

Strategi Mitigasi Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada Proyek Pembangunan Villa X2 Berawa, Bali

Prasetia Suryana¹, Inge Anggitasari², Monica Dewi³, Susilowati⁴

¹Universitas Kahuripan Kediri, ²Universitas Kahuripan Kediri, ³Universitas Kahuripan Kediri, ⁴Universitas Kahuripan Kediri
prasetia.suryana@students.kahuripan.ac.id, inge@kahuripan.ac.id, monicadewi@kahuripan.ac.id,
susilowati@kahuripan.ac.id

Abstrak

Industri konstruksi memiliki karakteristik pekerjaan dinamis, penggunaan alat dan material beragam, serta aktivitas di area terbuka maupun ketinggian yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi kecelakaan kerja (failure mode), menilai tingkat risiko berdasarkan Risk Priority Number (RPN), serta merumuskan strategi mitigasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proyek Pembangunan Villa X2 di Berawa, Bali. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, kuesioner, dan dokumentasi. Penilaian risiko menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dengan parameter Severity, Occurrence, dan Detection yang dinilai oleh 15 responden. Hasil penelitian menemukan 18 potensi bahaya dengan kategorisasi RPN: 8 risiko rendah, 2 sedang, 3 tinggi, dan 5 sangat tinggi. Lima risiko prioritas tertinggi meliputi pengoperasian pompa pengurasan galian (224), pemadatan tanah (210), pemotongan sisa batu/beton (210), pemasangan struktur lantai tinggi (300), dan pengecoran beton (280). Pengendalian yang berjalan masih dominan administratif dan APD, sehingga diperlukan penguatan rekayasa teknis, prosedur aman, inspeksi peralatan, pelatihan, pemantauan, dan disiplin APD.

Kata kunci: Keselamatan dan Kesehatan Kerja, FMEA, Risk Priority Number, Mitigasi Risiko, Proyek Konstruksi.

Abstract:

The construction industry is characterized by dynamic work, diverse tools and materials, and activities in open or elevated areas, posing significant occupational hazards. This study identifies potential failure modes, assesses risk levels using the Risk Priority Number (RPN), and formulates Occupational Health and Safety (OHS) mitigation strategies for the Villa X2 Project in Berawa, Bali. A descriptive quantitative approach was employed, with data collected through observation, interviews, questionnaires, and documentation. Risk assessment utilized the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method, evaluating Severity, Occurrence, and Detection parameters from 15 management and field respondents. Results revealed 18 potential hazards, with RPN categorization yielding 8 low, 2 medium, 3 high, and 5 very high risks. The top five critical risks include pump operation in excavation dewatering (224), soil compaction (210),

leftover stone/concrete cutting (210), high-floor structure installation (300), and concrete pouring (280). Existing controls remain largely administrative with PPE usage, necessitating enhanced engineering controls, safe work procedures, equipment inspections, training, monitoring, and disciplined PPE compliance.

Keywords: Occupational Safety and Health, FMEA, Risk Priority Number, risk mitigation, construction project.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri konstruksi merupakan salah satu sektor penting dalam pembangunan karena menghasilkan infrastruktur yang mendukung aktivitas sosial dan ekonomi [1]. Namun, karakteristik pekerjaan konstruksi berbeda dengan kegiatan produksi yang berlangsung pada lingkungan relatif tetap. Kondisi lapangan berubah mengikuti tahapan pekerjaan, material berpindah, alat berat beroperasi, dan pekerja sering bekerja pada ruang terbatas maupun elevasi tertentu [2]. Keadaan tersebut menyebabkan sumber bahaya dapat berubah dari satu aktivitas ke aktivitas berikutnya. Oleh karena itu, keberhasilan proyek tidak hanya ditentukan oleh mutu, biaya, dan waktu, tetapi juga oleh kemampuan proyek dalam menjaga keselamatan pekerja [3].

Proyek Pembangunan Villa X2 atau Villa Casa Esquina Berawa berlokasi di Berawa, Kecamatan Kuta Utara, Kabupaten Badung, Bali. Proyek dikerjakan oleh PT. Dwipa Arsikon Sarwagata pada lahan sekitar 600 m² dan terdiri atas dua unit villa tiga lantai dengan fasilitas private pool. Aktivitas konstruksi mencakup persiapan lokasi, pekerjaan galian, pengurasan air, pemadatan tanah, pemotongan material, pekerjaan struktur pada lantai tinggi, pengecoran beton, pemasangan bata ringan, hingga pemasangan kaca. Beberapa aktivitas tersebut mempunyai potensi bahaya yang berbeda, mulai dari terpeleset,

tertimpa material, terjepit alat, tersengat listrik, terkena serpihan, sampai jatuh dari ketinggian. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pendekatan identifikasi dan prioritas risiko yang sistematis [4].

Manajemen K3 pada proyek pada dasarnya bertujuan mencegah terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja melalui identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian. Pengendalian yang hanya mengandalkan prosedur administratif dan APD dapat menjadi kurang efektif apabila tidak disertai rekayasa teknis, inspeksi, pengawasan, serta kedisiplinan pekerja. Pada proyek yang melibatkan aktivitas dengan konsekuensi fatal, pengendalian harus diarahkan pada sumber bahaya sebelum mengandalkan perilaku individu [3].

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprioritaskan risiko. FMEA mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab, dampak, serta memberikan skor Severity, Occurrence, dan Detection. Ketiga skor tersebut dikalikan untuk memperoleh RPN [5]. Nilai RPN membantu manajemen menentukan risiko yang perlu mendapatkan perhatian terlebih dahulu. Dalam penelitian ini, FMEA diterapkan pada aktivitas konstruksi Villa X2 untuk menghasilkan prioritas mitigasi yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian meliputi:

1. Apa saja potensi kecelakaan kerja pada setiap tahapan pekerjaan Proyek Pembangunan Villa X2
2. Bagaimana tingkat risiko berdasarkan nilai Severity, Occurrence, Detection, dan RPN; serta
3. Bagaimana rekomendasi mitigasi yang efektif untuk mengendalikan risiko prioritas.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui potensi kecelakaan kerja pada setiap tahapan pekerjaan Proyek Pembangunan Villa X2
2. Tingkat risiko berdasarkan nilai Severity, Occurrence, Detection, dan RPN.
3. Untuk mengetahui rekomendasi mitigasi yang efektif untuk mengendalikan risiko prioritas.

1.4 Manfaat Penelitian

Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi bahan evaluasi bagi manajemen proyek dalam memperbaiki pengendalian K3. Secara akademis, penelitian memberikan contoh penerapan FMEA untuk pengelolaan risiko keselamatan pada proyek konstruksi dengan kondisi pekerjaan yang beragam.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proyek Konstruksi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan rangkaian upaya untuk menjamin pekerja dan pihak lain di lingkungan kerja tetap terlindungi dari potensi bahaya. Pada proyek konstruksi, penerapan K3 perlu disesuaikan dengan karakteristik setiap pekerjaan [6]. Bahaya fisik dapat berasal dari ketinggian, permukaan licin, benda jatuh, dan kondisi lingkungan. Bahaya mekanis berkaitan dengan mesin, alat, material bergerak, serta proses pemotongan atau pemadatan. Bahaya listrik dapat muncul pada penggunaan pompa, kabel, panel, maupun peralatan listrik di area basah [7].

Pendekatan pengendalian risiko idealnya mengikuti prinsip hierarki pengendalian, yaitu eliminasi, substitusi, engineering control, administrative control, dan penggunaan APD [3]. Engineering control memberikan perlindungan melalui perubahan desain atau kondisi kerja sehingga ketergantungan terhadap perilaku pekerja dapat dikurangi. Administrative control mencakup prosedur, instruksi kerja, pelatihan, rambu, dan pengawasan. APD tetap diperlukan sebagai lapisan perlindungan terakhir [8].

2.2 Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan proses sistematis untuk mengenali ketidakpastian, menilai dampaknya, menentukan prioritas, dan memilih tindakan pengendalian. Pada proyek konstruksi, proses tersebut harus dilakukan secara berulang karena perubahan metode kerja, tenaga kerja, alat, material, dan lingkungan dapat memunculkan risiko baru. Risiko yang memiliki konsekuensi berat dan peluang kejadian tinggi perlu menjadi prioritas pengendalian [9].

2.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana suatu proses dapat gagal, apa penyebabnya, apa dampaknya, dan bagaimana kemampuan organisasi mendeteksi kegagalan tersebut. Pada penelitian ini, failure mode dipahami sebagai potensi kecelakaan atau kondisi berbahaya pada aktivitas kerja [10]. Penilaian dilakukan menggunakan tiga parameter.

Severity (S) menggambarkan tingkat keparahan dampak apabila kegagalan terjadi. Occurrence (O) menggambarkan kemungkinan atau frekuensi terjadinya kegagalan [5]. Detection (D) menunjukkan kemampuan sistem untuk mendeteksi atau mencegah kegagalan sebelum menimbulkan dampak. Masing-masing menggunakan skala 1–10 [5]. Nilai RPN dihitung dengan persamaan:

$$RPN = S \times O \times D$$

Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi prioritas pengendaliannya. Berdasarkan kriteria yang digunakan dalam skripsi, nilai RPN < 20 dikategorikan sangat rendah; $20 \leq RPN < 80$ rendah; $80 \leq RPN < 120$ medium; $120 \leq RPN < 200$ tinggi; dan $RPN > 200$ sangat tinggi. Kategori ini digunakan untuk memetakan hasil penilaian sehingga risiko dapat dikelompokkan secara konsisten.

2.4 Penelitian Terdahulu dan Posisi Penelitian

Penelitian mengenai FMEA telah banyak digunakan pada analisis risiko operasional maupun keselamatan kerja. Penerapan FMEA pada konstruksi relevan karena metode ini tidak hanya mencatat bahaya, tetapi juga membantu mengurutkan prioritas berdasarkan kombinasi keparahan, kejadian, dan kemampuan deteksi. Posisi penelitian ini adalah menerapkan FMEA secara spesifik pada rangkaian pekerjaan Villa X2, menghubungkan nilai RPN dengan sumber bahaya, serta menerjemahkan lima risiko sangat tinggi menjadi rekomendasi engineering control dan APD yang operasional.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Villa X2 di Berawa, Kecamatan Kuta Utara, Kabupaten Badung, Bali. Proyek merupakan pembangunan dua unit villa tiga lantai dengan fasilitas private pool. Penelitian direncanakan melalui beberapa tahap, mulai dari studi literatur dan penyusunan instrumen, observasi serta wawancara, pengolahan data, analisis FMEA, penyusunan pembahasan, hingga finalisasi.

3.2 Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif. Pendekatan ini dipilih karena penelitian membutuhkan data numerik dari penilaian responden terhadap Severity, Occurrence, dan Detection, kemudian data tersebut diringkas menjadi nilai RPN. Selain data kuantitatif, observasi dan wawancara digunakan untuk memahami konteks pekerjaan, penyebab risiko, dan kondisi pengendalian di lapangan [11].

3.3 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah pihak yang terlibat langsung dalam Proyek Pembangunan Villa X2 dan memiliki pengetahuan mengenai kondisi pekerjaan serta K3. Jumlah populasi sekaligus sampel adalah 15 orang dengan teknik total sampling. Responden berasal dari unsur

Project Manager, Site Manager, Quantity Surveyor, Drafter, Admin Proyek, Pelaksana Lapangan, Pelaksana MEP, dan Logistik. Penilaian seluruh responden digunakan untuk memperoleh gambaran risiko yang lebih komprehensif.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui empat teknik. Pertama, observasi langsung untuk mencatat urutan aktivitas, kondisi area kerja, alat yang digunakan, dan pengendalian yang tersedia. Kedua, kuesioner untuk memperoleh skor S, O, dan D [12]. Ketiga, wawancara terstruktur untuk memperjelas penyebab dan dampak potensi kecelakaan. Keempat, dokumentasi untuk mendukung informasi aktivitas dan penerapan K3 [13].

3.5 Objek dan Tahapan Pekerjaan

Tabel 1 Objek dan Tahapan

No	Aktivitas	Sub-aktivitas utama
1	Persiapan lokasi	Pembersihan material; pemasangan patok
2	Galian pondasi & kolam	Pengukuran; excavator; dump truck
3	Pengurasan air	Operasi pompa; memastikan galian kering
4	Pemadatan tanah	Pemadatan dasar galian
5	Pemotongan material	Besi tulangan; batu/beton sisa
6	Pemotongan kayu	Kayu bekisting
7	Struktur lantai tinggi	Kolom/balok lantai atas
8	Beton/pondasi	Bekisting; pengecoran; pemadatan
9	Bata ringan & kaca	Dinding; pemeriksaan; pemasangan kaca

Rangkaian tersebut menghasilkan 18 sub-aktivitas yang menjadi unit analisis FMEA. Identifikasi tidak hanya mempertimbangkan kejadian kecelakaan, tetapi juga penyebab dan dampak sehingga rekomendasi pengendalian dapat diarahkan pada sumber bahaya.

3.6 Teknik Analisis Data

Tahapan analisis dimulai dengan menginventarisasi aktivitas dan failure mode. Selanjutnya skor S, O, dan D dari 15 responden dirata-ratakan untuk setiap sub-aktivitas. RPN dihitung dengan perkalian ketiga parameter. Nilai RPN kemudian dibandingkan dengan batas kategori risiko. Aktivitas dengan kategori sangat tinggi dipilih sebagai prioritas mitigasi. Terakhir, rekomendasi disusun dengan mempertimbangkan hierarki pengendalian, kondisi lapangan, dan jenis sumber bahaya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Failure Mode

Hasil observasi menunjukkan bahwa setiap tahapan pekerjaan memiliki karakteristik bahaya yang berbeda. Pada persiapan lokasi, kondisi area yang tidak rata dan adanya material sisa menimbulkan risiko tersandung atau terpeleset. Pada pekerjaan galian, bahaya terkait jatuh ke dalam galian, interaksi dengan excavator, dan material yang diangkut dump truck. Pada pengurusan air, kombinasi listrik dan area basah menjadi perhatian utama. Pada pemadatan tanah, pergerakan alat dapat menyebabkan pekerja terjepit, tergilas, atau terkena material.

Pada pekerjaan pemotongan material, bahaya utama berasal dari serpihan dan alat potong. Pekerjaan struktur pada lantai tinggi memiliki konsekuensi yang lebih berat karena kegagalan dapat menyebabkan pekerja jatuh dari elevasi. Pada pekerjaan beton, risiko muncul dari material, permukaan kerja basah, serta aktivitas pengecoran dan pemadatan. Pemasangan bata ringan relatif memiliki risiko lebih rendah, sedangkan pemasangan kaca mempunyai potensi luka akibat pecahan kaca.

4.2 Hasil Penilaian Severity, Occurrence, dan Detection

Tabel 2. Hasil Penilaian Severity, Occurrence, dan Detection

No	Sub-aktivitas	S	O	D	RPN	Kategori
1	Membersihkan area dari material sisa	4	4	3	48	Rendah
2	Pemasangan patok/tanda pondasi	4	3	3	36	Rendah
3	Pengukuran/penandaan galian	4	3	4	48	Rendah
4	Penggalian dengan excavator	5	3	4	60	Rendah
5	Pengangkutan tanah dengan dump truck	5	3	4	60	Rendah
6	Mengoperasikan pompa sedot	8	4	7	224	Sangat Tinggi
7	Memastikan dasar galian kering	5	5	4	100	Medium
8	Memadatkan tanah dasar galian	7	5	6	210	Sangat Tinggi
9	Memotong besi tulangan	7	5	5	175	Tinggi
10	Memotong batu/beton sisa	7	6	5	210	Sangat Tinggi
11	Memotong kayu bekisting	6	4	5	120	Tinggi
12	Memasang kolom/balok lantai atas	10	5	6	300	Sangat Tinggi
13	Menyiapkan bekisting & tulangan	4	3	4	48	Rendah
14	Pengecoran beton	8	5	7	280	Sangat Tinggi
15	Pemadatan/perataan beton	7	5	5	175	Tinggi
16	Menyusun bata ringan	4	3	4	48	Rendah
17	Menggunakan sendok semen/memeriksa ketinggian	3	3	4	36	Rendah
18	Mengangkat dan memasang kaca	8	4	6	192	Tinggi

Sumber: Analisis data

Tabel menunjukkan bahwa nilai RPN tertinggi adalah 300 pada pemasangan kolom atau balok lantai atas. Nilai tersebut terbentuk dari Severity 10, Occurrence 5, dan Detection 6. Tingginya Severity menunjukkan bahwa jatuh dari ketinggian berpotensi menimbulkan konsekuensi fatal. Risiko berikutnya adalah pengecoran beton dengan RPN 280, pengoperasian pompa sedot 224, pemadatan tanah 210, dan pemotongan batu/beton sisa 210.

Dari 18 sub-aktivitas, tidak terdapat risiko sangat rendah. Kondisi ini memperlihatkan bahwa seluruh aktivitas membutuhkan pengendalian pada tingkat tertentu. Risiko rendah tetap harus dikelola karena nilai dapat berubah apabila metode kerja, tenaga kerja, cuaca, atau kondisi lapangan berubah.

4.3 Kategorisasi dan Prioritas Risiko

Kategorisasi RPN digunakan untuk mengubah hasil numerik menjadi prioritas pengendalian. Berdasarkan hasil penelitian, delapan sub-aktivitas termasuk kategori rendah, dua medium, tiga tinggi, dan lima sangat tinggi. Komposisi tersebut memperlihatkan bahwa 5 dari 18 sub-aktivitas, atau sekitar 27,8%, membutuhkan perhatian paling mendesak karena memiliki RPN di atas 200.

Tabel 3 Kategorisasi dan Prioritas Risiko

Kategori	Jumlah	Proporsi	Karakteristik umum
Sangat rendah	0	0,0%	Tidak ditemukan
Rendah	8	44,4%	Risiko kecil; lingkungan/permukaan/koordinasi
Medium	2	11,1%	Pelatihan/pengalaman dan kondisi alat/material
Tinggi	3	16,7%	Peralatan kritis, alat berat, struktur tinggi, material jatuh
Sangat tinggi	5	27,8%	Area berisiko tinggi, listrik, alat berat, ketinggian, beton basah

Sumber: Analisis data

4.4 Lima Risiko Sangat Tinggi

Tabel 4 Risiko sangat tinggi

Prioritas	Aktivitas	Failure mode	Dampak	RPN
1	Pemasangan struktur lantai tinggi	Jatuh dari ketinggian	Cedera serius, patah tulang, fatal	300
2	Pengecoran beton	Terpeleset/tertimpa material	Luka, memar, patah tulang	280
3	Pengoperasian pompa sedot	Tergelincir/terjatuh; tersengat listrik	Cedera hingga risiko fatal	224
4	Pemadatan tanah	Terjepit/tergilas; terpeleset; material	Cedera serius hingga amputasi	210
5	Pemotongan batu/beton sisa	Terkena serpihan	Luka tangan, cedera serius	210

Sumber: Analisis data

Pemasangan struktur lantai tinggi menempati prioritas pertama. Faktor utama bukan hanya frekuensi, tetapi terutama Severity yang mencapai skor 10. Dengan demikian, pengendalian tidak cukup berupa imbauan menggunakan APD. Area kerja perlu direkayasa dengan scaffolding yang stabil, guardrail atau proteksi tepi, akses aman, serta sistem fall protection yang sesuai.

Pengecoran beton berada pada prioritas kedua. Kombinasi Severity 8, Occurrence 5, dan Detection 7 menghasilkan RPN 280. Nilai Detection yang relatif tinggi menunjukkan bahwa pengendalian yang ada belum sepenuhnya mampu mendeteksi atau mencegah kondisi berbahaya sebelum kecelakaan terjadi. Area kerja yang rata dan kering, jalur material yang jelas, pemeriksaan bekisting, dan APD lengkap menjadi kebutuhan.

Pengoperasian pompa sedot memiliki karakter bahaya yang berbeda karena melibatkan listrik di lingkungan basah. Pemeriksaan kabel, isolasi, grounding, penempatan saklar pada area aman, serta inspeksi sebelum penggunaan harus menjadi bagian dari prosedur kerja. Pengendalian harus mengutamakan pemutusan sumber listrik ketika terdapat kondisi tidak aman.

Pemadatan tanah dan pemotongan batu/beton sisa sama-sama memiliki RPN 210, tetapi sumber bahayanya mekanis. Pemadatan memerlukan pembatas area, jalur operasi yang stabil, dan menjaga jarak aman operator. Pemotongan material memerlukan pelindung mesin, face shield, sarung tangan, dan pemisahan area agar serpihan tidak mengenai pekerja lain.

4.5 Analisis Sumber Bahaya

Dari 18 potensi bahaya yang teridentifikasi, sumber bahaya terdiri atas bahaya fisik, mekanis, dan listrik. Bahaya mekanis menjadi kelompok terbesar, yaitu 9 potensi, diikuti bahaya fisik sebanyak 8 potensi dan listrik sebanyak 1 potensi. Komposisi ini menunjukkan bahwa penggunaan alat, pergerakan material, dan proses kerja dengan mesin menjadi sumber risiko dominan di proyek.

Tabel 5 Sumber Bahaya

Sumber bahaya	Jumlah	Proporsi	Contoh
Mekanis	9	50,0%	Pemadatan, pemotongan, pengecoran, material bergerak
Fisik	8	44,4%	Jatuh, terpeleset, kondisi area kerja
Listrik	1	5,6%	Pengoperasian pompa di area basah

Sumber: Analisis data

4.6 Evaluasi Pengendalian yang Berjalan

Hasil wawancara menunjukkan bahwa pengendalian risiko yang tersedia masih didominasi prosedur administratif dan penggunaan APD. Manajemen telah berupaya menerapkan prosedur secara konsisten, namun implementasi di lapangan belum sepenuhnya efektif. Sebagian pekerja masih merasa kurang nyaman menggunakan APD, misalnya helm terasa pusing, pakaian kerja terasa panas, atau masker terasa sesak. Kondisi tersebut menunjukkan adanya gap antara kebijakan dan kepatuhan aktual.

Masalah lain adalah belum optimalnya ketegasan petugas K3 terhadap pelanggaran. Ketika pelanggaran penggunaan APD tidak segera dikoreksi, unsafe action dapat menjadi kebiasaan. Karena itu, pengendalian perlu dilengkapi dengan inspeksi rutin, toolbox meeting, observasi perilaku, pembinaan, dan konsekuensi yang jelas. Review identifikasi, penilaian, dan pengendalian risiko juga perlu dilakukan secara berkala, terutama ketika terdapat perubahan metode kerja.

4.7 Implikasi terhadap Manajemen Proyek

Risiko K3 tidak berdiri sendiri dari sasaran proyek. Kecelakaan dapat menyebabkan penghentian pekerjaan, kehilangan waktu produktif, kerusakan material, tambahan biaya, dan gangguan reputasi. Dengan demikian, investasi pada pengendalian risiko merupakan bagian dari strategi menjaga kinerja proyek. Nilai RPN dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mengalokasikan sumber daya secara bertahap, dimulai dari risiko sangat tinggi.

Prioritas pengendalian sebaiknya mempertimbangkan dua dimensi. Pertama adalah nilai RPN sebagai indikator prioritas. Kedua adalah karakter bahaya dan potensi fatalitas. Contohnya, risiko jatuh dari ketinggian memiliki RPN 300 dan Severity 10, sehingga harus mendapatkan intervensi teknis sebelum pekerjaan dilanjutkan. Sementara risiko dengan RPN rendah tetap memerlukan housekeeping dan pengawasan agar tidak berkembang menjadi risiko lebih tinggi.

4.8 Keterbatasan Analisis

FMEA memberikan prioritas numerik, tetapi RPN tidak dapat dipandang sebagai satu-satunya dasar keputusan. Nilai dapat dipengaruhi persepsi responden dan bersifat relatif terhadap skala yang digunakan. Selain itu, penelitian dilakukan pada satu proyek sehingga hasilnya tidak otomatis dapat digeneralisasi ke seluruh proyek konstruksi. Meskipun demikian, FMEA efektif digunakan sebagai alat screening dan prioritas awal apabila

dikombinasikan dengan observasi lapangan dan penilaian teknis

4.9 Strategi Mitigasi Risiko Prioritas

Strategi mitigasi disusun berdasarkan prinsip bahwa pengendalian harus diarahkan terlebih dahulu pada sumber bahaya. Untuk lima risiko sangat tinggi, pendekatan yang digunakan adalah kombinasi engineering control, administrative control, dan APD. Penggunaan APD tidak dihilangkan, tetapi ditempatkan sebagai lapisan perlindungan tambahan.

Tabel 6 Strategi Mitigasi Risiko Prioritas

Risiko prioritas	Sumber bahaya	Engineering/administrative control	APD
Pengoperasian pompa sedot	Listrik dan area basah	Inspeksi kabel sebelum operasi; grounding; isolasi kabel; saklar ditempatkan di area aman; larangan mengoperasikan alat bila kabel rusak; area kerja diberi pembatas.	APD listrik sesuai pekerjaan, sepatu safety, sarung tangan yang sesuai.
Pemadatan tanah	Pergerakan alat/terjepit/tergilas	Jalur kerja rata dan stabil; pembatas area operasi; jaga jarak pekerja dari alat; inspeksi stamper/alat; hanya operator kompeten yang mengoperasikan.	Helm, sepatu safety, sarung tangan, pelindung pendengaran bila diperlukan.
Pemotongan batu/beton	Serpihan material	Pelindung mesin; kondisi mata potong diperiksa; area pemotongan dipisahkan; arah percikan/serpihan dikendalikan; housekeeping.	Face shield/kaca mata keselamatan, sarung tangan, sepatu safety, pelindung pendengaran.
Struktur lantai tinggi	Jatuh dari ketinggian	Scaffold stabil; guardrail/toe board; akses aman; pemeriksaan scaffold; sistem fall protection; area bawah dibatasi; izin kerja untuk pekerjaan berisiko tinggi.	Safety harness, helm dengan chin strap, sepatu safety.
Pengecoran beton	Terpeleset/material/beton basah	Area kerja rata dan kering; jalur material jelas; pemeriksaan bekisting; pengaturan posisi concrete mixer; housekeeping; pengawasan proses pengecoran.	Helm, sepatu safety, sarung tangan, pakaian kerja, pelindung mata bila diperlukan.

Sumber: Analisis data

4.10 Penguatan Program K3

Selain tindakan spesifik, proyek perlu memperkuat program K3 secara sistematis. Monitoring dan review K3 sebaiknya dilakukan berkala dan tidak hanya menunggu jadwal tahunan. Toolbox meeting sebelum pekerjaan berisiko tinggi perlu membahas bahaya utama,

metode kerja, APD, jalur evakuasi, serta pembagian tanggung jawab. Safety campaign seperti safety talk, janji keselamatan, 5R, dan kegiatan peningkatan awareness dapat digunakan untuk membangun budaya keselamatan.

Pelatihan penggunaan APD harus bersifat praktis. Pekerja perlu mengetahui bukan hanya jenis APD, tetapi juga cara memilih, memasang, memeriksa, membersihkan, dan menyimpan APD. Untuk pekerjaan ketinggian, pelatihan harus mencakup penggunaan harness dan sistem pengaman jatuh. Untuk pekerjaan pemotongan, pelatihan perlu menekankan bahaya serpihan dan posisi aman. Untuk pekerjaan listrik di area basah, pekerja harus memahami isolasi sumber listrik dan larangan menggunakan peralatan dengan kabel rusak.

Petugas K3 juga perlu mempunyai mekanisme penegakan yang jelas. Pelanggaran dapat ditangani bertahap melalui teguran, pembinaan, dan sanksi sesuai ketentuan perusahaan. Tujuan penegakan bukan semata-mata menghukum, melainkan memastikan prosedur menjadi perilaku kerja yang konsisten. Efektivitas mitigasi dapat diukur dengan inspeksi kepatuhan, jumlah temuan unsafe action, jumlah unsafe condition, dan evaluasi ulang nilai RPN setelah pengendalian diterapkan.

4.11 Interpretasi Nilai RPN

Hasil FMEA menunjukkan bahwa risiko tertinggi terkonsentrasi pada aktivitas yang memiliki salah satu atau kombinasi tiga karakteristik: konsekuensi berat, frekuensi kejadian yang cukup sering, dan kemampuan deteksi yang belum optimal. Pemasangan struktur lantai tinggi merupakan contoh paling jelas. Severity 10 memperlihatkan konsekuensi fatal, sedangkan Occurrence 5 dan Detection 6 menunjukkan bahwa kejadian dan kelemahan deteksi sama-sama berkontribusi pada tingginya RPN.

Pengecoran beton menghasilkan RPN 280 dengan S=8, O=5, dan D=7. Nilai Detection 7 menjadi perhatian karena menunjukkan bahwa pengendalian yang ada belum cukup kuat untuk mendeteksi kondisi berbahaya sebelum kecelakaan. Pada aktivitas ini, pengendalian teknis terhadap area kerja, bekisting, jalur material, dan posisi pekerja menjadi penting. Pengawasan tidak boleh hanya dilakukan saat kecelakaan terjadi, tetapi harus bersifat preventif.

Pengoperasian pompa sedot memiliki RPN 224. Meskipun Occurrence 4 tidak setinggi beberapa aktivitas lain, Severity 8 dan Detection 7 menyebabkan prioritasnya tetap sangat tinggi. Hal ini menggambarkan kelebihan FMEA: risiko dengan frekuensi tidak terlalu tinggi tetap dapat menjadi prioritas apabila dampaknya berat dan sulit

dideteksi. Dalam konteks area basah, risiko listrik juga perlu diperlakukan sebagai bahaya kritis.

4.12 Perbandingan Risiko Berdasarkan Jenis Bahaya

Bahaya mekanis merupakan sumber terbesar, sehingga strategi keselamatan proyek perlu menekankan pengendalian mesin dan material bergerak. Inspeksi alat sebelum digunakan, pembatasan zona kerja, kompetensi operator, dan housekeeping merupakan pengendalian dasar yang harus berjalan konsisten. Bahaya fisik terutama terkait jatuh dan terpeleset. Untuk pekerjaan ketinggian, pengendalian teknis seperti guardrail dan scaffold lebih penting daripada sekadar mengingatkan pekerja agar berhati-hati.

Bahaya listrik hanya teridentifikasi pada pengoperasian pompa, tetapi konsekuensinya dapat fatal. Oleh karena itu, jumlah bahaya tidak selalu mencerminkan tingkat prioritas. Satu sumber bahaya dengan Severity tinggi tetap dapat menjadi risiko utama. Prinsip ini mendukung penggunaan FMEA sebagai metode pemeringkatan.

4.13 Kesesuaian dengan Prinsip Hierarki Pengendalian

Rekomendasi penelitian menggeser pengendalian dari dominasi administratif dan APD menuju engineering control. Pada pengurusan air, engineering control berupa grounding, isolasi, dan penempatan saklar aman. Pada pemadatan, pembatas dan jalur kerja stabil mengurangi paparan terhadap alat. Pada pemotongan, pelindung mesin dan pemisahan area mengendalikan serpihan. Pada pekerjaan ketinggian, scaffold dan guardrail mengendalikan kemungkinan jatuh. Pada pengecoran, penataan area dan jalur kerja mengurangi terpeleset serta tertimpa material.

4.14 Kontribusi Penelitian

Kontribusi utama penelitian adalah menghasilkan daftar prioritas risiko yang dapat diterjemahkan langsung menjadi tindakan lapangan. Penggunaan FMEA memungkinkan manajemen tidak hanya mengetahui bahwa suatu pekerjaan berbahaya, tetapi juga memahami tingkat prioritasnya dan faktor yang membentuk nilai tersebut. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar penyusunan Job Safety Analysis, inspeksi, toolbox meeting, dan program pelatihan.

4.15 Implikasi bagi Penelitian Lanjutan

Penelitian lanjutan dapat mengevaluasi nilai RPN setelah mitigasi diterapkan untuk mengetahui efektivitas pengendalian. Selain itu, penelitian dapat mengintegrasikan FMEA dengan JSA, HIRADC, atau metode lain sehingga analisis tidak hanya berfokus pada

prioritas numerik tetapi juga memperkuat dokumentasi pengendalian dan kepatuhan di lapangan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi, penilaian FMEA, dan pembahasan strategi mitigasi pada Proyek Pembangunan Villa X2, dapat disimpulkan bahwa seluruh tahapan pekerjaan yang dianalisis mempunyai potensi kecelakaan kerja dengan karakteristik yang berbeda. Potensi tersebut mencakup terpeleset, tersandung, jatuh ke galian, tertimpa material, terjepit atau tergilas alat, tersengat listrik, terkena serpihan, jatuh dari ketinggian, serta risiko pada pekerjaan pengecoran dan pemasangan kaca.

Dari 18 sub-aktivitas yang dianalisis, terdapat 8 risiko kategori rendah, 2 kategori medium, 3 kategori tinggi, dan 5 kategori sangat tinggi. Tidak ditemukan aktivitas dengan kategori sangat rendah. Lima risiko sangat tinggi adalah pengoperasian pompa sedot pada pengurusan air galian/kolam dengan RPN 224, pemadatan tanah dengan RPN 210, pemotongan batu/beton sisa dengan RPN 210, pemasangan struktur lantai tinggi dengan RPN 300, dan pengecoran beton dengan RPN 280. Risiko pemasangan struktur lantai tinggi menjadi prioritas pertama karena memiliki Severity 10 dan berpotensi menyebabkan cedera fatal.

Sumber bahaya terdiri atas 9 bahaya mekanis, 8 bahaya fisik, dan 1 bahaya listrik. Dominasi bahaya mekanis menunjukkan perlunya peningkatan pengendalian terhadap alat, mesin, material bergerak, dan aktivitas pemotongan. Walaupun bahaya listrik hanya satu, tingkat prioritasnya sangat tinggi karena terjadi pada lingkungan basah dan memiliki konsekuensi serius.

Pengendalian yang berjalan masih dominan administratif dan penggunaan APD. Hasil penelitian merekomendasikan penguatan engineering control dan peningkatan disiplin K3. Strategi prioritas meliputi pemeriksaan kabel, grounding dan isolasi untuk pompa; pembatas serta jalur kerja stabil untuk pemadatan; pelindung mesin dan face shield untuk pemotongan; scaffold stabil, guardrail dan safety harness untuk pekerjaan ketinggian; serta area kerja rata, kering, dan APD lengkap untuk pengecoran. Monitoring, safety campaign, pelatihan, dan ketegasan petugas K3 diperlukan agar pengendalian berjalan konsisten.

REFERENSI

- [1] S. R. Arindi, B. S. Wijimulawiani, and M. D. Fadlli, "Peran infrastruktur konstruksi terhadap ekonomi ntb dengan pendekatan

input-output,” *J. Ekuilnomi*, vol. 7, no. 1, pp. 85–93, 2025.

- [2] I. Mardiaman and I. P. M. A. Eng, *Manajemen Sumber Daya Manusia Konstruksi*. Penerbit KBM Indonesia, 2026.
- [3] A. M. A. Sadiq, “Pelatihan Kompetensi Tambahan dan Uji Kompetensi/Sertifikasi TKK Ahli SDM Vokasional Jabatan Kerja Ahli Muda K3 Konstruksi (Fresh Graduate) Jenjang 7 di Fakultas Teknik Universitas Islam Makassar,” *J. Pengabd. Masy. Konstr.*, vol. 4, no. 1, pp. 195–200, 2026.
- [4] I. M. A. Salim, *Metode Pelaksanaan dan Pembongkaran Konstruksi*. Penerbit K-Media, 2025.
- [5] I. I. K. Wiryajati, A. IPU, and I. K. P. Putra, *FMEA untuk Panduan Praktis Identifikasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko*. Penerbit Adab, 2025.
- [6] I. Idrus, B. Umar, and Z. A. Halim, “Kajian Penerapan Smk3 Pada Proyek Konstruksi Rel Kereta Api Di Sulawesi Selatan,” *J. Bangunan Konstr.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–22, 2023.
- [7] W. Anggraini, “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Petugas Lapangan PT. PLN Kabupaten Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi dengan Metode HIRADC,” 2023, *UNIVERSITAS JAMBI*.
- [8] G. M. Sani, “Identifikasi dan analisis risiko kecelakaan kerja dengan metode JSA (job safety analysis) di bengkel pemesinan SMK Nurul Islam Gresik,” *SITEKIN J. Sains, Teknol. Dan Ind.*, vol. 20, no. 1, pp. 300–307, 2022.
- [9] C. U. Mulia, “Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Pekerja Fasad/Kaca Gedung Bertingkat Dengan Menggunakan Metode Hiradc Di Proyek Pembangunan Rs Upt Vertikal Makassar 2024= Occupational Safety and Health (OSH) Risks for Facade/Glass Workers in High-Rise Bu,” 2025, *Universitas Hasanuddin*.
- [10] M. U. H. AL QADRI, “Analisis Risiko Pada Proses Reparasi Kapal Menggunakan Metode FMEA Di Galangan Kapal PT. Industri Kapal Indonesia (Persero)= Risk Analysis in the Ship Repair Process Using the FMEA Method at the PT Shipyard. Indonesian Ship Industry (Persero),” 2025, *Universitas Hasanuddin*.
- [11] B. J. Sipayung, “Analisis Penyebab Cacat Produk Briket Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA),” 2026, *Universitas Medan Area*.
- [12] A. Adil *et al.*, “Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif: Teori dan praktik,” *Jakarta Get Press Indones.*, vol. 17, 2023.
- [13] H. D. Prameswari, “Analisis penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada proyek konstruksi PT. XYZ di Kota Gresik,” *J. Manaj. Kompetensi*, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2024.