencakup penerapan rekayasa teknis, pengendalian secara administratif, serta pemanfaatan alat pelindung diri. Setiap potensi bahaya diberikan rekomendasi pengendalian yang disesuaikan dengan sumber dan karakteristik risikonya.

Tabel 3. Penentuan Pengendalian

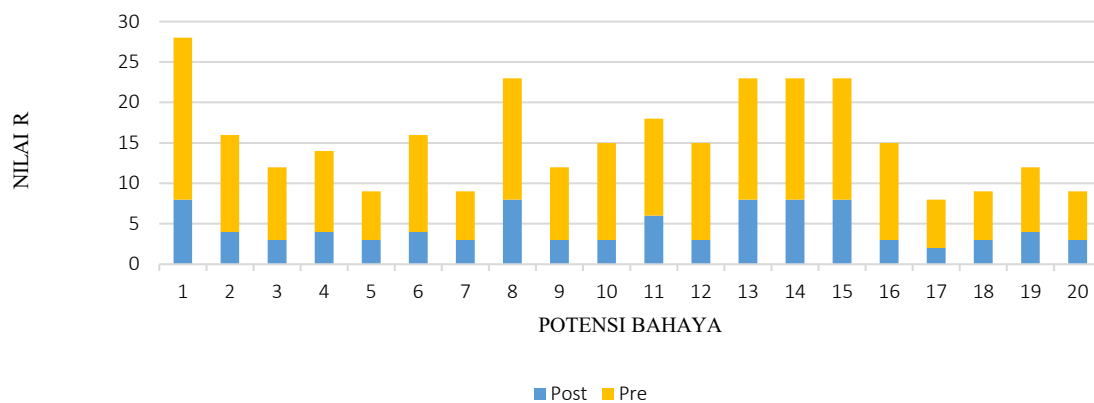
No	Potensi Bahaya	Pengendalian
1	Runtuhan dinding galian	Teknis: penahan tanah Admin: pembatas area, inspeksi APD: helm, sepatu <i>safety</i>
2	Longsor material di dasar galian	Teknis: pembersihan rutin Admin: izin kerja terbatas APD: helm
3	Genangan air	Teknis: pompa air & drainase Admin: rambu peringatan APD: sepatu boot
4	Udara terbatas	Teknis: ventilasi Admin: pembatasan waktu kerja APD: masker respirator
5	Terciprat beton segar	Teknis: pelindung selang Admin: <i>safety briefing</i> APD: sarung tangan, kacamata
6	Selang pompa lepas	Teknis: cek sambungan Admin: operator berjarak aman APD: pelindung wajah
7	Overvibrasi	Teknis: vibrator sesuai spesifikasi Admin: pelatihan alat APD: sarung tangan anti-getar
8	Runtuhnya bekisting	Teknis: penguatan penyangga Admin: izin pengecoran APD: helm, sepatu <i>safety</i>
9	Terpeleset di permukaan licin	Teknis: area kering Admin: pemeriksaan lapangan APD: sepatu <i>safety</i>
10	Tertusuk tulangan	Teknis: pelindung ujung besi Admin: kerja rapi APD: sarung tangan
11	Pengangkatan beban manual tanpa alat bantu	Teknis: alat bantu angkat Admin: pelatihan <i>manual handling</i> APD: sabuk punggung
12	Bahan jatuh dari ketinggian	Teknis: pagar pengaman Admin: pembatas area APD: helm
13	<i>Scaffolding</i> tidak stabil	Teknis: <i>bracing</i> & penguncian

14		Sambungan gagal	Admin: inspeksi harian APD: <i>harness</i> Teknis: clamp standar Admin: pengawasan K3
15		Tidak pakai <i>safety belt</i>	APD: helm Teknis: titik <i>anchor</i> Admin: pengawasan mandor
16		Material jatuh dari atas	APD: <i>harness</i> Teknis: <i>toe board</i> , <i>safety net</i> Admin: larangan lewat bawah APD: helm
17		Debu semen berlebih	Teknis: penyiraman area Admin: rotasi kerja APD: masker respirator
18	Finishing	Kontak bahan kimia	Teknis: bahan aman Admin: pelatihan K3 APD: sarung tangan karet
19		Luka dari alat potong	Teknis: pelindung alat Admin: pelatihan operator APD: kacamata pelindung
20		Kebisingan alat	Teknis: perawatan alat Admin: pembatasan jam kerja APD: <i>earplug</i>

Pengendalian teknis merupakan bentuk pengendalian paling dominan yang diterapkan, seperti pemasangan penahan tanah pada galian, perkuatan scaffolding, pemeriksaan sambungan, serta penguatan bekisting. Pengendalian administratif diterapkan melalui briefing keselamatan, pembatasan area kerja, serta rotasi pekerja pada aktivitas yang memiliki paparan tinggi. Sementara itu, penggunaan APD seperti helm, sepatu safety, masker, dan harness digunakan sebagai perlindungan terakhir.

Tabel 4. Penilaian risiko setelah pengendalian

No		Potensi Bahaya	$R = S \times L$	Kategori Risiko
1	Penggalan	Runtuhan dinding galian	8 (4x2)	Sedang
2		Longsoran material di dasar galian	4 (4x1)	Rendah
3		Genangan air di dasar galian	3 (3x1)	Rendah
4		Paparan udara terbatas	4 (4x1)	Rendah
5	Pengecoran	Tercipratnya beton segar ke kulit dan mata	3 (3x1)	Rendah
6		Selang pemompaan lepas	4 (4x1)	Rendah
7		Overvibrasi	3 (3x1)	Rendah
8		Kelebihan beban pada bekisting	8 (4x2)	Sedang
9	Penulangan	Terpeleset pada permukaan licin saat memasang tulangan	3 (3x1)	Rendah
10		Tertusuk oleh besi tulangan	3 (3x1)	Rendah
11		Pengangkatan beban manual tanpa alat bantu	6 (3x2)	Sedang
12		Jatuhnya bahan dari ketinggian saat pemasangan tulangan	3 (3x1)	Rendah
13	Scaffolding	Ketidakstabilan <i>Scaffolding</i>	8 (4x2)	Sedang
14		Kegagalan sambungan atau pengikatan <i>Scaffolding</i>	8 (4x2)	Sedang
15		Ketiadaan atau kelalaian penggunaan lifeline / <i>safety belt</i>	8 (4x2)	Sedang
16		Barang atau material terjatuh dari <i>Scaffolding</i>	3 (3x1)	Rendah
17	Finishing	Paparan debu semen berlebih	2 (2x1)	Rendah
18		Kontak kulit dengan bahan kimia	3 (3x1)	Rendah
19		Penggunaan alat potong/gerinda tanpa pelindung	4 (4x1)	Rendah
20		Kebisingan alat yang tinggi	3 (3x1)	Rendah



Gambar 2. Perbandingan setelah pengendalian

Penerapan pengendalian ini terbukti menurunkan tingkat risiko pada sebagian besar aktivitas, khususnya pada pekerjaan galian dan perancah yang sebelumnya termasuk dalam kategori sangat tinggi. Penurunan risiko ini relevan dengan temuan [16] bahwa kombinasi pengendalian teknis dan administratif memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan keselamatan pada proyek konstruksi berisiko tinggi.

D. Hasil Kuesioer

Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada 40 responden yang terlibat langsung dalam pekerjaan beton kolam IPAL. Kuesioner terdiri dari 20 butir pernyataan yang mewakili empat variabel, yaitu identifikasi bahaya (X1), penilaian risiko (X2), pengendalian risiko (X3), dan efektivitas penerapan HIRADC (Y). Setiap pernyataan menggunakan skala Likert 1–5 dan diberikan kepada responden dalam dua tahap, yaitu sebelum (pre) dan setelah (post) penerapan metode HIRADC.

Tabel 5. Hasil Rekap Kuesioner sebelum penerapan metode HIRADC

Responde n	X1					X2					X3					Y				
	X1 ₁	X1 ₂	X1 ₃	X1 ₄	X1 ₅	X2 ₁	X2 ₂	X2 ₃	X2 ₄	X2 ₅	X3 ₁	X3 ₂	X3 ₃	X3 ₄	X3 ₅	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2
3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2
4	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3
5	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	3	2	2
7	3	2	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	1
9	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
10	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1
11	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2
13	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2
14	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3
15	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2
16	2	3	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	3
17	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2
18	2	2	2	2	3	2	2	1	3	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2
19	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
20	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1
21	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	3	1	2	1	2	2	2	1

22	3	2	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3
23	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2
24	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3
25	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2
26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2
27	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2
28	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2
29	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2
30	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
31	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
32	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2
33	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2
34	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2
35	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	3	1	2	2	2	3	2	2	2
36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2
37	1	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2
38	3	2	2	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	3
39	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2
40	2	2	2	2	1	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2

Tabel 6. Hasil Rekap Kuesioner setelah penerapan metode HIRADC

Responde n	X1					X2					X3					Y				
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y	Y
	1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	1 ₅	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	2 ₅	3 ₁	3 ₂	3 ₃	3 ₄	3 ₅	1 ₁	1 ₂	1 ₃	1 ₄	1 ₅
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5
5	3	3	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4
6	3	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	4
7	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3
8	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3
9	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	5	4	3	4	4	3	4	4	4	3
10	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4
13	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
14	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	4	3	3	4
15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
16	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4
17	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3
18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3
19	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3
20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
21	3	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3
22	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3
23	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4
25	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
26	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
27	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3

28	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3
29	4	3	4	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3
30	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4
31	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3
32	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
33	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3
34	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
35	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3
36	4	4	4	3	4	4	3	4	3	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3	3
37	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
38	4	3	4	5	3	4	4	4	4	4	4	4	3	5	4	3	4	4	4	4
39	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	4
40	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3

E. Uji Validitas

Uji validitas digunakan untuk mengetahui sejauh mana butir pernyataan mampu mengukur variabel yang diteliti. Pengujian dilakukan menggunakan nilai *Corrected Item–Total Correlation*, di mana suatu item dikatakan valid apabila memiliki nilai $> 0,30$. Pengujian dilakukan pada seluruh variabel yang diukur pada tahap setelah penerapan metode HIRADC.

Tabel 7. Hasil uji validitas

Variabel	Item	Corrected Item–Total Correlation	Keterangan
X1	X1_1	0,668	Valid
	X1_2	0,638	Valid
	X1_3	0,574	Valid
	X1_4	0,470	Valid
	X1_5	0,559	Valid
X2	X2_1	0,556	Valid
	X2_2	0,386	Valid
	X2_3	0,571	Valid
	X2_4	0,506	Valid
	X2_5	0,354	Valid
X3	X3_1	0,585	Valid
	X3_2	0,418	Valid
	X3_3	0,288	Tidak Valid*
	X3_4	0,553	Valid
	X3_5	0,465	Valid
Y	Y_1	0,333	Valid
	Y_2	0,580	Valid
	Y_3	0,464	Valid
	Y_4	0,525	Valid
	Y_5	0,426	Valid

Hasil pengujian menunjukkan bahwa 19 dari 20 item memiliki nilai *Corrected Item–Total Correlation* di atas 0,30 sehingga dinyatakan valid. Satu item pada variabel X3 (yaitu item X3_3) memperoleh nilai 0,288, sedikit di bawah batas minimal 0,30. Namun berdasarkan peninjauan nilai *Cronbach's Alpha if Item Deleted*, penghapusan item tersebut tidak meningkatkan reliabilitas instrumen, sehingga item tetap dipertahankan dalam analisis.

Dengan demikian, instrumen penelitian dinyatakan layak digunakan karena seluruh item menunjukkan validitas yang memadai, dan satu item Tidak valid masih berada dalam batas toleransi serta tidak memengaruhi kualitas instrumen secara keseluruhan.

F. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk memastikan konsistensi internal instrumen kuesioner yang digunakan pada variabel. Pengujian menggunakan nilai *Cronbach's Alpha*, dengan ketentuan bahwa instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai *alpha* > 0,70.

Tabel 8. Hasil uji reliabilitas

Variabel	Cronbach's Alpha	N of Items	Keterangan
X1 – Identifikasi Bahaya	0,796	5	Reliabel
X2 – Penilaian Risiko	0,716	5	Reliabel
X3 – Pengendalian Risiko	0,704	5	Reliabel
Y – Efektivitas HIRADC	0,702	5	Reliabel

Berdasarkan hasil uji reliabilitas pada Tabel 4.5, seluruh variabel penelitian menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* yang berada di atas 0,70. Temuan ini mengindikasikan bahwa instrumen yang digunakan untuk mengukur variabel X1 (Identifikasi Bahaya), X2 (Penilaian Risiko), X3 (Pengendalian Risiko), dan Y (Efektivitas HIRADC) memiliki konsistensi internal yang baik. Seluruh butir pertanyaan pada masing-masing variabel mampu memberikan hasil yang stabil dan saling berkorelasi secara memadai. Meskipun terdapat satu item pada variabel X3 yang memiliki nilai validitas *borderline*, reliabilitas keseluruhan variabel tetap berada pada kategori reliabel sehingga item tersebut tetap dipertahankan dalam model instrumen. Dengan demikian, instrumen penelitian dinyatakan reliabel dan layak digunakan untuk analisis lebih lanjut pada tahap pengujian efektivitas.

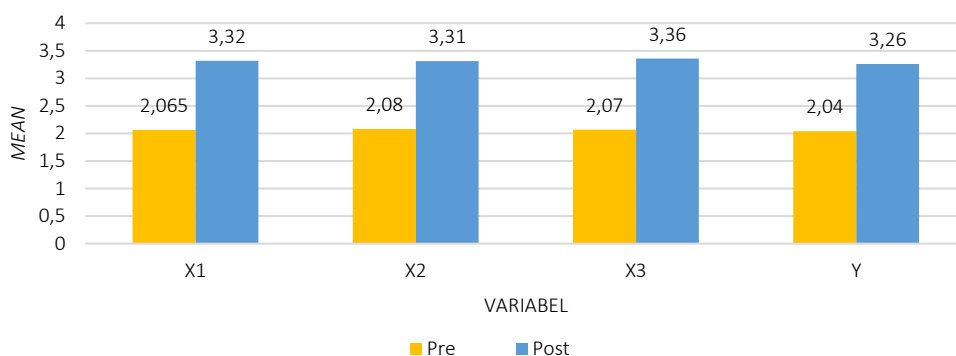
G. Uji *Paired Sample t-Test*

Uji *paired sample t-test* digunakan untuk mengetahui perbedaan rata-rata nilai pre-test dan post-test setelah penerapan metode HIRADC. Pengujian dilakukan terhadap empat variabel, yaitu X1 (Identifikasi Bahaya), X2 (Penilaian Risiko), X3 (Pengendalian Risiko), dan Y (Efektivitas HIRADC). Secara keseluruhan hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai rata-rata post-test pada setiap variabel lebih tinggi dibandingkan rata-rata pre-test. Hal ini mengindikasikan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan responden setelah diberikan intervensi HIRADC.

Tabel 9. Hasil uji *Paired Sample t-Test*

Variabel	Mean PRE	Mean POST	Selisih	t hitung	Sig. (2-tailed)	Keterangan
X1 – Identifikasi Bahaya	2,065	3,320	-1,255	-23,634	0,000	Signifikan
X2 – Penilaian Risiko	2,080	3,310	-1,230	-20,306	0,000	Signifikan
X3 – Pengendalian Risiko	2,070	3,360	-1,290	-25,488	0,000	Signifikan
Y – Efektivitas HIRADC	2,040	3,260	-1,220	-19,967	0,000	Signifikan

Berdasarkan **Tabel 10**, seluruh variabel menunjukkan nilai t hitung yang besar, yaitu masing-masing sebesar -23,634 pada variabel X1, -20,306 pada variabel X2, -25,488 pada variabel X3, dan -19,967 pada variabel Y. Nilai Sig. (2-tailed) untuk seluruh variabel adalah 0,000 atau < 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pre-test* dan *post-test*. Peningkatan nilai rata-rata post-test sebesar 1,22–1,29 poin pada skala Likert lima poin menunjukkan bahwa penerapan HIRADC mampu memberikan dampak yang kuat terhadap peningkatan kemampuan identifikasi bahaya, penilaian risiko, serta pengendalian risiko di tempat kerja.



Gambar 3. Perbandingan *Mean Pre* dan *Post* pada Setiap Variabel Penelitian

Dengan demikian, metode HIRADC terbukti efektif dalam meningkatkan penerapan K3. Peningkatan yang konsisten pada seluruh variabel menegaskan bahwa pelatihan dan penerapan metode HIRADC mampu memperkuat pemahaman pekerja dalam proses manajemen risiko secara sistematis dan terstruktur. [17]

IV. KESIMPULAN

Penggunaan metode Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Penentuan Pengendalian (HIRADC) terbukti memiliki dampak yang besar terhadap peningkatan keselamatan kerja dalam pekerjaan beton kolam IPAL. Dengan melakukan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penentuan pengendalian yang sistematis, terdapat perubahan signifikan dalam persepsi dan kemampuan pekerja untuk memahami serta mengelola potensi bahaya di tempat kerja.

Analisis kuantitatif memakai IBM SPSS Statistics 27 menunjukkan bahwa alat ukur yang dipakai memiliki kelayakan yang baik, terlihat dari tingkat validitas yang memenuhi kriteria serta reliabilitas dengan nilai Cronbach's Alpha lebih dari 0,70 pada semua variabel. Ini menjamin bahwa instrumen dapat mengukur elemen HIRADC dengan konsisten.

Hasil dari uji t-test sampel berpasangan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai pre-test dan post-test untuk semua variabel HIRADC, dengan p-value sebesar 0,000 ($< 0,05$). Penemuan ini menunjukkan bahwa pengendalian yang diterapkan melalui HIRADC memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan tingkat risiko di lokasi kerja. Kenaikan skor rata-rata lebih dari 1 poin pada empat variabel kunci menunjukkan bahwa pekerja mengalami perubahan positif terkait pengenalan bahaya, evaluasi risiko, penerapan kontrol, serta keseluruhan efektivitas metode.

Secara umum, HIRADC tidak hanya dapat mengategorikan risiko secara terstruktur, tetapi juga efisien dalam meningkatkan pemahaman pekerja terhadap kemungkinan bahaya dan langkah-langkah pengendalian. Kombinasi penerapan HIRADC dan analisis statistik dengan SPSS menghasilkan bukti empiris bahwa metode ini dapat menjadi landasan untuk memperkuat sistem manajemen keselamatan kerja di proyek konstruksi.

REFERENSI

- [1] K. K. R. Indonesia, "Laporan Statistik Kecelakaan Kerja Nasional," 2023.
- [2] A. Rotinsulu and B. Pranata, "Penerapan HIRADC pada Proyek Konstruksi," *Jurnal K3 Konstruksi*, vol. 5, no. 2, pp. 101–110, 2023.
- [3] M. A. Rizki, H. Hermawan, and A. Wahyuni, "Evaluasi Green Campus Berbasis BIM," *TAPAK: Teknik Arsitektur dan Perencanaan*, vol. 12, no. 2, pp. 223–233, 2023.
- [4] R. Haristama and Y. Putra, "Implementasi Pengendalian Risiko pada Proyek Infrastruktur," *Jurnal Infrastruktur Nasional*, vol. 9, no. 4, pp. 210–218, 2023.

- [5] I. Sutapa and D. Rahmad, “Efektivitas HIRADC dalam Mengurangi Risiko Kecelakaan Kerja,” *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, vol. 12, no. 1, pp. 33–41, 2024.
- [6] A. Fajar and N. Sari, “Penilaian Risiko pada Pekerjaan Beton Bertingkat,” *Jurnal Teknologi Konstruksi*, vol. 8, no. 3, pp. 145–155, 2024.
- [7] E. Yuliana and D. Prasetyo, “Efektivitas Pengawasan K3 di Proyek Konstruksi,” *Jurnal Keselamatan Kerja*, vol. 6, no. 2, pp. 77–85, 2024.
- [8] A. Widodo and S. Hartanto, “Penerapan Hierarchy of Control dalam Menekan Risiko Kecelakaan pada Proyek IPAL Kota Semarang,” *Jurnal Teknik Infrastruktur dan Keselamatan*, vol. 6, no. 2, pp. 73–81, 2020.
- [9] I. L. Organization, “ILO-OSH 2001: Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems,” 2001.
- [10] A. Maulidya, “Analisis Kepatuhan K3 Berdasarkan Permenaker 5/2018,” *Jurnal Regulasi Ketenagakerjaan*, vol. 3, no. 1, pp. 12–20, 2025.
- [11] I. S. Haristama, A. Zacob, and L. Susanti, “Risk Analysis of Occupational Hazards Using HIRADC Approach in the Implementation of Occupational Safety and Health Management System,” *Journal of Engineering Research and Reports*, vol. 25, no. 6, pp. 28–39, 2023.
- [12] I. K. Sutapa, I. W. Sudiasa, I. M. A. Santiana, and M. Sudiarsa, “Analysis of Occupational Health and Safety Risk Management Using the HIRADC Method in Section SP Bridge Replacement Project,” *International Journal of Applied Engineering & Technology*, vol. 6, no. 1, 2024.
- [13] S. Widodo and F. Hartanto, “Hierarchy of Control dalam Manajemen Risiko,” *Jurnal Manajemen Konstruksi*, vol. 4, no. 2, pp. 90–97, 2020.
- [14] Y. Angriani, “Occupational Health & Safety (OHS) Hazard Risk Control Strategy in Piling Work in Section IV Construction Project Using HIRARC Method,” *Journal Ahmareduc*, 2025.
- [15] V. A. Fajar, K. Soeryodarundio, and M. Rifai, “Occupational Health & Safety Risk Analysis with HIRADC Method in Building Construction Project X,” *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, vol. 1, no. 4, pp. 1–9, 2024.
- [16] N. P. I. Yuliana, I. G. P. A. Suartika Putra, N. K. S. E. Yuni, and I. K. Sudiarta, “Kajian Biaya Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi Pada Proyek Villa Banana di Kabupaten Badung,” *Jurnal Talenta Sipil*, vol. 7, no. 1, p. 173, Feb. 2024, doi: 10.33087/talentasipil.v7i1.424.
- [17] E. Suryanegara, “Application of the HIRADC Model to Enhance Workplace Safety Awareness and Risk Levels,” *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 2024.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.