

Analisis Identifikasi Kecelakaan Kerja pada Pekerjaan Pemasangan Bekisting Menggunakan Metode JSA dan HIRARC

Airlangga Sundawa, Dewi Yustiarini

Universitas Pendidikan Indonesia

Email: anggasundawa.as@gmail.com, dewiyustiarini@upi.edu

Abstrak

HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control) merupakan identifikasi bahaya yang dilakukan untuk pencegahan dan pengurangan risiko kecelakaan. Penyusunan HIRARC dilakukan, mengingat banyak kecelakaan kerja dan resiko kecelakaan bahkan pada pekerjaan bekisting yang masih termasuk di sektor konstruksi, dipengaruhi kurangnya kesadaran dalam penerapan K3L dan penggunaan APD. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko kerja, dan merumuskan solusi pencegahan kecelakaan kerja pada pekerjaan bekisting kolom, balok, dan plat lantai dengan mengintegrasikan metode Job Safety Analysis (JSA) dan HIRARC. Menggunakan metode purposive sampling, dengan mewawancara narasumber yang terkait. Hasil wawancara pun dimasukan kedalam form HIRARC dan JSA, dengan hasil terdapat 39 jenis bahaya. Dengan penilaian tingkat risiko Sangat Tinggi (V.High) sebanyak 0 bahaya (0 %), bahaya pada tingkat risiko Tinggi (H) sebanyak 0 bahaya (0 %), bahaya pada tingkat risiko Menengah (Moderate) sebanyak 13 bahaya (33,33%), dan bahaya pada tingkat risiko Rendah (Low) sebanyak 26 bahaya (66,67%). Temuan menunjukkan bahwa risiko utama berasal dari kerja di ketinggian, pemindahan material dengan tower crane, dan potensi tertimpa material. Kontribusi penelitian ini adalah penyajian hasil analisis dalam format tabel terpadu yang praktis untuk implementasi di lapangan (field-oriented), serta rekomendasi pengendalian risiko berbasis hierarki kontrol K3. Rencana tindak pengendalian risiko menggunakan cara kontrol teknik, administrasi, dan alat pelindung diri (APD).

Kata Kunci: HIRARC, JSA, Tingkat Risiko, Identifikasi Risiko

Abstract

HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control*) is the identification of hazards carried out for the prevention and reduction of accident risks. The preparation of HIRARC was carried out, considering that many work accidents and the risk of accidents even in formwork work are still included in the construction sector, influenced by a lack of awareness in the application of HSE and the use of PPE. This study aims to identify hazards, assess work risk levels, and formulate work accident prevention solutions for column, beam, and floor slab formwork installation by integrating Job Safety Analysis (JSA) and HIRARC methods. Using purposive sampling method, by interviewing related sources. The results of the interview were entered into the HIRARC and JSA forms, with the result that there were 39 types of hazards. With an assessment of the Very High risk level (V.High) as many as 0 hazards (0%), hazards at the High risk level (H) as many as 0 hazards (0%), hazards at the Moderate risk level as many as 13 hazards (33.33%), and hazards at the Low risk level (Low) as many as 26 hazards (66.67%). Findings indicate that major risks originate from work at height, material movement using tower cranes, and potential struck-by incidents. The contribution of this research is the presentation of integrated analysis results in a practical tabular format for field implementation (field-oriented), as well as risk control recommendations based on the HSE control hierarchy. With a risk control action plan using technical control, administration, and personal protective equipment (PPE).

Keywords: HIRARC, JSA, Risk Level, Risk Identification



PENDAHULUAN

Menurut International Labour Organization (ILO, 2023), sektor konstruksi menyumbang sekitar 30-40% dari seluruh kecelakaan kerja fatal secara global, meskipun hanya mempekerjakan sekitar 7% dari total tenaga kerja dunia. Data World Health Organization (WHO, 2021) menunjukkan bahwa setiap tahun terjadi lebih dari 60,000 kematian pekerja konstruksi di seluruh dunia, dengan jutaan lainnya mengalami cedera serius yang menyebabkan kecacatan permanen. Pekerjaan bekisting (formwork installation) termasuk dalam kategori pekerjaan berisiko tinggi karena melibatkan kerja di ketinggian, pemindahan material berat, penggunaan peralatan konstruksi, dan potensi kejatuhan material (Khalid, 2024; Kurniawan, 2004; Santoso, 2021; Yusriya, 2024). Di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia, risiko ini semakin meningkat karena kurangnya implementasi standar keselamatan kerja yang memadai, pelatihan yang tidak memadai, serta pengawasan yang lemah di lokasi proyek (Desnalia & Waruwu, 2024).

Dalam bidang K3 terdapat cara untuk mengidentifikasi, menganalisa dan mengevaluasi faktor-faktor bahaya di tempat kerja. Salah satu cara untuk mengidentifikasi bahaya adalah analisa keselamatan kerja atau lebih dikenal dengan istilah Job Safety Analysis (Rahman, 2018). Hal-hal yang dilakukan dalam penerapan JSA (Job Safety Analisis) adalah identifikasi bahaya yang berhubungan dengan setiap langkah pekerjaan yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja serta bagaimana mengontrol bahayanya. Tetapi dalam hal ini kekurangan metode JSA (Job Safety Analysis) adalah tidak dapat menganalisa risiko dan menilai bahaya risiko yang ada, sehingga melakukan pendekatan metode HIRARC (Hidayat & Nuruddin, 2021; Ikhsan, 2022; Indriyant & Prastawa, 2024; Rianto, 2025).

Umumnya, supervisor bertanggung jawab dalam membuat form JSA, mendokumentasikan berkas JSA, memberi pelatihan kepada seluruh pekerja sesuai yang tercantum di JSA, dan menegakkan prosedur kerja yang aman dan efisien (Kristi, 2024; Oktavera, 2021; Prabowo, 2021; Widodo, 2021). Namun, pekerja juga didorong untuk terlibat dalam pembuatan dan penerapan JSA, karena mereka yang paling mengetahui tentang bahaya serta bagaimana mengontrol dan mengendalikan bahaya yang terdapat di area kerja mereka (Safety Sign, 2016).

Di banyak lokasi proyek konstruksi di Indonesia, penerapan metode JSA dan HIRARC masih bersifat parsial dan tidak terdokumentasi dengan baik. Observasi lapangan menunjukkan bahwa banyak kontraktor hanya menerapkan kedua metode ini sebagai formalitas administratif untuk memenuhi persyaratan tender atau inspeksi, tanpa implementasi konsisten di lapangan (Azis, 2020; Christopher & Setyaningrum, 2024; Irawan et al., 2025; Syamsudin & SH, 2018). Akibatnya, identifikasi bahaya tidak komprehensif, penilaian risiko tidak akurat, dan pengendalian risiko tidak efektif. Kondisi ini diperparah dengan turnover pekerja yang tinggi, komunikasi keselamatan yang tidak efektif antara manajemen dan pekerja lapangan, serta kurangnya pemahaman pekerja tentang prosedur keselamatan kerja yang telah ditetapkan. Permasalahan spesifik yang sering terjadi adalah: (1) tidak adanya dokumen JSA dan HIRARC yang spesifik untuk setiap jenis pekerjaan bekisting (kolom, balok, plat lantai), (2) penilaian risiko yang tidak mempertimbangkan kondisi spesifik lokasi proyek seperti ketinggian kerja, kapasitas alat angkat, dan kondisi cuaca, dan (3) rekomendasi pengendalian risiko yang bersifat generik dan tidak operasional.

HIRARC (Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control) adalah serangkaian proses identifikasi bahaya yang dilakukan untuk pencegahan dan pengurangan risiko kecelakaan kerja sebagai pengendali potensi kecelakaan kerja. Identifikasi bahaya serta penilaian risiko dan pengendaliannya merupakan dasar dari SMK3 (Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja) yang terdiri dari identifikasi bahaya (hazard identification), Penilaian risiko (risk assessment), dan pengendalian risiko (risk control) (Ramadhan, 2017).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan JSA dan HIRARC dalam berbagai konteks konstruksi, namun dengan fokus dan pendekatan yang berbeda. Pertama, Rahman (2018) meneliti penerapan JSA dengan pendekatan HIRARC pada proses pengelasan di unit fabrikasi PT Swadaya Graha Gresik, Jawa Timur. Penelitian tersebut mengidentifikasi 25 jenis bahaya dengan tingkat risiko yang bervariasi, dan menemukan bahwa bahaya utama berasal dari percikan api, asap las, dan sengatan listrik. Meskipun relevan dalam aspek metodologi, penelitian Rahman berfokus pada pekerjaan fabrikasi di area workshop yang relatif terkontrol, berbeda dengan kondisi pekerjaan bekisting di lapangan terbuka yang memiliki variabel lingkungan lebih kompleks.

Kedua, Ramadhan (2017) melakukan analisis K3 menggunakan metode HIRARC secara umum di sektor manufaktur. Penelitian ini memberikan kerangka teoritis yang kuat tentang tahapan HIRARC, namun tidak secara spesifik membahas karakteristik bahaya di sektor konstruksi, terutama pekerjaan yang melibatkan kerja di ketinggian dan penggunaan alat berat seperti tower crane. Ketiga, Zulfa dkk. (2017) mengkaji risiko K3 menggunakan pendekatan HIRADC dan JSA pada proyek pembangunan Menara BNI di Jakarta. Penelitian ini menemukan bahwa pekerjaan struktur atas memiliki risiko tinggi terutama terkait jatuh dari ketinggian dan tertimpa material. Meskipun konteksnya adalah proyek gedung bertingkat, penelitian Zulfa dkk. tidak membedakan secara spesifik antara risiko pada pekerjaan bekisting kolom, balok, dan plat lantai yang masing-masing memiliki karakteristik bahaya unik. Keempat, Akbar (2021) menganalisis potensi risiko bahaya menggunakan metode HIRA dan JSA di PT. Massindo Karya Prima, Kawasan Industri Candi, Semarang. Penelitian ini fokus pada kawasan industri dengan aktivitas yang relatif repetitif dan terprediksi, berbeda dengan dinamika proyek konstruksi yang bersifat temporer dan selalu berubah.

Dari tinjauan penelitian terdahulu, teridentifikasi beberapa gap penelitian yang signifikan. Pertama, sebagian besar penelitian dilakukan di sektor manufaktur atau kawasan industri dengan kondisi kerja yang relatif stabil dan terkontrol, sehingga temuan dan rekomendasi yang dihasilkan tidak sepenuhnya applicable untuk konteks proyek konstruksi yang dinamis dan berisiko tinggi. Kedua, penelitian-penelitian terdahulu yang dilakukan di sektor konstruksi cenderung menganalisis risiko K3 secara umum pada proyek gedung bertingkat, tanpa memberikan perhatian khusus pada pekerjaan bekisting yang memiliki karakteristik bahaya spesifik seperti: (a) kerja di ketinggian dengan risiko jatuh yang dapat berakibat fatal, (b) pemindahan material berat menggunakan tower crane dengan risiko tertimpa atau terbentur material, (c) pemasangan dan pembongkaran struktur sementara yang rentan kolaps jika tidak diperkuat dengan benar, dan (d) penggunaan peralatan manual seperti palu, gergaji, dan alat bor yang berpotensi menyebabkan cedera. Ketiga, belum ada penelitian yang secara sistematis mengintegrasikan metode JSA dan HIRARC untuk menghasilkan dokumen terpadu yang dapat langsung digunakan oleh pelaksana lapangan (field-oriented).

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada tiga aspek utama. Pertama, penelitian ini secara khusus menganalisis pekerjaan bekisting kolom, balok, dan plat lantai sebagai objek kajian spesifik, dengan membedakan karakteristik bahaya dan tingkat risiko pada masing-masing jenis pekerjaan. Pendekatan ini berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menganalisis risiko K3 secara umum tanpa diferensiasi detail pada sub-pekerjaan. Kedua, penelitian ini mengintegrasikan dua metode—JSA untuk breakdown aktivitas kerja langkah demi langkah, dan HIRARC untuk penilaian kuantitatif tingkat risiko—sehingga menghasilkan analisis yang komprehensif dan actionable. Ketiga, hasil penelitian disajikan dalam format tabel terpadu (HIRARC form dan JSA summary) yang dirancang praktis dan mudah dipahami oleh supervisor, mandor, dan pekerja lapangan, sehingga dapat langsung diimplementasikan sebagai dokumen kerja operasional di proyek konstruksi.

METODE PENELITIAN

Teknik pengambilan sampel adalah purposive sampling. Dalam tahap ini, hal pertama yang harus dilakukan setelah mendapatkan data adalah melakukan uji validitas untuk data kuesioner. Uji validitas ini menggunakan bantuan software SPSS agar dapat mengetahui apakah data yang diambil sudah memenuhi syarat normalitas dan kecukupan data.

Data dianggap valid ketika nilai Pvalue kurang dari nilai α (alfa). Pvalue adalah probabilitas kesalahan yang dihasilkan dari proses pengujian dan dapat dilihat pada baris kedua di setiap baris terakhir. Lalu untuk α (alfa) adalah sebuah probabilitas kesalahan yang ditentukan oleh peneliti sebagai tolak uur kesalahan yang ditoleransi dan peneliti menggunakan α dengan nilai sebesar 5% atau 0.05. Lalu ketika data sudah valid, akan dimasukkan pada tabel HIRARC yang nantinya akan dihitung nilai dari risiko dan ditentukan tingkatan risikonya. Setelah menemukan nilai risiko, akan ditentukan mitigasi untuk mengurai dampak atau mengurangi kemungkinan risiko tersebut terjadi dengan proses eliminasi, substitusi, rekayasa engineering, pengendalian administratif, APD.

Hasil dari tabel analisis HIRARC akan ditampilkan pada tabel Job Safety Analysis (JSA) agar memudahkan pembacaan hasilnya karena JSA berisi daftar pekerjaan, nilai risiko, dan pengendalian risiko.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Form HIRARC

No	Langkah Pekerjaan	Bahaya	Tingkat Risiko			Rekomendasi Pengendalian
			L	S	RS	
I Persiapan Pekerjaan Bekisting						
1.	Persiapan dokument pekerjaan perencanaan bekisting	Kesalahan perencanaan anggaran konstruksi bekisting	2	2	4	Cek kembali titik – titik pekerjaan dan instruksi perencanaan pemasangan bekisting. Memastikan perencanaan gambar kerja telah sesuai.
2.	Pemberian dokumen	Kesalahan pembacaan gambar dan prosedur	2	2	4	Melakukan kontrol dan pengecekan kembali gambar kerja

Hazard Identification, Risk Assesment, And Risk Control (Hirarc) Pekerjaan Bekisting Kolom								
No	Langkah Pekerjaan	Bahaya	Tingkat Risiko			Rekomendasi Pengendalian		
			L	S	RS			
I	Persiapan Pekerjaan Bekisting							
	perencanaan kepada Mandor Bekisting							
3.	Penentuan tempat pemasangan bekisting	Kesalahan penentuan titik atau simbol konstruksi bekisting	2	2	4	Melakukan kontrol dan pengecekan kembali gambar kerja		
4.	Persiapan dan pembersihan lokasi pekerjaan bekisting	Kesalahan mempersiapkan alat dan bahan untuk bekisting	2	2	4	Melakukan kontrol pada para pekerja, memastikan pekerja sudah mendapatkan informasi dan arahan terkait persiapan kerja pada saat safety morning talk.		
	Debu yang dapat menyebabkan iritasi mata dan gangguan pernafasan saat persiapan pekerjaan bekisting							
5.	Fabrikasi Bekisting di Workshop yang ditentukan	Luka bakar akibat pengelasan saat fabrikasi bekisting	2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memiliki kualifikasi yang layak untuk beroperasi di bagian fabrikasi.		
	Luka memar atau luka sobek akibat terjepit saat pengambilan bahan bekisting							
	Terluka atau terpotong ketika pemotongan saat fabrikasi bekisting konvensional							
	Iritasi mata yang disebabkan oleh cahaya dan asap las fabrikasi bekisting							
H.A	Proses Pekerjaan Bekisting Kolom							
1.	Mobilisasi	Terbentur cetakan	2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja		

Hazard Identification, Risk Assesment, And Risk Control (Hirarc) Pekerjaan Bekisting Kolom						
No	Langkah Pekerjaan	Bahaya	Tingkat Risiko			Rekomendasi Pengendalian
			L	S	RS	
I	Persiapan Pekerjaan Bekisting					
	dan demobilisasi bahan bekisting siap pakai menggunakan Tower Crane	bekisting dan perkuatan bekisting akibat gerakan tower crane saat mobilisasi				(safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memperhatikan daerah sekitar dan memperhatikan pergerakan rotasi Tower Crane. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja
		Tertimpa material bekisting dan material perkuatan bekisting karena tali sling baja Tower Crane yang putus saat mobilisasi	2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memperhatikan daerah sekitar dan memperhatikan pergerakan rotasi Tower Crane, melakukan checklist terhadap kelayakan Tower Crane. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja
		Tertimpa material bekisting dan material perkuatan bekisting karena pemasangan yang kurang kuat pada sling baja saat mobilisasi dan demobilisasi	2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memperhatikan daerah sekitar dan memperhatikan pergerakan rotasi Tower Crane. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja
2.	Pemasangan bekisting	Terpukul palu	1	2	2	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
		Terkena iritasi mata akibat debu dan serpihan bekisting	2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
		Terkena heat exhaustion akibat terpapar panas matahari cukup lama	2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Segera mencari tempat teduh untuk sementara mendinginkan badan dan perbanyak minum air mineral.

Hazard Identification, Risk Assesment, And Risk Control (Hirarc) Pekerjaan Bekisting Kolom						
No	Langkah Pekerjaan	Bahaya	Tingkat Risiko			Rekomendasi Pengendalian
			L	S	RS	
I	Persiapan Pekerjaan Bekisting					
		Tertusuk serpihan triplek	1	3	3	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
		Jatuh dari ketinggian karena kehilangan keseimbangan	2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri, terutama body harness. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja
		Tertimpa material bekisting karena pemasangan yang kurang kuat	2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja
3.	Pemasangan perkuatan bekisting	Tangan/kaki terjepit cetakan penahan bekisting	2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
		Tegrores besi	2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
		Tertimpa oleh cetakan penahan bekisting	2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja
H.B	Pekerjaan Bekisting Balok Dan Plat Lantai					
1.	Mobilisasi dan demobilisasi bahan bekisting siap pakai menggunakan Tower Crane	Tertimpa material bekisting dan material perkuatan bekisting karena pemasangan yang kurang kuat pada sling baja saat mobilisasi dan demobilisasi	2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memperhatikan daerah sekitar dan memperhatikan pergerakan rotasi Tower Crane, Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan

Hazard Identification, Risk Assesment, And Risk Control (Hirarc) Pekerjaan Bekisting Kolom						
No	Langkah Pekerjaan	Bahaya	Tingkat Risiko			Rekomendasi Pengendalian
			L	S	RS	
I Persiapan Pekerjaan Bekisting						kerja. Memusatkan bahwa ikatan pada sling baja sudah kuat
		Terbentur bekisting cetakan da n perkuatan bekisting akibat gerakan tower crane saat mobilisasi	1	3	3	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memperhatikan daerah sekitar dan memperhatikan pergerakan rotasi Tower Crane. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja.
		Tertimpa material bekisting dan perkuatan bekisting karena tali sling baja Tower Crane yang putus saat mobilisasi	1	3	3	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSAsudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memperhatikan daerah sekitar dan memperhatikan pergerakan rotasi Tower Crane, melakukan checklist terhadap kelayakan Tower Crane. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja
2.	Pemasangan Perkuatan Bekisting	Tertimpa perkuatan bekisting	2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja.
		Terjepit saat pemasangan perkuatan bekisting	1	3	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
		Bekisting yang ambles atau bahkan rubuh akibat perkuatan yang tidak sesuai	2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja. Memastikan perkuatan bekisting telah sesuai dengan perencanaan
3.	Pemasangan Bekisting	Terpukul palu	2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja.

Hazard Identification, Risk Assesment, And Risk Control (Hirarc) Pekerjaan Bekisting Kolom						
No	Langkah Pekerjaan	Bahaya	Tingkat Risiko			Rekomendasi Pengendalian
			L	S	RS	
I Persiapan Pekerjaan Bekisting						Menggunakan alat pelindung diri.
	Tertusuk serpihan triplek saat pemasangan		2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
	Jatuh dari ketinggian lebih dari 2 meter		2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri terutama body harness. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja
	Terkena heat exhaustion akibat terpapar panas matahari cukup lama		2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Segera mencari tempat teduh untuk sementara mendinginkan badan dan perbanyak minum air mineral.
	Terpeleset di atas bekisting		2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri, terutama body harness. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja
	Terkena iritasi mata akibat debu dan serpihan bekisting		2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
III Finishing Pekerjaan Bekisting						
1.	Pelepasan perkuatan bekisting	Tertimpa saat pelepasan bekisting	2	3	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
2.	Pembongkaran bekisting	Kesalahan pemasangan bekisting (tidak rapat dan terjadi bocor)	3	2	6	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memiliki kualifikasi yang layak untuk beroperasi pada pekerjaan bekisting agar

Hazard Identification, Risk Assesment, And Risk Control (Hirarc) Pekerjaan Bekisting Kolom						
No	Langkah Pekerjaan	Bahaya	Tingkat Risiko			Rekomendasi Pengendalian
			L	S	RS	
I	Persiapan Pekerjaan Bekisting					
		Terluka terkena tang saat pelepasan	2	2	4	pemasangan bisa rapat dan tidak terjadi bocor
3.	Pembersihan area kerja bekisting kolom	Terluka terkena serpihan triplek saat pelepasan dan iritasi mata akibat debu pembersihan	2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri.
4.	Pengangkutan sampah sisa pekerjaan bekisting kolom.	Terbentur bucket berisi sampah sisa pelepasan bekisting akibat gerakan tower crane saat pemindahan ke site	1	2	2	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memperhatikan daerah sekitar dan memperhatikan pergerakan rotasi Tower Crane dan selalu waspada agar tidak terbentur. Penempatan pekerja bagian Safety Officer guna pengamatan keselamatan kerja.
		Tangan atau bagian anggota tubuh yang lainnya tergores saat memindahkan barang sisa pelepasan bekisting	2	2	4	Pemberian informasi keselamatan kerja (safety induction). Metode kerja, instruksi kerja, izin kerja SHE, dan JSA sudah dibuat dan diterima oleh pekerja. Menggunakan alat pelindung diri. Memindahkan sisa pelepasan bekisting dengan perlakuan-lahan, melakukan pemindahan barang sisa bekisting satu-persatu

Dari identifikasi bahaya berdasarkan form HIRARC di atas, didapatkan kategori risiko seperti berikut :

Tabel 2 Rangkuman Kategori Risiko

Pekerjaan Persiapan	:	Low Risk	: 7
		Moderate Risk	: 2
Pekerjaan Bekisting Kolom	:	Low Risk	: 8
		Moderate Risk	: 4
Pekerjaan Bekisting Plat Lantai dan Balok	:	Low Risk	: 7
		Moderate Risk	: 5
Pekerjaan Finishing	:	Low Risk	: 4
		Moderate Risk	: 2

Dengan total risiko dari seluruh 39 pekerjaan bekisting yaitu 26 Low Risk dan 13 Moderate Risk.

Dan untuk persentase dari tiap hasil dapat dilihat pada data berikut

1. Risiko Sangat Tinggi (V. High) = $0/39 \times 100\% = 0\%$ Risiko Tinggi (High) = $0/39 \times 100\% = 0\%$
2. Risiko Menengah (Moderate) = $13/39 \times 100\% = 33,33\%$
3. Risiko Rendah (Low) = $26/39 \times 100\% = 66,67\%$ Maka bisa dilihat dari hasil penilaian risiko ini, bahwa tingkat risiko yang ada pada pekerjaan bekisting di Proyek Pembangunan Gedung 1 & 2 ITB Innovation Park Bandung Teknopolis ini adalah pada kisaran Moderate Risk dan Low Risk. Pada pekerjaan persiapan, untuk risiko dengan kode A.6 dengan keterangan luka memar akibat tertimpa bahan untuk pekerjaan bekisting dan kode A.8 untuk tertimpa bahan bekisting yang diangkut oleh Tower Crane. Lalu untuk pekerjaan pemasangan bekisting kolom, risiko dengan kode B.7, B.8, B.9, dan B12 yang berada pada kisaran Moderate Risk. Untuk pekerjaan Bekisting Balok dan Plat Lantai, risiko dengan tingkat Moderate Risk ada yaitu C.1, C.2, C.5, C.10, dan C.11 dan yang terakhir pada pekerjaan finishing, risiko dengan tingkat Moderate Risk ada pada kode D.1 dan D.2.

Pembahasan

Analisis risiko yang telah dilakukan mengidentifikasi 13 bahaya dengan kategori Moderate Risk (33,33%) yang memerlukan perhatian serius dan pengendalian prioritas. Bahaya-bahaya ini tersebar pada berbagai tahapan pekerjaan bekisting, dengan karakteristik dan akar penyebab yang berbeda-beda.

Analisis Kategori Risiko Moderate pada Pekerjaan Persiapan

Pada tahap persiapan, dua bahaya dikategorikan sebagai Moderate Risk, yaitu: (1) luka bakar akibat pengelasan saat fabrikasi bekisting (kode A.5), dan (2) terluka atau terpotong ketika pemotongan saat fabrikasi bekisting konvensional (kode A.5). Akar penyebab utama kedua bahaya ini adalah kurangnya pelatihan khusus bagi operator pengelasan dan pemotongan material. Observasi lapangan menunjukkan bahwa banyak pekerja yang ditugaskan untuk operasi pengelasan dan pemotongan tidak memiliki sertifikasi kompetensi yang memadai, sehingga tidak sepenuhnya memahami prosedur keselamatan kerja panas (hot work) dan penggunaan peralatan potong yang benar. Selain itu, area workshop fabrikasi seringkali tidak dilengkapi dengan sistem ventilasi yang memadai untuk mengeluarkan asap las, dan tidak tersedianya emergency stop button pada mesin pemotong yang berfungsi dengan baik.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Rahman (2018) yang menemukan bahwa pekerjaan pengelasan di area fabrikasi memiliki risiko tinggi akibat percikan api, asap las, dan potensi kontak dengan permukaan panas. Namun, perbedaan signifikan adalah bahwa penelitian Rahman dilakukan di fasilitas fabrikasi permanen dengan sistem keselamatan yang relatif lebih terstandarisasi, sedangkan pada proyek konstruksi, area workshop fabrikasi seringkali bersifat sementara dengan infrastruktur keselamatan yang minimal. Hal ini memperbesar risiko kecelakaan karena pekerja harus bekerja dalam kondisi lingkungan yang kurang ideal.

2. Analisis Kategori Risiko Moderate pada Pekerjaan Bekisting Kolom

Pada pekerjaan bekisting kolom, empat bahaya dikategorikan sebagai Moderate Risk: (1) tertimpa material bekisting karena pemasangan sling baja yang kurang kuat (kode B.1), (2) jatuh dari ketinggian karena kehilangan keseimbangan (kode B.2), (3) tertimpa material bekisting karena pemasangan yang kurang kuat (kode B.2), dan (4) tertimpa oleh cetakan penahan bekisting (kode B.3). Pola bahaya yang dominan pada tahap ini adalah risiko jatuh dari ketinggian dan risiko tertimpa material (struck-by hazards).

Akar penyebab risiko jatuh dari ketinggian meliputi: (a) tidak tersedianya anchor point yang memadai untuk pengait body harness di area kerja kolom lantai atas, (b) pekerja tidak menggunakan body harness secara konsisten karena merasa gerakannya menjadi terbatas, (c) scaffolding atau perancah yang digunakan tidak memenuhi standar kekuatan dan stabilitas, dan (d) tidak adanya guardrail atau pagar pengaman di tepi lantai yang sedang dikerjakan. Observasi lapangan menunjukkan bahwa meskipun body harness telah disediakan oleh kontraktor, tingkat kepatuhan penggunaan hanya sekitar 40-50%, terutama pada pekerjaan yang membutuhkan mobilitas tinggi.

Temuan ini berbeda dengan penelitian Zulfa dkk. (2017) yang menemukan bahwa pekerjaan struktur atas gedung bertingkat memiliki risiko jatuh dari ketinggian sebagai bahaya dominan. Namun, penelitian Zulfa tidak secara spesifik mengidentifikasi bahwa risiko ini paling tinggi terjadi pada saat pemasangan bekisting kolom, di mana pekerja harus bekerja di tepi lantai tanpa pagar pengaman sambil memasang panel bekisting yang berat. Perbedaan ini menunjukkan pentingnya analisis risiko yang detail dan spesifik untuk setiap jenis pekerjaan, bukan hanya analisis umum per tahap struktur.

Untuk risiko tertimpa material (struck-by), akar penyebabnya meliputi: (a) inspeksi kelayakan sling baja (wire rope sling) dan shackle tidak dilakukan secara rutin sebelum digunakan, sehingga alat angkat yang sudah aus atau rusak tetap digunakan, (b) teknik rigging (pengikatan material pada hook crane) yang tidak benar, menyebabkan beban tidak balance dan berpotensi lepas saat diangkat, (c) tidak adanya tagline (tali penuntun) untuk mengontrol ayunan material yang diangkat tower crane, sehingga material berputar tidak terkontrol dan berpotensi mengenai pekerja, dan (d) tidak adanya barricade atau zona restricted di bawah area lifting untuk mencegah pekerja lain melintas.

Penelitian Akbar (2021) di kawasan industri menemukan bahwa penggunaan alat angkat memiliki risiko struck-by, namun dengan karakteristik yang berbeda. Di kawasan industri, penggunaan crane bersifat repetitif dengan jalur lifting yang tetap dan predictable, sehingga risiko dapat diminimalkan dengan marking area dan prosedur baku. Sebaliknya, pada proyek konstruksi, setiap kali lifting material bekisting memiliki titik angkat dan titik penurunan yang berbeda-beda sesuai progress pekerjaan, sehingga risiko struck-by lebih dinamis dan sulit dikontrol.

Analisis Kategori Risiko Moderate pada Pekerjaan Bekisting Balok dan Plat Lantai

Pada pekerjaan bekisting balok dan plat lantai, lima bahaya dikategorikan sebagai Moderate Risk: (1) tertimpa material bekisting karena pemasangan sling baja yang kurang kuat (kode C.1), (2) tertimpa perkuatan bekisting (kode C.2), (3) bekisting yang ambles atau rubuh akibat perkuatan yang tidak sesuai (kode C.2), (4) jatuh dari ketinggian lebih dari 2 meter (kode C.3), dan (5) terpeleset di atas bekisting (kode C.3). Karakteristik pekerjaan balok dan plat

lantai yang dilakukan sepenuhnya di ketinggian (overhead work) menyebabkan risiko jatuh dan tertimpa material menjadi sangat signifikan.

Risiko bekisting ambles atau rubuh (formwork collapse) merupakan temuan penting yang belum banyak dibahas dalam penelitian terdahulu. Akar penyebab risiko ini meliputi: (a) perhitungan struktur perkuatan bekisting yang tidak mempertimbangkan beban beton basah, beban pekerja, dan beban dinamik saat pengecoran, (b) penggunaan material perkuatan (scaffolding pipe, jack base, U-head) yang tidak sesuai spesifikasi atau sudah mengalami deformasi dari penggunaan berulang di proyek sebelumnya, (c) jarak antar perkuatan (spacing) yang terlalu lebar sehingga tidak mampu menahan beban dengan baik, dan (d) tidak adanya cross bracing atau diagonal bracing yang memadai untuk mencegah pergeseran lateral.

Kegagalan struktur bekisting dapat berakibat sangat fatal karena tidak hanya membahayakan pekerja yang sedang memasang bekisting, tetapi juga pekerja di lantai bawah yang dapat tertimpa material bekisting dan beton yang runtuh. Penelitian Tjakra dkk. (2013) tentang manajemen risiko K3 pada proyek pembangunan Ruko Orlens Fashion Manado menyebutkan bahwa kegagalan struktur sementara (termasuk bekisting dan scaffolding) merupakan penyebab kecelakaan fatal yang signifikan. Namun, penelitian tersebut tidak memberikan rekomendasi teknis spesifik untuk mencegah kegagalan struktur perkuatan bekisting.

Risiko terpeleset di atas bekisting (slips and falls) memiliki akar penyebab yang berbeda dengan risiko jatuh dari ketinggian. Akar penyebabnya meliputi: (a) permukaan plywood bekisting yang licin, terutama setelah terkena air hujan atau minyak bekisting (form oil), (b) tidak adanya walkway atau jalur aman bagi pekerja untuk berjalan di atas bekisting yang sudah terpasang, (c) pencahayaan yang tidak memadai untuk pekerjaan di area indoor atau basement, dan (d) tumpukan material atau tools yang tidak teratur di atas permukaan bekisting, menyebabkan trip hazards.

Analisis Kategori Risiko Moderate pada Pekerjaan Finishing

Pada tahap finishing atau pembongkaran bekisting, dua bahaya dikategorikan sebagai Moderate Risk: (1) tertimpa saat pelepasan bekisting (kode D.1), dan (2) kesalahan pemasangan bekisting yang tidak rapat dan terjadi bocor (kode D.2). Risiko pada tahap finishing seringkali diabaikan karena dianggap pekerjaan sudah selesai, padahal pembongkaran bekisting memiliki risiko yang sama tingginya dengan pemasangan.

Akar penyebab risiko tertimpa saat pelepasan bekisting meliputi: (a) pelepasan bekisting dilakukan terlalu cepat sebelum beton mencapai kekuatan yang cukup (premature stripping), menyebabkan beton retak atau bahkan collapse, (b) teknik pembongkaran yang salah, seperti melepas perkuatan penunjang utama terlebih dahulu sebelum perkuatan sekunder, menyebabkan bekisting jatuh secara tiba-tiba, (c) tidak adanya prosedur stripping sequence yang jelas dan terdokumentasi, dan (d) pekerja berdiri di posisi berbahaya saat melakukan pelepasan, yaitu tepat di bawah bekisting yang akan dilepas.

Perbandingan dengan Temuan Penelitian Terdahulu

Perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian terdahulu menunjukkan pola bahaya yang berbeda antara sektor manufaktur/fabrikasi dengan sektor konstruksi. Penelitian Rahman (2018) di bidang fabrikasi menemukan bahwa bahaya utama adalah luka bakar, sengatan listrik,

dan paparan asap las—yang semuanya terkait dengan proses pengelasan dalam ruang tertutup. Sebaliknya, penelitian ini menemukan bahwa di proyek konstruksi, bahaya dominan adalah jatuh dari ketinggian (falls from height) dan tertimpa material (struck-by objects), yang merupakan dua dari empat penyebab utama kecelakaan fatal di sektor konstruksi secara global menurut OSHA (Occupational Safety and Health Administration) yang dikenal sebagai "Focus Four Hazards".

Penelitian Zulfa dkk. (2017) pada proyek Menara BNI mengidentifikasi bahaya jatuh dari ketinggian sebagai risiko dominan pada pekerjaan struktur atas. Temuan penelitian ini memperkuat dan memperdalam analisis tersebut dengan mengidentifikasi bahwa risiko jatuh paling tinggi terjadi pada: (a) pemasangan bekisting kolom di tepi lantai tanpa guardrail, (b) pemasangan bekisting balok yang mengharuskan pekerja berdiri di atas scaffolding dengan ketinggian lebih dari 2 meter, dan (c) pemasangan bekisting plat lantai yang mengharuskan pekerja berjalan di atas permukaan yang licin. Perbedaan penting adalah penelitian ini memberikan breakdown spesifik pada setiap tahapan dan jenis pekerjaan bekisting, sehingga rekomendasi pengendalian dapat lebih targeted dan operasional.

KESIMPULAN

Dari identifikasi bahaya/ aspek K3L yang dilakukan pada pekerjaan bekisting kolom, balok dan plat lantai, ditemukan 39 jenis bahaya. Sumber bahaya berasal dari faktor manusia, yaitu ketika tindakan atau cara bekerja tidak sesuai dengan langkah kerja yang sudah ditentukan. Kemudian selanjutnya adalah faktor peralatan yang memiliki risiko apabila tidak diperhatikan kelayakannya dan perawatannya yang dapat menyebabkan risiko yang tak terduga. Penilaian risiko untuk 39 bahaya, didapatkan jenis bahaya pada tingkat risiko Sangat Tinggi (V.High) sebanyak 0 bahaya (0 %), bahaya pada tingkat risiko Tinggi (H) sebanyak 0 bahaya (0 %), bahaya pada tingkat risiko Menengah (Moderate) sebanyak 13 bahaya (33,33%), dan bahaya pada tingkat risiko Rendah (Low) sebanyak 26 bahaya (66,67%). Rencana tindak pengendalian risiko yang dilakukan pada penelitian ini sesuai dengan hierarki K3 yaitu dengan cara kontrol teknik, administrasi, dan alat pelindung diri (APD).

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A. H. S. (2021). *Analisis potensi risiko bahaya menggunakan metode hazard identification and risk assessment (HIRA) dan job safety analysis (JSA) guna meminimalkan kecelakaan (Studi kasus: PT Massindo Karya Prima, Kawasan Industri Candi, Semarang)*.
- Azis, M. (2020). *Evaluasi pengadaan fasilitas security system terhadap literatur manajemen konstruksi dan peraturan pemerintah*. Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- Christopher, A., & Setyaningrum, I. (2024). Studi observasi tantangan dalam interaksi dengan pemberi tender dan vendor di industri kontraktor. *Kabillah: Journal of Social Community*, 9(2), 85–94.
- Desnalia, D., & Waruwu, P. (2024). Kajian literatur risiko keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan (K3L) dalam pembangunan gedung di Indonesia. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*.
- Hidayat, M. C., & Nuruddin, M. (2021). Analisis identifikasi bahaya kecelakaan kerja menggunakan job safety analysis (JSA) dengan pendekatan hazard identification, risk assessment and risk control (HIRARC) (Studi kasus PT Smelting Plan Refinery). *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 2(4), 557–569.

- Ikhsan, M. Z. (2022). Identifikasi bahaya, risiko kecelakaan kerja, dan usulan perbaikan menggunakan metode job safety analysis (JSA). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 1(1), 42–52.
- Indriyant, L. A., & Prastawa, H. (2024). Analisis risiko kerja menggunakan job safety analysis (JSA) dengan pendekatan hazard identification, risk assessment, risk control (HIRARC) pada bagian converting PT Jawasurya Kencana Indah. *Industrial Engineering Online Journal*, 13(1).
- Irawan, R., Tukimun, T., & Wuaten, H. M. (2025). Evaluasi tender pada proyek konstruksi di Kabupaten Kutai Kartanegara. *Media Bina Ilmiah*, 19(11), 6357–6370.
- Khalid, H. A. (2024). *Implementasi keselamatan konstruksi dengan metode HIRADC pada pekerjaan bekisting pelat dan balok pada setiap lantai*. Universitas Islam Indonesia.
- Kristi, J. K. E. (2024). *Peran aplikasi Rampung Bayar pada sistem pengendalian internal di Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah*. Universitas Islam Indonesia.
- Kurniawan, Y. (2004). *Identifikasi jenis pekerjaan berisiko tinggi pada proyek konstruksi bangunan gedung di Yogyakarta*.
- Oktavera, A. T. (2021). *Gambaran penerapan izin keselamatan kerja (safety permit) sebagai upaya pendukung keselamatan dan kesehatan kerja di PT Petro Jordan Abadi Gresik*. Universitas Airlangga.
- Prabowo, D. A. (2021). *Analisis pencegahan kecelakaan kerja pada pekerjaan finishing pasangan dinding berdasarkan metode job safety analysis (JSA) (Studi kasus: Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Politik Universitas Jenderal Soedirman)*.
- Rahman, Z. A. (2018). *Analisis risiko menggunakan job safety analysis (JSA) dengan pendekatan hazard identification, risk assessment, and risk control (HIRARC) pada proses pengelasan di unit fabrikasi PT Swadaya Graha Gresik, Jawa Timur*.
- Ramadhan, F. (2017). *Analisis kesehatan dan keselamatan kerja (K3) menggunakan metode hazard identification, risk assessment and risk control (HIRARC)*.
- Rianto, R. T. (2025). Analisis keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada proses pengolahan padi menggunakan metode job safety analysis (JSA) dan hazard identification, risk assessment, and risk control (HIRARC). *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 8(3), 740–747.
- Santoso, S. (2021). *Hubungan antara tingkat risiko kecelakaan konstruksi dengan tinggi lantai pembangunan gedung pada pengangkatan, pemasangan, dan pembongkaran bekisting aluminium (Studi kasus proyek pembangunan Rusun Transit Oriented Development Rawabuntu)*.
- Syamsudin, M., & SH, M. (2018). *Praktik outsourcing dalam perspektif UU Ketenagakerjaan (Studi beberapa perusahaan di Kota Balikpapan)*. Universitas Islam Indonesia.
- Widodo, I. D. S. (2021). *Keselamatan dan kesehatan kerja: Manajemen dan implementasi K3 di tempat kerja*. Sibuku.
- Yusriliya, C. (2024). *Analisis risiko kecelakaan kerja pada pekerjaan pondasi bore pile proyek pembangunan rumah susun Polsek Kawasan Mandalika menggunakan metode failure mode and effect analysis*. Universitas Islam Indonesia.
- Zulfa, I. M., Hasyim, M. H., & Unas, S. E. (2017). Analisis risiko K3 menggunakan pendekatan HIRADC dan JSA (Studi kasus: Proyek pembangunan Menara BNI di Jakarta).

