

INOVASI DIGITALISASI KESELAMATAN KONSTRUKSI DENGAN BIM 8D

Ariya Fawwas Hawari¹, Kartika Hapsari Sutantiningrum^{2*}

Jurusan Teknik Sipil^{1,2}

Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok, 16424

hawariariya@gmail.com¹, ra.kartikahapsarisutantiningrum@sipil.pnj.ac.id^{2*}

Abstrak

Penggunaan Building Information Modeling (BIM) telah terbukti sangat membantu penyedia jasa konstruksi dalam proses perencanaan, pelaksanaan, hingga pengawasan proyek. Salah satunya adalah kemampuan BIM dalam mendukung pengendalian risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) melalui pemodelan 8D. Namun, di lapangan, adopsi teknologi ini untuk tujuan K3 masih belum merata di seluruh perusahaan konstruksi, termasuk yang terjadi pada Proyek Masjid Raya BSD. Banyak perusahaan masih menggunakan metode konvensional dalam identifikasi dan pengendalian risiko K3, yang kerap menimbulkan keterlambatan maupun ketidaktepatan dalam mitigasi bahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pengendalian risiko K3 berbasis BIM 8D pada Proyek Masjid Raya BSD serta mengidentifikasi kelebihan dan kekurangannya. Keterbaruan penelitian terletak pada inovasi visualisasi bahaya dan risiko K3 secara real-time melalui integrasi pemodelan BIM dengan data lapangan, yang memungkinkan monitoring K3 menjadi lebih sistematis dan terukur. Metode yang digunakan meliputi pembuatan model BIM 4D proyek, pengembangan sistem pengendalian risiko K3 berbasis visualisasi BIM, serta evaluasi efektivitasnya melalui wawancara mendalam dan penyebaran kuesioner kepada tenaga ahli dan pekerja lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang dikembangkan sangat efektif dalam membantu identifikasi potensi bahaya, visualisasi risiko kerja di setiap tahapan proyek, perencanaan pengendalian risiko yang lebih akurat, serta penataan area kerja dan material yang lebih tertib. Selain itu, sistem ini mampu meningkatkan kualitas monitoring K3 di lapangan secara signifikan. Namun, penelitian juga mengungkap

beberapa kekurangan, antara lain fitur spesifikasi alat pelindung diri (APD) yang belum optimal dalam model, serta masih rendahnya pemahaman pekerja terhadap teknologi BIM, sehingga diperlukan pelatihan lanjutan dan pengembangan fitur yang lebih interaktif agar dapat menjangkau seluruh pengguna proyek.

Kata kunci:

Autodesk Naviswork; Autodesk Revit; Building Information Modeling; Pengendalian Risiko

Abstract

The use of Building Information Modeling (BIM) has proven to be highly beneficial for construction service providers in the planning, implementation, and supervision stages of a project. One of BIM's strengths is its ability to support Occupational Health and Safety (OHS) risk control through 8D modeling. However, in practice, the adoption of this technology for OHS purposes is still uneven across construction companies, including in the case of the Masjid Raya BSD Project. Many companies continue to rely on conventional methods for identifying and controlling OHS risks, which often lead to delays and inaccuracies in hazard mitigation. This research aims to develop an OHS risk control model based on 8D BIM for the Masjid Raya BSD Project and to identify its strengths and weaknesses. The novelty of this study lies in the innovation of real-time hazard and risk visualization through the integration of BIM modeling with field data, enabling more systematic and measurable OHS monitoring. The methodology includes the creation of a 4D BIM model of the project, the development of a BIM-based OHS risk control system, and the evaluation of its

effectiveness through in-depth interviews and questionnaires distributed to experts and field workers. The results show that the developed model is highly effective in assisting hazard identification, visualizing work risks at each stage of the project, planning more accurate risk control strategies, and organizing work areas and materials more efficiently. Additionally, the system significantly improves the quality of OHS monitoring in the field. However, the study also identifies several shortcomings, including suboptimal features related to the specification of personal protective equipment (PPE) within the model and the generally low level of worker understanding of BIM technology. Therefore, further training and the development of more interactive features are needed to ensure broader adoption among all project stakeholders.

Keywords:

Autodesk Naviswork; Autodesk Revit; Building Information Modeling; Risk Control

I. PENDAHULUAN

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek krusial dalam industri konstruksi untuk mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Data Kementerian Ketenagakerjaan (Kemnaker) menunjukkan bahwa dari total 162.327 kasus kecelakaan kerja, 0,91% terjadi di sektor konstruksi. Angka ini mengindikasikan bahwa meskipun berbagai upaya telah dilakukan, tingkat kecelakaan kerja di sektor konstruksi masih menjadi perhatian serius. Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pentingnya K3 dan dampaknya terhadap produktivitas proyek, namun implementasi efektif di lapangan masih menjadi tantangan. Teknologi informasi telah menjadi tulang punggung berbagai sektor industri dan perannya dalam meningkatkan kesiapsiagaan darurat kesehatan dan keselamatan kerja tidak dapat dianggap remeh (Karina Nasution, Hasibuan, Aulia, & Puspa Dewi, 2024). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan inovatif untuk meningkatkan efektivitas program K3.

Building Information Modeling (BIM) adalah teknologi yang mengintegrasikan seluruh proses konstruksi ke dalam model digital yang akurat (Sarju, Asmarayani, & Kresnanto, 2022), BIM 8D berfokus pada integrasi aspek kesehatan dan keselamatan kerja ke dalam model digital untuk meminimalkan risiko pada tahap desain dan pelaksanaan (Ershadi, Davis, Jefferies, & Mojtahedi, 2021). BIM 8D memungkinkan

penilaian risiko konstruksi sejak fase desain hingga konstruksi, (Jin, Gambatese, & Liu, 2019). Meskipun BIM memiliki potensi besar dalam meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja, implementasinya dalam aspek K3 masih terbatas (Faqih & Herzanita, 2024). Banyak proyek konstruksi belum sepenuhnya memanfaatkan teknologi ini untuk manajemen K3, dan literatur yang secara spesifik membahas pengembangan dan evaluasi model BIM untuk pengendalian risiko K3 di lapangan masih relatif minim.

Implementasi BIM yang berpengaruh dalam meminimalkan kecelakaan kerja terdapat pada pemodelan 4D, simulasi 4D, *Design for Safety* (DfS) dan identifikasi lokasi potensi bahaya otomatis, pemeriksaan aturan keselamatan otomatis, identifikasi faktor tidak aman otomatis, serta mitigasi otomatis (Hartono, Handayani, & Prasetya, 2024). Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa BIM dapat membantu mengidentifikasi risiko keselamatan kerja pada tahap desain dan konstruksi (Sampaio, Constantino, & Almeida, 2022), dan efektif dalam mengembangkan rencana keselamatan kerja melalui simulasi dan analisis akurat (Rodrigues, Antunes, & Matos, 2021). Selain itu BIM juga dapat melakukan analisis simulasi evakuasi bencana kebakaran (Putra, Sukmono, & Bashit, 2021). Namun, berdasarkan tinjauan literatur tersebut, ditemukan kesenjangan yang signifikan. Mayoritas penelitian yang ada masih didominasi oleh aspek "identifikasi" dan "deteksi" bahaya dalam model, namun belum banyak yang menawarkan siklus "pengendalian" risiko yang utuh hingga ke lapangan. Kelemahan implementasi BIM yang belum optimal adalah kurangnya visualisasi real-time, integrasi data yang terbatas, dan kesulitan dalam memonitor kepatuhan K3 di lapangan secara dinamis (Hartono, Handayani, & Olivia, 2023). Selain itu, kompleksitas teknis model BIM seringkali menjadi hambatan dalam penerapannya oleh pekerja. Kondisi ideal yang harus tercapai adalah adanya sistem yang tidak hanya mengidentifikasi risiko, tetapi juga memfasilitasi perencanaan, visualisasi, dan monitoring K3 secara komprehensif dan mudah dipahami oleh seluruh pihak, termasuk pekerja di lapangan (Kumara, Raharja, & Chan, 2024).

Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pengendalian risiko K3 berbasis BIM yang menjembatani kesenjangan antara model digital dan eksekusi fisik. Secara spesifik, penelitian ini akan mengidentifikasi risiko K3 yang dapat dimodelkan dalam BIM, melakukan pemodelan

risiko K3, mengembangkan inovasi pengendalian risiko K3 berbasis BIM, serta mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan model yang dihasilkan. Penelitian ini penting secara ilmiah karena berkontribusi pada pengembangan teori dan praktik BIM dalam konteks K3, khususnya dengan menggeser fokus dari sekadar identifikasi risiko menuju pengendalian dan monitoring risiko yang aplikatif. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efektivitas manajemen K3 pada proyek konstruksi, khususnya melalui pemanfaatan teknologi BIM (Akinlolu & Haupt, 2021).

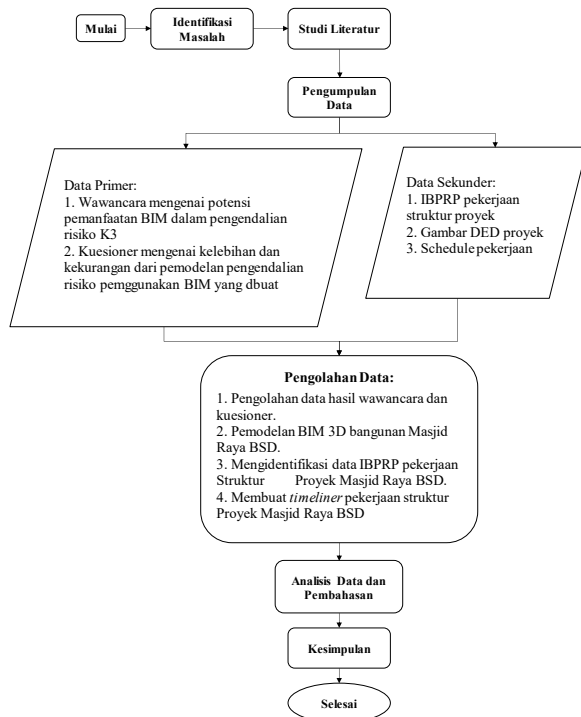
II. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan studi kasus pada Proyek Masjid Raya BSD. Proyek Masjid Raya BSD adalah proyek yang terdiri dari 4 Lantai dengan luas lahan sebesar 22.667 m² dan luas bangunan sebesar 9.138 m². Proyek ini berlangsung dari bulan Maret 2024 hingga bulan Juli 2025.

Tahapan Penelitian

Adapun tahapan dari penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 1 Flowchart penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama:

1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur
Tahap awal meliputi identifikasi permasalahan terkait implementasi K3 di proyek konstruksi dan peninjauan literatur terkait BIM dan K3.
2. Pengumpulan Data
Mengumpulkan data primer melalui wawancara dengan pakar dan penyebaran kuesioner kepada responden, serta data sekunder berupa IBPRP, gambar DED, dan *schedule* proyek.
3. Pengolahan Data
 - a. Pengolahan data hasil wawancara dan kuesioner.
 - b. Pemodelan BIM 3D struktur bangunan Masjid Raya BSD menggunakan Autodesk Revit.
 - c. Identifikasi data IBPRP pekerjaan struktur Proyek Masjid Raya BSD.
 - d. Pembuatan *timeliner* pekerjaan struktur Proyek Masjid Raya BSD.
4. Analisis Data dan Pembahasan
 - a. Mengidentifikasi pengendalian risiko K3 pada data IBPRP yang dapat dimodelkan ke dalam Autodesk Revit.
 - b. Memodelkan pengendalian risiko K3 pada model bangunan menggunakan Autodesk Revit.
 - c. Membuat *phase* pada model bangunan di Autodesk Revit dan mengeksplor model ke Autodesk Naviswork.
 - d. Membuat *timeliner* di Autodesk Naviswork dan menjalankan simulasi 4D.
 - e. Membuat inovasi pengembangan pengendalian risiko K3 menggunakan BIM.
 - f. Menilai pemodelan yang dibuat berdasarkan hasil wawancara dan kuesioner.
5. Kesimpulan dan Saran
Merumuskan kesimpulan dari hasil penelitian dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya serta implementasi praktis.

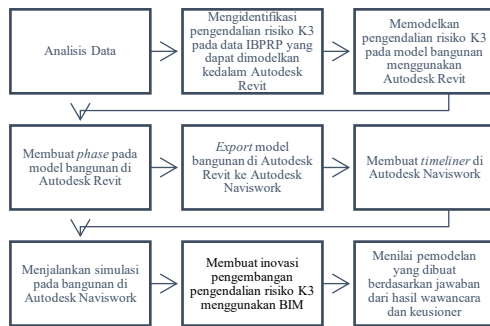
Teknik Pengumpulan Data

1. Data Primer
 - a. Wawancara
Wawancara dilakukan dengan 2 pakar dibidang K3 dan 1 pakar dibidang *engineering* dengan setiap pakar memiliki pengalaman minimal 1 tahun.

- b. Kuesioner
Kuesioner disebarakan kepada 12 responden tenaga ahli dan 30 responden pekerja di Proyek Masjid Raya BSD dengan pengalaman minimal 1 tahun. Penyusunan kuesioner dibuat dengan menggunakan skala *gutmaan* yang terdiri dari jawaban “ya” dan “tidak” dan responden ditentukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* yaitu menentukan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2013).

2. Data Sekunder

Data sekunder didapat dari data Proyek Masjid Raya BSD yang terdiri dari IBPRP pekerjaan struktur yang digunakan untuk mengidentifikasi pengendalian risiko yang dapat dimodelkan kedalam BIM, gambar *Detail Engineering Design* (DED) yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan model bangunan di Autodesk Revit, serta *schedule* pekerjaan struktur yang digunakan untuk membuat *timeliner* untuk melakukan simulasi BIM 4D di Autodesk Naviswork.



Gambar 2 Flowchart Analisis Data

Teknik Analisis Data

1. Analisis Data Kualitatif (Wawancara)
Dilakukan menggunakan teknik analisis tematik untuk data hasil wawancara dengan pakar. Tahapan meliputi familiarisasi data, pengkodean, pencarian tema, peninjauan tema, hingga penulisan laporan.
2. Analisis Data Kuantitatif (Kuesioner)
Data kuesioner dianalisis menggunakan statistik deskriptif persentase. Karena menggunakan Skala Guttman, jawaban "Ya" diberi skor 1 dan "Tidak" diberi skor 0. Total skor dihitung persentasenya dan hasil persentase kemudian diinterpretasikan ke dalam skala interval (Sangat Baik hingga Sangat Kurang) untuk mengukur

tingkat keberterimaan dan efektivitas model pengendalian risiko yang dikembangkan.

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Identifikasi Pengendalian Risiko yang Dapat Dimodelkan ke Dalam BIM

Batasan masalah pada penelitian ini difokuskan pada pekerjaan struktur Masjid Raya BSD. Tabel 1 adalah tabel IBPRP pada pekerjaan scaffolding dan tangga *temporary* serta pada pekerjaan Struktur Masjid Raya BSD berdasarkan dokumen IBPRP yang diperoleh dari proyek.

Pada tabel 1, terdapat beberapa bentuk pengendalian risiko yang tidak dapat dimodelkan kedalam BIM yang diblok dengan warna abu-abu. Adapun persentase dari perbandingan pengendalian risiko tersebut:



Gambar 3 Persentase Pengendalian Risiko yang Dapat Divisualisasikan Kedalam BIM Pada Pekerjaan Scaffolding dan Tangga *Temporary*

Pada tabel 2, terdapat beberapa bentuk pengendalian risiko yang tidak dapat dimodelkan kedalam BIM yang diblok dengan warna merah. Adapun persentase dari perbandingan pengendalian risiko tersebut:



Gambar 4 Persentase Pengendalian Risiko yang Dapat Divisualisasikan Kedalam BIM Pada Pekerjaan Struktur

Tabel 1 IBPRP Pekerjaan Scaffolding dan Tangga Temporary

No.	Deskripsi Risiko		Penilaian			Tingkat Risiko	Pengendalian Risiko																																										
	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Risiko	F	A			F x A																																									
A	Pekerjaan Scaffolding dan Tangga Temporary	Penempatan Material	Tertimpa alat	4	4	16	Besar Hindari penempatan material dari area operasi pengangkatan alat berat Taati peraturan keselamatan kerja Pasang rambu - rambu "Awas bahaya dari atas" Cek Kekuatan scaffolding dan steeger Pasang jaring pengaman di sekeliling tangga Pasang jaring pengaman Pasang railing Safety deck dipastikan terpasang Cek Kekuatan scaffolding dan steeger Pastikan alat di cek sebelum digunakan Dibuat ikatan antar stagger dengan pipa Penambahan ikatan yang dibuat dari baja Pasang jaring pengaman Pasang railing Safety deck dipastikan terpasang Cek Kekuatan scaffolding dan steeger Pastikan alat di cek sebelum digunakan Dibuat ikatan antar stagger dengan pipa Penambahan ikatan yang dibuat dari baja Pasang jaring pengaman Pasang railing Safety deck dipastikan terpasang Cek Kekuatan scaffolding dan steeger Pastikan alat di cek sebelum digunakan Dibuat ikatan antar stagger dengan pipa Penambahan ikatan yang dibuat dari baja Hindari lokasi berbahaya saat pembongkaran berlangsung																																										
								Pemasangan/Setting	Terjatuh	4	3	12	Sedang																																				
														Terjepit pipa	3	3	9	Sedang																															
																			Ambruk	5	4	20	Besar																										
																								Terjepit	3	4	12	Sedang																					
																													Abruk	4	4	16	Besar																
																																		Pengecekan	Terjatuh dari ketinggian	5	4	20	Besar										
																																								Pekerja yang dibawah kejatuhan material	5	4	20	Besar					
																																													Pekerja Jatuh	5	4	20	Besar
Tertimpa material	4	4	16	Besar																																													

Tabel 2 IBPRP Pekerjaan Struktur

No.	Deskripsi Risiko		Penilaian			Tingkat Risiko	Pengendalian Risiko																																														
	Uraian Pekerjaan	Identifikasi Bahaya	Risiko	F	A			F x A																																													
B	Pekerjaan Struktur	1. Bekisting	Tertimpa kayu	3	4	12	Sedang Saat pengangkutan menggunakan alat angkut Saat pengangkutan menggunakan alat angkut Jatuh dari ketinggian Pasang railing/safety deck Pasang rambu-rambu "Awas Jatuh" Kejatuhan benda dari atas Pasang jaring pengaman/safety net Pasang rambu-rambu "Awas bahaya dari atas" Menyediakan smoking area Menyediakan perlengkapan APAR Menata letak sumber listrik Menentukan jalur evakuasi																																														
								PERSIAPAN ALAT	Tertimpa kayu	5	4	20	Besar																																								
														Jatuh dari ketinggian	4	4	16	Sedang																																			
																			Kejatuhan benda dari atas	3	4	12	Sedang																														
																								Fabrikasi kayu	Kebakaran	4	4	16	Besar																								
																														2. Pemesian	Pekerja kejatuhan material	5	4	12	Sedang																		
																																				Fabrikasi	Kebakaran	4	4	16	Besar												
																																										3. Pengecoran dengan alat berat/alat pendukung	Pekerja tertabrak kendaraan yang	3	5	15	Besar						
																																																Concrete Pump	Pekerja tertabrak kendaraan yang	3	5	15	Besar
Pekerja jatuh	5	4	20	Besar																																																	
					Pembongkaran scaffolding dan bekisting	Ambruk	5	3	15	Besar																																											
											Tertimpa material	4	4	16	Besar																																						
																Cleaning area	Kebakaran	4	4	16	Besar																																
																						Bencana Alam	Tertimpa reruntuhan	4	4	16	Besar																										
																												Tersambar petir	2	5	10	Sedang																					

Berdasarkan persentase dari kedua IBPRP tersebut, terdapat 76% pengendalian risiko yang dapat divisulisasikan dan 24% yang tidak dapat divisulisasikan kedalam BIM pada pekerjaan scaffolding dan tangga *temporary* dan juga terdapat 90% pengendalian risiko yang dapat divisulisasikan dan 10% yang tidak dapat divisulisasikan kedalam BIM pada pekerjaan struktur. Hal tersebut menunjukkan pengendalian risiko yang dapat divisulisasikan pada setiap pekerjaan dapat dikatakan optimal karena berada diatas 50%.

Adapun pemodelan dari pengendalian risiko yang akan divisulisasikan terdiri dari:

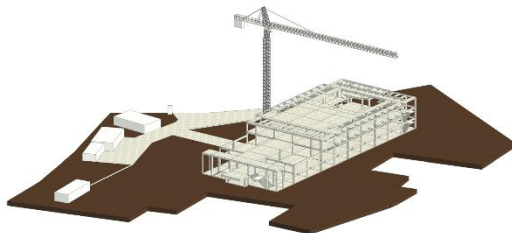
- 1) Area berbahaya pada bangunan.
- 2) Area kerja *tower crane*.
- 3) Pemasangan tiang penangkal petir pada bangunan.
- 4) Penentuan jalur akses khusus pekerja dan kendaraan.
- 5) Pemasangan tangga scaffolding.
- 6) Pemasangan proteksi pada *void* bangunan.
- 7) Pemasangan *safety net* pada bangunan.
- 8) Pemasangan jembatan scaffolding.
- 9) Pemasangan pengaman tepi tangga.
- 10) Pembuatan area merokok untuk pekerja
- 11) Pemasangan rambu-rambu keselamatan kerja.
- 12) Penentuan jalur evakuasi untuk pekerja.

Pengendalian risiko yang tidak dapat divisulisasikan kedalam BIM terdiri dari:

- 1) Pemasangan jaring pengaman pada tangga scaffolding.
- 2) Pemasangan *safety deck*.
- 3) Penataan sumber listrik.
- 4) Pemasangan lampu penerangan.

Pemodelan BIM 3D

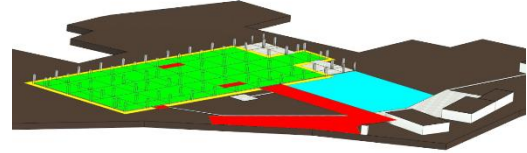
Berikut adalah hasil pemodelan 3D bangunan struktur Masjid Raya BSD didalam Autodesk Revit 2025:



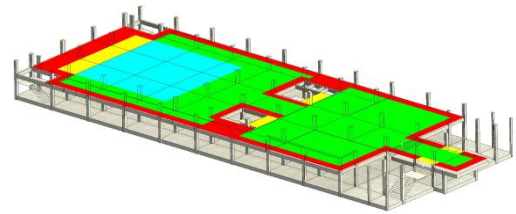
Gambar 5 Hasil Pemodelan 3D Struktur Masjid Raya BSD

Adapun pemodelan dari pengendalian risiko K3 pada BIM sebagai berikut:

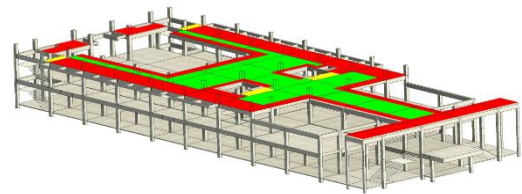
1. Pemodelan area berbahaya pada bangunan



Gambar 6 Area Berbahaya Pada Site dan Lantai Dasar



Gambar 7 Area Berbahaya Pada Lantai Utama



Gambar 8 Area Berbahaya Pada Lantai 3



Gambar 9 Area Berbahaya Pada Lantai Atap

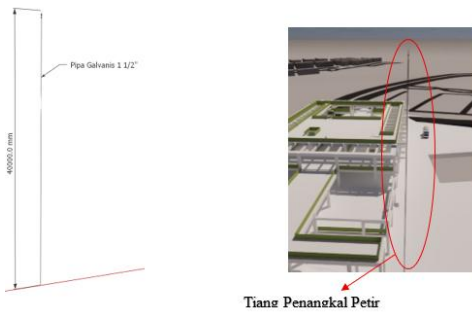
- Risiko Kecil
- Risiko Sedang
- Risiko Besar
- Area Penempatan Material

2. Pemodelan area kerja *tower crane*



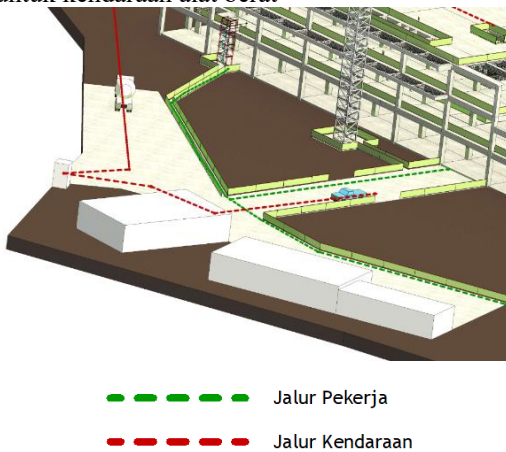
Gambar 10 Pemodelan 2D dan 3D Area Kerja Tower Crane

3. Pemodelan tiang penangkal petir



Gambar 11 Pemodelan Tiang Penangkal Petir

4. Pemodelan jalur khusus untuk pekerja dan jalur untuk kendaraan alat berat



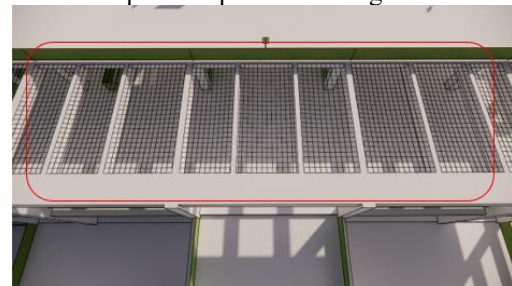
Gambar 12 Pemodelan Jalur Pekerja dan Kendaraan Alat Berat

5. Pemodelan tangga scaffolding



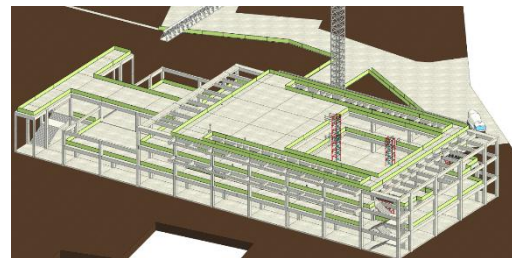
Gambar 13 Pemodelan Tangga Scaffolding Pada Lantai Utama-Lantai 3

6. Pemodelan proteksi pada void bangunan



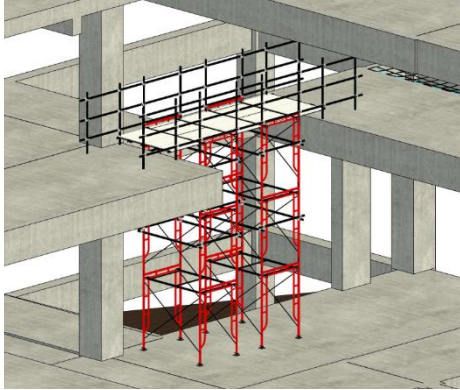
Gambar 14 Pemodelan Proteksi Pada Void Bangunan

7. Pemodelan *safety net*



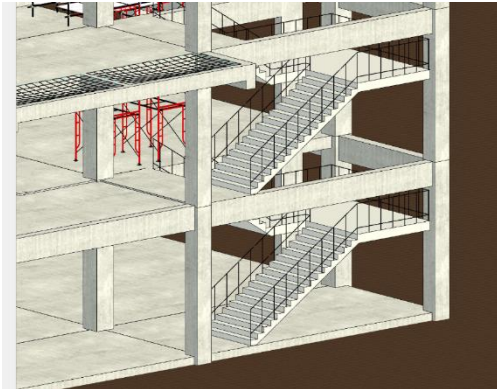
Gambar 15 Pemodelan Safety Net Pada Void dan Pinggir Bangunan

8. Pemodelan Jembatan Scaffolding Pada Bangunan



Gambar 16 Pemodelan Jembatan Scaffolding Pada Bangunan Lantai Utama

9. Pemodelan pengaman tepi tangga



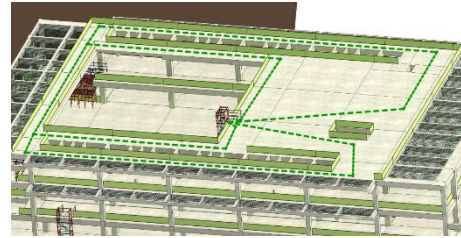
Gambar 17 Pemodelan Pengaman Tepi Tangga

10. Pemodelan area merokok pada bangunan

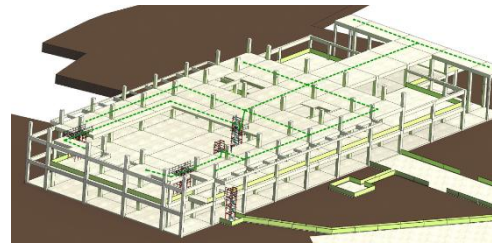


Gambar 18 Pemodelan Area Merokok Pada Bangunan

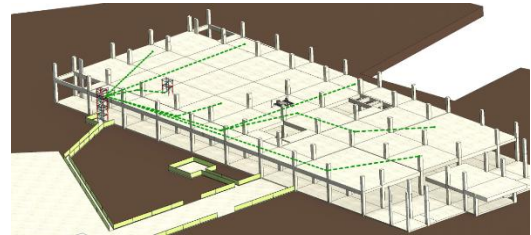
11. Pemodelan jalur evakuasi pekerja



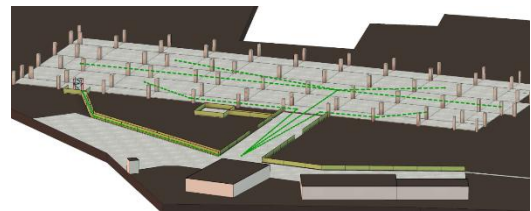
Gambar 19 Pemodelan Jalur Evakuasi Pekerja di Lantai Atap



Gambar 20 Pemodelan Jalur Evakuasi Pekerja di Lantai 3



Gambar 21 Pemodelan Jalur Evakuasi Pekerja di Lantai Utama



Gambar 22 Pemodelan Jalur Evakuasi Pekerja di Lantai Dasar

● ● ● ● ● Jalur Evakuasi



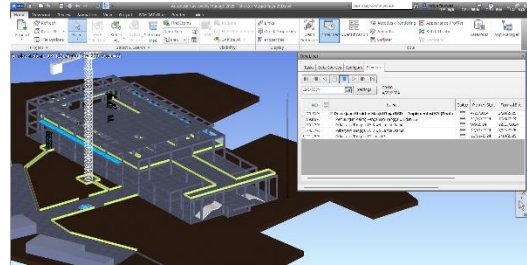
Gambar 23 Pemodelan Rambu Jalur Evakuasi Pada Bangunan

Dengan membuat *phase* dan *timeliner* elemen K3 dapat diatur agar muncul atau hilang dan disimulasikan sesuai dengan jadwal pekerjaan di lapangan. Setelah *phase* dan *timeliner* dibuat, model bangunan di Autodesk Revit diekspor kedalam Autodesk Naviswork beserta dengan *timeliner* nya dan dijalankan simulasi 4D. Berikut adalah pembuatan *phase* dan *timeliner* dari pekerjaan struktur Masjid Raya BSD berdasarkan data dari *schedule* pekerjaan yang sudah ditambahkan dengan *schedule* pemasangan alat-alat K3 (diblok dengan warna hijau):

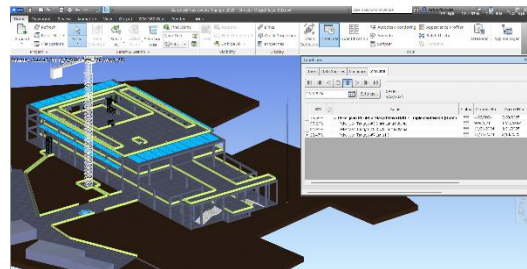
Tabel 3 Timeliner Pekerjaan Struktur

No.	Nama Aktivitas	Mulai	Selesai
1	Pekerjaan Tie Beam dan Pelat Lantai Dasar	29-Apr-24	23-Aug-24
2	Pekerjaan Kolom Lantai Dasar	27-May-24	23-Aug-24
3	Pekerjaan Tangga #1 & #2	26-Aug-24	26-Nov-24
4	Pekerjaan Tangga #3 & #4 Lantai Dasar	15-Jul-24	15-Oct-24
5	Pekerjaan Tangga #5 & #6 Lantai Dasar	15-Jul-24	15-Oct-24
6	Instalasi Tangga Scaffolding Lantai Dasar	24-Jun-24	29-Jun-24
7	Pemasangan Alat - Alat K3 di Lantai Dasar	07-Oct-24	12-Oct-24
8	Pemasangan Railing Pengaman Tangga #3 dan #4 Lantai Dasar	09-Dec-24	13-Dec-24
9	Pemasangan Railing Pengaman Tangga #5 dan #6 Lantai Dasar	22-Jan-25	28-Jan-25
10	Pemasangan Railing Pengaman Tangga #1 dan #2 Lantai Dasar	27-Nov-24	03-Dec-24
11	Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai Utama	01-Jul-24	04-Oct-24
12	Pekerjaan Kolom Lantai Utama	08-Jul-24	25-Oct-24
13	Pekerjaan Tangga #3 & #4 Lantai Utama	09-Sep-24	10-Dec-24
14	Pekerjaan Tangga #5 & #6 Lantai Utama	21-Oct-24	21-Jan-25
15	Instalasi Tangga Scaffolding Lantai Utama - Lantai 3	22-Jul-24	27-Jul-24
16	Instalasi Tangga Scaffolding Lantai Utama - Lantai Atap	26-Aug-24	01-Sep-24
17	Instalasi Jembatan Scaffolding	22-Jul-24	28-Jul-24
18	Pemasangan Alat - Alat K3 di Lantai Utama	02-Dec-24	07-Dec-24
19	Pemasangan Railing Pengaman Tangga #3 dan #4 Lantai Utama	09-Dec-24	13-Dec-24
20	Pemasangan Railing Pengaman Tangga #5 dan #6 Lantai Utama	22-Jan-25	28-Jan-25
21	Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai 3 + Selasar	29-Jul-24	29-Nov-24
22	Pekerjaan Kolom Lantai 3 + Selasar	22-Jul-24	25-Oct-24
23	Pekerjaan Tangga #7 Lantai 3	11-Nov-24	13-Feb-25
24	Pemasangan Alat - Alat K3 di Lantai 3	25-Nov-24	30-Nov-24
25	Pemasangan Railing Pengaman Tangga #7 Lantai 3	14-Feb-25	20-Feb-25
26	Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai Atap	02-Sep-24	22-Nov-24
27	Pemasangan Alat - Alat K3 di Lantai Atap	02-Dec-24	07-Dec-24

Setelah *phase* dan *timeliner* dibuat, model bangunan di Autodesk Revit diekspor kedalam Autodesk Naviswork beserta dengan *timeliner* nya dan dijalankan simulasi 4D.



Gambar 24 Hasil simulasi 4D pengendalian risiko pada lantai 3



Gambar 25 Hasil Simulasi 4D Pengendalian Risiko Pada Lantai Atap





Adapun *video* dari hasil simulasi pengendalian risiko K3 pada bangunan akan dikirimkan melalui tautan berikut:

<https://drive.google.com/drive/folders/1uh4gghgiL30AmnQIK6jjMbU1xbv-uBCQ?usp=sharing>

Inovasi Pengendalian Risiko K3 Dengan BIM

Hasil pemodelan pengendalian risiko K3 pada *software* BIM dapat digunakan untuk memonitor pengendalian risiko K3 dilapangan selama pekerjaan berlangsung. Salah satu bentuk pengembangan pengendalian risiko K3 menggunakan BIM dilakukan pada monitoring tangga scaffolding yang dilakukan dengan menambahkan model tangga scaffolding yang telah dibuat kedalam tabel monitoring data proyek. Berikut adalah inovasi tabel rencana monitor pengendalian risiko K3 yang diimplementasikan dengan BIM sehingga dapat memudahkan petugas K3 dalam memonitor pengendalian risiko K3 di lapangan.

Tabel 4 Monitoring K3 di Lapangan Dengan Implementasi BIM

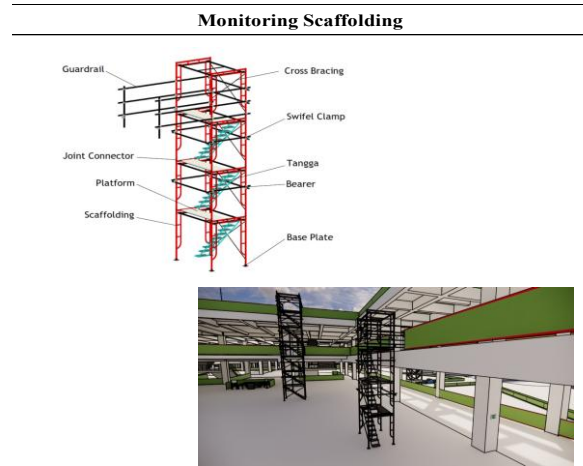
Monitoring Pengendalian Risiko K3 Pada Proyek Masjid Raya BSD						
Tanggal	Lokasi	Identifikasi Bahaya	Tingkat Risiko	Pengendalian Risiko	BIM	Kondisi Lapangan
		Terjatuh dari ketinggian	Besar	Memasang safety net		
12/2/2024	Lantai Utama	Kebakaran	Besar	Membuat area khusus merokok untuk pekerja dilengkapi dengan APAR dan tempat pembuangan sampah		
		Terimpa reruntuhan bangunan	Besar	Memasang rambu-rambu jalur evakuasi pekerja		
12/9/2024	Lantai Utama	Terjatuh dari tangga	Besar	Memasang railing pengaman tangga		

Pada tabel 4 dan 5 terdapat model visual pengendalian risiko K3 dari BIM yang dapat memberikan gambaran visual kepada petugas K3 dalam menindaklanjuti pengendalian risiko di lapangan.

Penilaian Hasil Pemodelan yang Dibuat

Berdasarkan hasil wawancara dengan para pakar, BIM memiliki potensi besar dalam hal mengidentifikasi bahaya, perencanaan rute kerja aman, dan penyediaan informasi visual yang membantu pemahaman pengendalian risiko. BIM juga dianggap mampu membantu pengawasan dengan menyoroti lokasi kerja dan aktivitas yang sedang berlangsung. Selain itu, BIM juga membantu pelaksanaan K3 yang dilakukan secara konvensional dengan memberikan visualisasi dan integrasi data yang dimilikinya sehingga dapat meningkatkan awareness pekerja terhadap risiko kerja. Secara keseluruhan, BIM dipandang sebagai alat pendukung yang sangat bermanfaat dalam pelaksanaan K3 dengan mengkombinasikan pendekatan digital dan pendekatan konvensional.

Tabel 5 Pengembangan Pengendalian Risiko K3 Menggunakan BIM Pada Monitoring Tangga Scaffolding



No.	Nama Bagian/Komponen	Pemeriksaan	Kondisi		Keterangan
			Baik	Buruk	
1	Tanah Dasar	Kontur Permukaan			
		Drainase			
2	Pondasi (Jack Base/Base Plate)	Kepadatan			
		Lempengan Pelat			
3	Tiang Vertikal/Post	Las Pengikat			
		Alur Sekrup			
4	Batang Memanjang	Permukaan Pipa			
		Ujung Pipa			
5	Batang Melintang	Kelurusan/Tegak Lurus			
		Kesesuaian Dimensi			
6	Sambungan Antar Pipa	Ujung Pipa			
		Laveling Horizontal			
7	Angkur	Kesesuaian Dimensi			
		Permukaan Pipa			
8	Bracing	Ujung Pipa			
		Laveling Horizontal			
9	Alat Pengikat/Clamp	Kesesuaian Dimensi			
		Permukaan Pipa			
10	Pipa Lantai	Ujung - Ujung Pipa			
		Kecocokan Ukuran			
11	Platform	Permukaan Pipa			
		Ujung - Ujung Pipa			
12	Pagar Pengaman (Guard Rail)	Kelurusan Pipa			
		Kecocokan Ukuran			
13	Tangga Kerja	Permukaan Plat			
		Pengelasan Sisi Plat			
1	1. Pipa Sandaran	Pengelasan Grip Fitting			
		Dudukan Grip Fitting			
2	2. Pagar Pengaman Tangan	Kait Grip Fitting			
		Permukaan Pipa			
3	3. Pagar Pengaman Tengah	Ujung Pipa			
		Kondisi Kekuatan			
4	4. Tangga	Interval			
		Kesesuaian Ukuran			
5	5. Tangga Batang	Tinggi			
		Permukaan Batang			
6	6. Tangga Kekuatan	Tinggi			
		Kekuatan			
7	7. Tangga Kekuatan	Kesesuaian Ukuran			
		Kondisi Ikatan			
8	8. Tangga Kekuatan	Permukaan Batang			
		Tinggi			
9	9. Tangga Kekuatan	Kekuatan			
		Kesesuaian Ukuran			
10	10. Tangga Kekuatan	Kondisi Ikatan			
		Kondisi Ibu Tangga			
11	11. Tangga Kekuatan	Kondisi Anak Tangga			
		Ikatan Pada Perancah			
12	12. Tangga Kekuatan	Lantai Tangga			

Berdasarkan hasil jawaban kuesioner dari para responden, pemodelan pengendalian risiko K3 yang telah dibuat menggunakan BIM memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yaitu sebagai berikut:

1. Kelebihan:

1) Identifikasi bahaya dan visualisasi risiko

Sebagian besar responden menyatakan bahwa pemodelan BIM yang dibuat memudahkan tim proyek dalam mengidentifikasi bahaya kecelakaan kerja, serta menyediakan gambaran visual yang jelas terkait pengendalian risiko. Ini menunjukkan bahwa BIM membantu meningkatkan pemahaman dan kesadaran terhadap potensi bahaya di lokasi kerja.

2) Perencanaan dan akurasi pengendalian risiko

Meskipun dianggap membutuhkan waktu lebih lama dalam perencanaan, pemodelan BIM yang dibuat mampu menyajikan bentuk pengendalian risiko yang lebih akurat. Artinya, meski memakan waktu, hasil dari perencanaan tersebut memberikan kualitas yang lebih baik dalam pengendalian risiko

3) Penataan material dan monitoring k3

Penataan material yang dibuat didalam pemodelan BIM dapat membantu mengurangi kecelakaan kerja. Selain itu, penambahan fitur monitoring K3 dalam BIM dinilai membantu tim pelaksana K3 di lapangan dalam melakukan pengawasan.

4) Memudahkan pekerja dalam mengendalikan risiko di lapangan

Sebagian besar responden mengakui bahwa dengan menunjukkan area rawan kecelakaan pada pemodelan BIM memudahkan pekerja dalam menghindari dan mengendalikan risiko. Ini menandakan bahwa visualisasi lokasi berbahaya melalui BIM efektif dalam aspek praktis di lapangan, terutama dalam membantu navigasi dan pencegahan langsung.

5) Penerapan di lapangan dan kesadaran pekerja

Model pengendalian risiko yang dirancang di dalam BIM dianggap dapat diterapkan dengan baik selama proyek berlangsung. Selain itu, BIM juga dipandang dapat meningkatkan kesadaran pekerja terhadap pentingnya penerapan K3, berkat visualisasi yang lebih mudah dipahami.

2. Kekurangan:

1) Kelemahan pada fitur spesifikasi alat k3

Sebagian besar responden menganggap pemodelan spesifikasi alat-alat K3 yang dibuat tidak membantu dalam memantau pengendalian risiko. Ini menunjukkan perlunya pengembangan lebih lanjut dalam fitur ini agar dapat membantu tenaga ahli K3 secara lebih optimal.

2) Keterbatasan pekerja dalam memahami pemodelan bim yang dibuat

Terkait pemodelan BIM yang dibuat, respon pekerja terbagi dua mengenai kemudahan dalam memahami potensi bahaya yang ditampilkan. Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua pekerja dapat memanfaatkan atau memahami informasi visual dari BIM secara efektif, kemungkinan karena keterbatasan literasi digital atau visualisasi teknis yang terlalu kompleks bagi sebagian pekerja.

3) Kurang Memotivasi Pekerja Untuk Lebih Tertib K3

Meskipun Pemodelan BIM yang dibuat membantu mengenali lokasi berbahaya, sebagian besar pekerja tidak merasa lebih termotivasi untuk lebih tertib dalam penerapan K3 hanya dari melihat potensi kecelakaan kerja di dalam model. Artinya, BIM belum cukup kuat sebagai alat peningkat motivasi perilaku K3, dan tetap memerlukan pendekatan interpersonal seperti pembinaan langsung atau pendekatan budaya kerja yang lebih mendalam.

3. Peluang Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan identifikasi kekurangan di atas, terbuka peluang riset lanjutan untuk menyempurnakan implementasi BIM dalam K3, antara lain:

1) Pengembangan Pustaka Objek (*Library*) K3 Cerdas dan Terintegrasi

Berdasarkan kekurangan pada spesifikasi alat, penelitian selanjutnya dapat berfokus pada pengembangan *BIM Object Library* khusus K3 yang bersifat parametrik. Objek ini tidak hanya memuat geometri, tetapi juga data spesifikasi teknis, standar kelayakan, dan jadwal pemeliharaan alat. Integrasi dengan sistem Manajemen Aset atau kode QR pada alat fisik dapat memungkinkan verifikasi spesifikasi alat secara digital dan *real-time*.

2) Integrasi *Extended Reality* (XR) untuk Simplifikasi Visualisasi

Untuk mengatasi kesulitan pekerja dalam memahami model BIM yang kompleks,

penelitian masa depan dapat mengintegrasikan BIM dengan *Augmented Reality* (AR) atau *Mixed Reality* (MR). Teknologi ini memungkinkan visualisasi K3 ditampilkan secara langsung ke pandangan pekerja di lapangan (misalnya melalui tablet atau kacamata pintar), sehingga informasi bahaya menjadi lebih intuitif dan mudah dipahami tanpa memerlukan kemampuan membaca gambar teknis yang tinggi.

3) Pendekatan *Gamification* dan IoT untuk Meningkatkan Motivasi

Guna meningkatkan motivasi dan kepatuhan pekerja, model BIM dapat dikembangkan dengan konsep *Gamification* dan integrasi *Internet of Things* (IoT). Penelitian selanjutnya dapat merancang sistem di mana kepatuhan pekerja (yang terdeteksi sensor IoT) terhubung ke model BIM untuk memberikan skor kinerja keselamatan atau insentif *reward*. Pendekatan ini mengubah data K3 yang pasif menjadi sistem umpan balik yang aktif, yang diharapkan dapat memengaruhi perilaku disiplin pekerja secara psikologis.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengembangan model pengendalian risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) berbasis Building Information Modeling (BIM) berhasil menjembatani kesenjangan antara perencanaan digital dan eksekusi keselamatan di lapangan. Model yang dikembangkan terbukti efektif sebagai alat prevention through design, di mana potensi bahaya dapat diidentifikasi, divisualisasikan, dan dimitigasi sejak tahap desain dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional. Meskipun proses pemodelan menuntut waktu perencanaan yang lebih panjang, hasil yang diperoleh memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan pemahaman tim proyek terhadap rute kerja aman, penataan material yang efisien, serta lokasi rawan kecelakaan, yang secara kolektif meningkatkan kewaspadaan (awareness) seluruh pihak terkait.

Namun, efektivitas implementasi model ini di lapangan masih menghadapi tantangan teknis dan faktor manusia yang perlu diperhatikan. Secara teknis, pemodelan spesifikasi alat-alat K3 (seperti detail scaffolding atau pagar pengaman) masih terbatas dan

belum cukup mendalam untuk memfasilitasi verifikasi kelayakan alat secara digital. Dari sisi pengguna, ditemukan bahwa visualisasi teknis BIM yang kompleks menjadi hambatan tersendiri bagi pekerja dengan literasi digital terbatas, sehingga informasi keselamatan tidak selalu tersampaikan dengan optimal. Selain itu, visualisasi risiko semata terbukti belum cukup kuat untuk memicu motivasi intrinsik pekerja dalam mengubah perilaku menjadi lebih disiplin tanpa adanya pengawasan langsung atau intervensi tambahan.

Oleh karena itu, penelitian ini merekomendasikan perlunya integrasi teknologi lanjutan untuk menyempurnakan model pengendalian risiko di masa depan. Pengembangan pustaka objek (library) K3 yang cerdas dan parametrik diperlukan untuk mengatasi masalah detail spesifikasi alat. Lebih jauh lagi, penggabungan BIM dengan teknologi imersif seperti *Augmented Reality* (AR) serta sistem pemantauan berbasis IoT dan gamifikasi sangat disarankan. Integrasi ini diharapkan tidak hanya menyederhanakan visualisasi agar lebih mudah dipahami oleh pekerja di lapangan, tetapi juga mampu memberikan umpan balik interaktif yang dapat mendorong terbentuknya budaya K3 yang lebih proaktif dan berkelanjutan.

REFERENSI

- Akinlolu, M., & Haupt, T. C. (2021). Effectiveness of BIM-based visualization technologies for construction site health and safety management: A Meta-synthesis Approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1107(1), 012176. IOP Publishing.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- Ershadi, M., Davis, P., Jefferies, M., & Mojtahedi, M. (2021). Implementation of Building Information Modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 9(4), 43–59. SciKA.
- Faqih, R. A., & Herzanita, A. (2024). Implementasi Job Safety Analysis dan BIM Pada Proyek Manufaktur Indonesia Project. *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi*, 2(12), 211–219.
- Hartono, W., Handayani, D., & Olivia, J. (2023). Pengaruh Penerapan Metode Building

- Information Modeling (BIM) Terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sebagai Mitigasi Kecelakaan Kerja pada Tahap Pemeliharaan Gedung Menggunakan Metode Delphi. *Matriks Teknik Sipil*, 11(2), 160. Universitas Sebelas Maret.
- Hartono, W., Handayani, D., & Prasetya, N. (2024). Variabel Berpengaruh dalam Implementasi Building Information Modeling (BIM) dengan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk Meminimalisasi Kecelakaan Kerja pada Tahap Perencanaan Proyek Konstruksi. *Matriks Teknik Sipil*, 11(3), 270. Universitas Sebelas Maret.
- Heriyanto. (2019). Implementasi Thematic Analysis dalam Penelitian Ilmu Perpustakaan dan Informasi. *ANUVA*, 3(1), 27–31.
- Jin, Z., Gambatese, J., & Liu, D. (2019). Using 4D BIM to assess construction risks during the design phase. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(11), 2637–2654. Emerald Group Holdings Ltd.
- Karina Nasution, P., Hasibuan, A., Aulia, S., & Puspa Dewi, V. (2024). Peran Teknologi Dalam Mendukung Respons Terhadap Kegawatdaruratan K3 di Industri. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 67–73.
- Kumara, I. M. S., Raharja, I. K. A. W., & Chan, H. (2024). Integrating BIM with 3D web design for enhanced 3D building visualization and safety planning in construction projects. *Journal of Infrastructure Planning and Engineering (JIPE)*, 3(1), 18–23. Universitas Warmadewa.
- Putra, F. A., Sukmono, A., & Bashit, N. (2021). Analisis Simulasi Evakuasi Bencana Kebakaran Berbasis Building Information Model (BIM). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(2), 47–57.
- Rodrigues, F., Antunes, F., & Matos, R. (2021). Safety Plugin For Risk Prevention Through Design Resourcing BIM. *Construction Innovation*, 21(2), 244–258.
- Sampaio, A. Z., Constantino, G. B., & Almeida, N. M. (2022). 8D BIM Model in Urban Rehabilitation Projects: Enhanced Occupational Safety for Temporary Construction Works. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(20). MDPI.
- Sarju, Asmarayani, V. D., & Kresnanto, N. C. (2022). Penilaian Efektivitas Implementasi Building Information Modelling (BIM) Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(4), 247–260.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D* (19th ed.). Bandung: Alfabeta.