

IDENTIFIKASI PENGENDALIAN RISIKO KESELAMATAN PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI KANTOR IKN

Muh. Lukhfi M¹, Trio Pendekar Lonan², Mycle M. Wala³

^{1,2,3}Program Studi Sarjana Terapan, Fakultas Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado

*e-mail: lukhfi135@gmail.com¹, trio.lonan@polimdo.ac.id², myclewala@gmail.com³

Received:
30.06.2026

Revised:
15.07.2026

Accepted:
20.07.2026

Available online:
31.07.2026

Abstrak: Proyek konstruksi memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja yang tinggi sehingga memerlukan penerapan keselamatan konstruksi secara sistematis. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan *Construction Safety Analysis* (CSA) dalam mengidentifikasi bahaya, menilai risiko, menentukan pengendalian risiko pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Ibu Kota Nusantara (IKN). Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif melalui observasi lapangan, dokumentasi, dan studi dokumen proyek. Analisis dilakukan menggunakan metode Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Pengendalian Risiko (IBPRP) yang dipadukan dengan CSA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerjaan *tie beam* memiliki tingkat risiko tertinggi sebelum pengendalian. Penerapan rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) mampu menurunkan tingkat risiko.

Kata kunci: *Construction Safety Analysis* (CSA), Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, Pengendalian Risiko.

1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor yang memiliki tingkat risiko keselamatan yang tinggi karena kegiatan konstruksi berlangsung pada lingkungan kerja yang dinamis dan melibatkan berbagai aktivitas, peralatan, material, serta tenaga kerja secara bersamaan. (Awwad dkk., 2016) menunjukkan bahwa industri konstruksi masih menghadapi berbagai tantangan dalam penerapan praktik keselamatan, terutama pada lingkungan konstruksi di negara berkembang. (Khalid dkk., 2021) juga menjelaskan bahwa kinerja keselamatan konstruksi dipengaruhi oleh berbagai faktor yang perlu dikelola melalui sistem manajemen keselamatan yang terstruktur.

Melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2021), penyedia jasa konstruksi diwajibkan melaksanakan identifikasi bahaya, penilaian risiko, serta pengendalian risiko secara sistematis guna meminimalkan potensi kecelakaan kerja dan menjamin keselamatan seluruh tenaga kerja selama pelaksanaan proyek. Prinsip pengelolaan keselamatan secara sistematis juga sejalan dengan pendekatan Safety Management System yang dikembangkan oleh (Khalid dkk., 2021).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam proses identifikasi bahaya adalah *Construction Safety Analysis* (CSA). Metode ini menguraikan setiap tahapan pekerjaan menjadi aktivitas yang lebih rinci sehingga potensi bahaya dapat diidentifikasi sebelum pekerjaan dilaksanakan. (Albert dkk., 2014) menunjukkan bahwa kemampuan mengenali bahaya merupakan bagian penting dalam keselamatan konstruksi karena bahaya yang tidak dikenali dapat menimbulkan risiko yang tidak terkendali. (Jeelani dkk., 2021) juga menunjukkan bahwa pekerja konstruksi dapat gagal mengenali sebagian bahaya pada lingkungan kerja yang kompleks dan dinamis. (Wu dkk., 2022) memperlihatkan bahwa informasi bahaya dapat diberikan secara langsung kepada pekerja melalui pendekatan teknologi untuk membantu proses pengenalan dan penilaian risiko.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa identifikasi bahaya dan pengendalian risiko perlu dilakukan secara sistematis dan proaktif. (N. Xu dkk., 2021) menunjukkan bahwa analisis laporan kecelakaan dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor risiko keselamatan konstruksi. (J. Xu dkk., 2023) menekankan pentingnya safety leading indicators sebagai pendekatan proaktif dalam meningkatkan kinerja keselamatan konstruksi. (Kristiana & Wibowo, 2024) juga menunjukkan pentingnya strategi keselamatan yang mencakup pengelolaan keselamatan, pelatihan, inspeksi, serta dukungan terhadap pelaksanaan keselamatan konstruksi. (Wang dkk., 2024) mengembangkan pendekatan identifikasi bahaya secara proaktif menggunakan informasi visual dan teks untuk mendukung manajemen keselamatan konstruksi. (Kong & Ahn, 2024) melalui tinjauan sistematis menunjukkan perkembangan teknologi berbasis pengetahuan dalam mendukung manajemen keselamatan konstruksi. Namun, setiap proyek memiliki karakteristik pekerjaan, kondisi lingkungan, metode pelaksanaan, serta sumber bahaya yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih spesifik untuk menganalisis potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan secara sistematis. Kesenjangan penelitian inilah yang menjadi dasar penelitian ini, yaitu menerapkan Construction Safety Analysis (CSA) yang dipadukan dengan Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Pengendalian Risiko (IBPRP) untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menentukan tingkat risiko, serta menetapkan pengendalian yang sesuai pada pekerjaan struktur.

Penelitian ini dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor IKN yang dikerjakan oleh PT X dan memiliki karakteristik pekerjaan struktur bawah, seperti pekerjaan pile cap, tie beam, kolom, dan pelat lantai. Karakteristik tersebut menyebabkan potensi bahaya yang relatif tinggi sehingga diperlukan identifikasi bahaya, penilaian risiko, serta pengendalian risiko yang dilakukan secara sistematis.

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada analisis penerapan keselamatan konstruksi pada pekerjaan struktur yang meliputi pekerjaan *pile cap*, *tie beam*, kolom, dan pelat lantai. Analisis dilakukan menggunakan metode Construction Safety Analysis (CSA) yang dipadukan dengan metode Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Pengendalian Risiko (IBPRP).

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah: (1) bagaimana penerapan metode *Construction Safety Analysis* (CSA) dalam mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menentukan pengendalian risiko pada pekerjaan konstruksi Proyek Pembangunan Gedung Kantor IKN? (2) Bagaimana efektivitas penerapan hierarki pengendalian risiko dan rekomendasi penerapan CSA dalam meminimalkan risiko kecelakaan kerja pada proyek tersebut?

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis penerapan metode *Construction Safety Analysis* (CSA) dalam mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menentukan pengendalian risiko pada pekerjaan struktur Proyek Pembangunan Gedung Kantor IKN.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi penyedia jasa konstruksi dalam meningkatkan penerapan keselamatan konstruksi melalui identifikasi bahaya dan pengendalian risiko yang lebih sistematis.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan tujuan menganalisis penerapan keselamatan konstruksi melalui identifikasi bahaya, penilaian risiko, pengendalian risiko, dan *Construction Safety Analysis* (CSA). pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor IKN. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi penerapan keselamatan konstruksi berdasarkan

kondisi aktual di lapangan, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur tingkat risiko menggunakan metode *Construction Safety Analysis* (CSA).

Penelitian dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor IKN, Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur. Proyek tersebut merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional yang dikerjakan oleh PT X. Objek penelitian difokuskan pada pekerjaan struktur yang meliputi pekerjaan pile cap, tie beam, kolom, dan pelat lantai, karena pekerjaan tersebut memiliki tingkat potensi bahaya yang relatif tinggi dibandingkan pekerjaan lainnya.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap aktivitas pekerjaan struktur di lapangan untuk mengidentifikasi tahapan pekerjaan, potensi bahaya, kondisi lingkungan kerja, serta penerapan pengendalian keselamatan. Data sekunder diperoleh dari dokumen proyek yang meliputi Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK), shop drawing, metode pelaksanaan pekerjaan, SOP, laporan inspeksi keselamatan, serta dokumen pendukung lainnya yang berkaitan dengan penerapan keselamatan konstruksi. Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik, yaitu:

1. Observasi lapangan, untuk mengamati secara langsung aktivitas pekerjaan struktur, mengidentifikasi potensi bahaya, dan mengevaluasi penerapan pengendalian risiko pada setiap tahapan pekerjaan.
2. Dokumentasi, berupa pengumpulan foto kegiatan, gambar kerja, dokumen keselamatan, laporan inspeksi, dan data proyek yang mendukung proses analisis.
3. Studi literatur, yaitu mengumpulkan referensi berupa peraturan, standar keselamatan konstruksi, jurnal ilmiah, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *Construction Safety Analysis* (CSA), Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Pengendalian Risiko (IBPRP).
4. Studi Dokumen, yaitu menelaah dokumen internal proyek untuk memperoleh informasi mengenai prosedur keselamatan, dan Risiko pekerjaan.

Analisis data dilakukan menggunakan metode *Construction Safety Analysis* (CSA) yang dikombinasikan dengan metode Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Pengendalian Risiko (IBPRP). Tahapan analisis dimulai dengan mengidentifikasi seluruh aktivitas pekerjaan struktur, kemudian setiap aktivitas diuraikan menjadi langkah kerja yang lebih rinci untuk memudahkan identifikasi potensi bahaya. Selanjutnya dilakukan identifikasi penyebab bahaya, dampak yang mungkin ditimbulkan, serta penentuan tindakan pengendalian berdasarkan hierarki pengendalian risiko.

Penilaian risiko dilakukan menggunakan parameter *Likelihood* (L) dan *Severity* (S). Penentuan nilai dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan, kondisi pekerjaan, pengalaman personel K3 proyek, serta dokumen keselamatan yang tersedia.

Nilai risiko dihitung menggunakan persamaan:

$$R = L \times S$$

dengan:

R = Tingkat risiko (*Risk*)

L = Tingkat kemungkinan (*Likelihood*)

S = Tingkat keparahan (*Severity*)

Tabel 1. Skala *Likelihood*

Nilai	Kriteria	Deskripsi
1	Rare	Sangat jarang terjadi
2	Unlikely	Jarang terjadi
3	Possible	Mungkin terjadi
4	Likely	Sering terjadi
5	Almost Certain	Sangat sering terjadi

Tabel 2. Skala *Severity*

Nilai	Tingkat Keparahannya	Deskripsi
1	Insignificant	Cedera ringan tanpa kehilangan waktu kerja
2	Minor	Cedera ringan memerlukan perawatan
3	Moderate	Cedera sedang dengan kehilangan waktu kerja
4	Major	Cedera berat atau cacat permanen
5	Catastrophic	Kematian atau lebih dari satu korban

Berdasarkan hasil perkalian antara nilai *Likelihood* (Tabel 1) dan *Severity* (Tabel 2), tingkat Risiko diklasifikasikan ke dalam empat kategori yang ditampilkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Kategori Risiko

Nilai Risiko	Kategori
1–4	Risiko Rendah
5–9	Risiko Sedang
10–16	Risiko Tinggi
17–25	Risiko Ekstrem

Klasifikasi tersebut digunakan agar seluruh rentang nilai risiko memiliki kategori yang jelas sehingga tidak terdapat nilai yang tidak terklasifikasi.

Setelah tingkat risiko diperoleh, langkah berikutnya adalah menentukan tindakan pengendalian berdasarkan hierarki pengendalian risiko, yaitu:

1. Eliminasi, dengan menghilangkan sumber bahaya apabila memungkinkan.
2. Substitusi, yaitu mengganti metode kerja, material, atau peralatan dengan alternatif yang memiliki tingkat risiko lebih rendah.
3. Rekayasa teknik (*engineering control*), seperti pemasangan *guardrail*, *safety net*, pembatas area kerja, dan perbaikan akses kerja.
4. Pengendalian administratif, meliputi penyusunan SOP, *toolbox meeting*, *safety briefing*, inspeksi rutin, pemasangan rambu keselamatan, dan pengawasan oleh petugas K3.

5. Alat Pelindung Diri (APD) sebagai lapisan pengendalian terakhir, meliputi *safety helmet*, *safety shoes*, *safety vest*, *full body harness*, sarung tangan, dan kacamata keselamatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Proyek

Penelitian dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor yang berlokasi di Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur. Proyek ini merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN) yang bertujuan mendukung pembangunan pusat pemerintahan di Ibu Kota Nusantara (IKN). Pelaksanaan konstruksi dilakukan oleh PT X. Objek penelitian difokuskan pada pekerjaan struktur yang terdiri atas pekerjaan *pile cap*, *tie beam*, *kolom*, dan pelat lantai. Pemilihan pekerjaan tersebut didasarkan pada tingginya potensi kecelakaan kerja yang dapat terjadi akibat aktivitas pembesian, bekisting, pengecoran, pekerjaan pada ketinggian, penggunaan alat berat, serta mobilisasi material konstruksi.

Tahapan penelitian dilakukan melalui identifikasi bahaya, penilaian tingkat risiko, penentuan tindakan pengendalian menggunakan metode *Construction Safety Analysis (CSA)*.

3.2 Identifikasi Bahaya Menggunakan IBPRP

Tahap awal penelitian dilakukan melalui proses Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Pengendalian Risiko (IBPRP) terhadap seluruh tahapan pekerjaan struktur. Identifikasi dilakukan berdasarkan aktivitas kerja aktual di lapangan sehingga setiap potensi bahaya dapat dikenali sejak awal sebelum pekerjaan dilaksanakan.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa sebagian besar potensi bahaya berasal dari aktivitas pekerjaan pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran beton, pekerjaan pada ketinggian, penggunaan alat berat, serta perpindahan material konstruksi. Risiko yang ditemukan meliputi pekerja tertimpa material, terjatuh dari ketinggian, terjepit peralatan, terpeleset akibat kondisi area kerja yang licin, hingga tertusuk material baja tulangan.

Selain risiko terhadap pekerja, penelitian juga menemukan potensi kerusakan terhadap material, gangguan terhadap peralatan konstruksi, serta dampak terhadap lingkungan kerja apabila prosedur keselamatan tidak diterapkan secara konsisten (Tabel 4).

Tabel 4. Identifikasi Potensi Bahaya Pekerjaan Struktur

Jenis Pekerjaan	Potensi Bahaya	Risiko
Pile Cap	Galian longsor, tertimpa material	Cedera pekerja
Tie Beam	Jatuh dari ketinggian, tertimpa bekisting	Cedera berat
Kolom	Terjepit bekisting, tertusuk tulangan	Luka sedang
Pelat Lantai	Terjatuh, terpeleset, tertimpa material	Cedera berat

3.3 Penilaian Tingkat Risiko

Setelah seluruh potensi bahaya diidentifikasi, dilakukan penilaian tingkat risiko menggunakan matriks risiko berdasarkan parameter *Likelihood* (L) dan *Severity* (S). Nilai risiko diperoleh dari hasil perkalian kedua parameter tersebut.

$$Risk = Likelihood \times Severity$$

Klasifikasi tingkat risiko mengacu pada ketentuan yang ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Penilaian Tingkat Risiko

Nilai Risiko	Tingkat Risiko
1–4	Rendah
5–12	Sedang
15–25	Tinggi

Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa seluruh pekerjaan struktur memiliki tingkat risiko yang berbeda-beda. Pekerjaan tie beam merupakan pekerjaan dengan tingkat risiko tertinggi sebelum dilakukan pengendalian karena melibatkan pekerjaan pada ketinggian, penggunaan bekisting, aktivitas pembesian, serta mobilisasi material dalam jumlah besar.

Sebaliknya, pekerjaan kolom dan pelat lantai didominasi oleh risiko kategori sedang, sedangkan sebagian aktivitas *pile cap* memiliki kombinasi risiko sedang hingga tinggi bergantung pada kondisi lapangan.

3.4 Construction Safety Analysis (CSA)

Metode *Construction Safety Analysis* (CSA) digunakan untuk menguraikan setiap tahapan pekerjaan secara sistematis sehingga seluruh potensi bahaya dapat dianalisis secara lebih rinci. Setiap aktivitas kerja diidentifikasi berdasarkan urutan pelaksanaannya, kemudian ditentukan potensi bahaya, penyebab, dampak, tindakan pengendalian, serta Alat Pelindung Diri (APD) yang wajib digunakan.

Penerapan CSA memberikan keuntungan karena identifikasi risiko dilakukan secara spesifik pada setiap langkah pekerjaan sehingga tindakan pengendalian dapat direncanakan sebelum pekerjaan dimulai (Tabel 6).

Tabel 6. *Construction Safety Anlysis* Pekerjaan Struktur

Aktivitas	Potensi Bahaya	Pengendalian
Pembesian	Tergores besi tulangan	Sarung tangan, SOP kerja
Bekisting	Terjepit panel bekisting	Pengawasan kerja
Pengecoran	Terpeleset beton basah	Housekeeping
Pembongkaran	Material jatuh	Safety helmet dan safety line

Hasil CSA menunjukkan bahwa sebagian besar risiko dapat dikendalikan melalui penerapan **hierarki pengendalian**, yaitu:

- rekayasa teknik (*engineering control*);
- pengendalian administratif;
- penggunaan Alat Pelindung Diri (APD);
- inspeksi keselamatan secara berkala;
- pelaksanaan *toolbox meeting* sebelum pekerjaan dimulai.

Setelah tindakan pengendalian diterapkan, tingkat risiko pada setiap pekerjaan mengalami penurunan sehingga sebagian besar risiko berubah menjadi kategori **rendah** dan **sedang**.

Temuan ini menunjukkan bahwa CSA merupakan metode yang efektif dalam mengurangi potensi kecelakaan kerja karena mampu mengidentifikasi sumber bahaya secara rinci sebelum aktivitas konstruksi dilaksanakan.

3.5 Pembahasan Pengendalian Risiko

Pengendalian risiko yang diterapkan pada proyek mengacu pada prinsip hierarki pengendalian risiko, yaitu eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan APD.

Pengendalian yang paling banyak diterapkan pada proyek adalah rekayasa teknik melalui pemasangan *guardrail*, *safety net*, pembatas area kerja, serta perbaikan akses kerja. Selain itu diterapkan pula pengendalian administratif berupa penyusunan SOP, pelaksanaan *toolbox meeting*, inspeksi rutin, pemasangan rambu keselamatan, serta pengawasan oleh petugas K3.

Penggunaan APD menjadi lapisan pengendalian terakhir yang wajib diterapkan oleh seluruh pekerja, meliputi:

- *Safety Helmet*
- *Safety Shoes*
- *Safety Vest*
- *Full Body Harness*
- Sarung Tangan
- Kacamata *Safety*

Penerapan kombinasi pengendalian tersebut terbukti mampu menurunkan tingkat risiko pada seluruh pekerjaan struktur sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja dapat diminimalkan.

3.6 Pembahasan

Penerapan metode *Construction Safety Analysis* (CSA) pada penelitian ini terbukti mampu mengidentifikasi potensi bahaya secara lebih rinci dibandingkan identifikasi risiko secara umum. Melalui penguraian setiap tahapan pekerjaan, setiap aktivitas konstruksi dapat dianalisis berdasarkan potensi bahaya, tingkat risiko, penyebab kecelakaan, serta tindakan pengendalian yang harus diterapkan sebelum pekerjaan dimulai.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerjaan *tie beam* memiliki tingkat risiko paling tinggi dibandingkan pekerjaan struktur lainnya. Kondisi tersebut disebabkan oleh tingginya aktivitas pekerjaan pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran beton, penggunaan alat berat, serta pekerjaan pada elevasi tertentu. Risiko utama yang ditemukan meliputi pekerja jatuh dari ketinggian, tertimpa material, terjepit bekisting, serta tertusuk tulangan baja.

Setelah dilakukan pengendalian melalui rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan APD, tingkat risiko pada seluruh pekerjaan mengalami penurunan. Hal tersebut membuktikan bahwa penerapan hierarki pengendalian risiko mampu meningkatkan efektivitas pelaksanaan keselamatan konstruksi di lapangan.

Temuan penelitian ini sejalan dengan Albert et al. (2014) yang menekankan pentingnya kemampuan pengenalan bahaya dalam keselamatan konstruksi. Jeelani et al. (2021) juga menunjukkan bahwa lingkungan konstruksi yang dinamis dapat menyebabkan sebagian bahaya tidak dikenali oleh pekerja. Hasil penelitian ini memperkuat pentingnya penguraian aktivitas pekerjaan secara sistematis melalui *Construction Safety Analysis* (CSA) agar potensi bahaya dapat dikenali sebelum pekerjaan dilaksanakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap Perencanaan keselamatan konstruksi pada proyek Pembangunan Gedung IKN:

1. Penerapan *Construction Safety Analysis* (CSA) yang didukung dengan metode Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, dan Pengendalian Risiko (IBPRP) mampu mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan struktur, yaitu pekerjaan pile cap, tie beam, kolom, dan pelat lantai. Potensi bahaya yang teridentifikasi berasal dari aktivitas pekerjaan, penggunaan peralatan, material konstruksi, dan kondisi lingkungan kerja. Hasil penilaian menunjukkan bahwa pekerjaan kolom memiliki tingkat risiko awal tertinggi dengan nilai 12 yang termasuk dalam kategori risiko sedang, dan pekerjaan lainnya didominasi oleh kategori risiko sedang dan risiko kecil. Melalui penerapan pengendalian berupa rekayasa teknik, pengendalian administratif, serta penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), tingkat risiko berhasil diturunkan menjadi kategori sedang dan kecil, sehingga penerapan CSA terbukti efektif dalam mengendalikan risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.
2. Hasil penerapan hierarki pengendalian risiko di lapangan membuktikan bahwa penggabungan rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan APD menjadi unsur kunci dalam menekan tingkat risiko. Tindakan rekayasa teknik seperti instalasi *guardrail*, *safety net*, dan peningkatan akses kerja terbukti paling dominan dalam meminimalisir bahaya pada aktivitas di ketinggian. Dengan demikian, disarankan kepada penyedia jasa konstruksi untuk mengintegrasikan metode CSA mulai dari tahap perencanaan dan melaksanakan *toolbox meeting* serta inspeksi K3 secara berkala guna menjamin keefektifan pengendalian risiko di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Albert, A., Hallowell, M. R., Kleiner, B., Chen, A., & Golparvar-Fard, M. (2014). Enhancing construction hazard recognition with high-fidelity augmented virtuality. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(7), 04014024.
- Awwad, R., El Souki, O., & Jabbour, M. (2016). Construction safety practices and challenges in a Middle Eastern developing country. *Safety science*, 83, 1-11.
- Jeelani, I., Asadi, K., Ramshankar, H., Han, K., & Albert, A. (2021). Real-time vision-based worker localization & hazard detection for construction. *Automation in Construction*, 121, 103448.
- Khalid, U., Sagoo, A., & Benachir, M. (2021). Safety Management System (SMS) framework development–Mitigating the critical safety factors affecting Health and Safety performance in construction projects. *Safety science*, 143, 105402.
- Kong, F., & Ahn, S. (2024). Use of knowledge graphs for construction safety management: A systematic literature review. *Information*, 15(7), 390.
- Kristiana, R., & Wibowo, A. (2024). Strategi Peningkatan Kinerja Keselamatan di Industri Konstruksi: Tinjauan Literatur Sistematis. *J Tek Sipil*, 31(3), 361-74.
- Nugroho, D. B., Latief, Y., Wibowo, M. A., Arifuddin, R., Lestari, F., & Akram, M. N. (2024). Development of a framework for risk-based integrated safety audit to enhance construction safety performance. *Civil Engineering Journal*, 10(3), 779-795.

- Wang, Y., Xiao, B., Bouferguene, A., & Al-Hussein, M. (2024). Proactive safety hazard identification using visual-text semantic similarity for construction safety management. *Automation in Construction*, 166, 105602.
- Wu, S., Hou, L., Zhang, GK, & Chen, H. (2022). Peringatan visual berbasis realitas campuran waktu nyata untuk keselamatan tenaga kerja konstruksi. *Otomasi dalam Konstruksi*, 139, 104252.
- Xu, J., Cheung, C., Manu, P., Ejohwomu, O., & Too, J. (2023). Implementing safety leading indicators in construction: Toward a proactive approach to safety management. *Safety science*, 157, 105929.
- Na, X. U., Ling, M. A., & Li, W. A. N. G. (2021). An improved text mining approach to extract safety risk factors from construction accident reports. *Safety science*, 138, 105216.