

Analisis Manajemen Risiko Pada Proyek Perkerasan Jalan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

***Wahyu Saputra & Yunita Mauliana**

Fakultas Teknik, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Kota Bandar Lampung

[*jayasaputra100a@gmail.com](mailto:jayasaputra100a@gmail.com)

Received: 23 Juni 2026, Revised: 05 Agustus 2026, Accepted: 05 Agustus 2026

Abstract

Road pavement construction projects involve various potential risks that may affect project success, particularly in terms of cost, quality, and time. Therefore, the implementation of risk management is required to identify and control potential risks that may occur. This study aims to identify potential risks, determine risk levels, and formulate risk control measures. The research was conducted on a road pavement project located on Jalan Teuku Cik Ditiro, Bandar Lampung City. Data collection was carried out through field observations, document studies, and questionnaires distributed to 10 respondents involved in the project. The analysis was performed using three FMEA parameters, namely Severity (S), Occurrence (O), and Detection (D), to obtain the Risk Priority Number (RPN) value. The results showed that 43 potential risks were identified, consisting of 12 low-risk categories, 22 moderate-risk categories, 6 high-risk categories, 2 very high-risk categories, and 1 extreme-risk category. Risk control measures were implemented through engineering controls, administrative controls, and the use of personal protective equipment (PPE). After implementing risk controls, the risk levels decreased, with 13 potential risks categorized as low risk, 28 potential risks categorized as moderate risk, 1 potential risk categorized as high risk, and 1 potential risk categorized as very high risk.

Keywords: Risk Management, FMEA, Road Pavement, Risk Priority Number

Abstrak

Pembangunan proyek perkerasan jalan memiliki berbagai potensi risiko yang dapat memengaruhi keberhasilan proyek, terutama pada aspek biaya, mutu, dan waktu. Oleh karena itu, diperlukan penerapan manajemen risiko untuk mengidentifikasi serta mengendalikan potensi risiko yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi risiko, menentukan tingkat risiko, serta merumuskan upaya pengendalian risiko. Penelitian dilakukan pada proyek perkerasan jalan di Jalan Teuku Cik Ditiro, Kota Bandar Lampung dengan metode pengumpulan data melalui observasi lapangan, studi dokumen, serta penyebaran kuesioner kepada 10 responden yang terlibat dalam proyek. Analisis dilakukan berdasarkan tiga parameter FMEA yaitu Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D) untuk memperoleh nilai Risk Priority Number (RPN). Hasil penelitian menunjukkan terdapat 43 potensi risiko yang teridentifikasi dengan 12 potensi risiko dikategorikan risiko rendah, 22 potensi risiko dikategorikan risiko sedang, 6 potensi risiko dikategorikan risiko tinggi, 2 potensi risiko dikategorikan risiko sangat tinggi, dan 1 potensi risiko dikategorikan risiko ekstrem. Upaya pengendalian risiko dilakukan melalui penerapan rekayasa teknologi, pengendalian administrasi, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Setelah dilakukan pengendalian, tingkat risiko mengalami penurunan diantaranya 13 potensi risiko yang dikategorikan risiko rendah, 28 potensi risiko dikategorikan risiko sedang, 1 potensi risiko dikategorikan risiko tinggi dan 1 potensi risiko dikategorikan risiko sangat tinggi.

Kata kunci: Manajemen Risiko, FMEA, Perkerasan Jalan, Risk Priority Number

Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur menjadi prioritas utama untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan konektivitas nasional. Indonesia merupakan salah satu negara yang berfokus pada peningkatan pembangunan infrastruktur, seperti jalan tol, pelabuhan, serta Proyek Strategis Nasional (PSN). Pembangunan infrastruktur di Indonesia memiliki peranan penting dan menjadi fokus utama pemerintah dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas, daya saing global, dan mewujudkan kemandirian ekonomi bangsa. Pembangunan yang berkualitas memerlukan dukungan dari berbagai hal seperti *stakeholder*, pendanaan, tenaga kerja konstruksi bersertifikat, inovasi teknologi, peningkatan mutu konstruksi, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Konstruksi dan lain sebagainya.

Proyek konstruksi melibatkan banyak sumber daya, sehingga keberhasilannya sangat bergantung pada manajemen yang efektif dan efisien. Pengelolaan sumber daya yang baik menjadi kunci dalam mencapai sasaran proyek, terutama pada aspek material karena komponen ini menyerap sebagian besar biaya (Putra & Suwandari, 2025). Di dalam proses mencapai sasaran proyek, ada batasan-batasan yang harus dipenuhi, yang dikenal dengan istilah *triple constraints*, yaitu: biaya (*cost*), Mutu (*quality*), dan waktu (*time*) (Mauliana dkk., 2023). Pesatnya pembangunan infrastruktur secara terus menerus berbanding lurus dengan risiko kecelakaan kerja yang dapat memengaruhi penurunan produktivitas tenaga kerja, timbulnya biaya tidak terduga, keterlambatan penyelesaian proyek dan minimnya tenaga kerja terampil (Fadilah & Harahap, 2025). Berdasarkan data Kementerian Ketenagakerjaan Bulan Desember tahun 2024 tercatat 462.241 kasus kecelakaan kerja di Indonesia dengan kasus kecelakaan tertinggi terdapat di Provinsi Jawa Timur sebanyak 80.771 kasus kecelakaan kerja, sedangkan di Provinsi Lampung sebanyak 3.766 kasus kecelakaan kerja. (Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2024).

Faktor penyebab kecelakaan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya faktor sumber daya manusia dan faktor kondisi lingkungan kerja, seperti iklim dan cuaca yang tidak mendukung (Boy dkk., 2021). Selain itu, terdapat kesalahan yang mengakibatkan kecelakaan di tempat kerja seperti peralatan atau mesin yang tidak memadai, perilaku pekerja yang kurang disiplin, serta minimnya penggunaan alat pelindung diri yang digunakan oleh pekerja (Cornelis dkk., 2025). Kecelakaan kerja tidak hanya memengaruhi keselamatan pekerja tetapi memiliki dampak sosial dan ekonomi

yang penting (Djaelani & Darmawan, 2022). Maka dari itu, perlunya upaya penerapan manajemen risiko untuk meminimalisir terjadinya risiko kecelakaan kerja dengan menggunakan alat keselamatan kerja sesuai standar pekerjaan. (Choiruddin & Dani, 2023).

Manajemen risiko adalah sebuah proses yang terorganisir untuk mengidentifikasi, menganalisis, merencanakan, dan mengawasi berbagai risiko, dengan tujuan mengurangi dampak negatif dan memaksimalkan peluang positif. Hal ini berfokus pada pencegahan dan pengurangan risiko yang mungkin terjadi. Proses ini sangat vital dalam membentuk kebijakan dan prosedur yang tepat guna untuk memberikan respons yang efektif terhadap berbagai risiko (Hanun dkk., 2025). Selain itu juga dapat memberikan arah pada implementasi dan pengembangan sistem manajemen K3 (Hariastuti & Syahputra, 2025). Untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja yang mungkin timbul selama proses pembangunan, diperlukan upaya penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) yang tercantum dalam peraturan, yaitu Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja yang mengatur secara jelas mengenai penerapan K3 di seluruh tempat kerja dan Permen PUPR No. 10 tahun 2021. (Mauliana & Kusuma, 2025).

Selain itu, penilaian risiko dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam upaya meminimalisir kecelakaan kerja pada pelaksanaan proyek konstruksi yang bertujuan untuk mengambil langkah-langkah pencegahan terhadap potensi risiko. Metode yang efektif dalam menganalisis risiko yang mungkin terjadi dalam proses konstruksi adalah metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), karena dapat membantu mengukur tingkat risiko kecelakaan kerja dan menentukan tingkatan prioritas risiko melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN). Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*) yang dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja (Ihsan & Nurcahyo, 2022). Metode ini memiliki keunggulan dibandingkan metode lainnya karena dapat memungkinkan untuk melakukan evaluasi sistematis terhadap potensi kegagalan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu tingkat keparahan (*severity*) tingkat kejadian (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*) dalam suatu proyek (Cornelis dkk., 2025), serta dibandingkan dengan metode lainnya yang menggunakan analisis logika atau pemodelan lebih kompleks, FMEA relatif mudah dipahami dan dapat diterapkan pada berbagai jenis sistem, proses, maupun produk. Berdasarkan penelitian “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh

Struktur *Elevated*” dapat disimpulkan bahwa metode FMEA sangat efektif dalam mengidentifikasi serta menentukan prioritas risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi (Ihsan & Nurcahyo, 2022). Meskipun penelitian tersebut telah berhasil mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko, namun masih memiliki beberapa keterbatasan, yaitu belum melakukan klasifikasi tingkat risiko untuk mengelompokkan potensi risiko ke dalam kategori tertentu dan upaya pengendalian risiko belum mengacu pada prinsip hirarki pengendalian risiko, sehingga prioritas pengendalian belum disusun berdasarkan urutan efektivitas pengendalian risiko. Oleh karena itu, pada penelitian ini, keterbatasan tersebut telah diakomodasi melalui penerapan klasifikasi tingkat risiko serta penggunaan hirarki pengendalian risiko sebagai dasar penyusunan rekomendasi mitigasi risiko.

Secara umum, pekerjaan perkerasan jalan dibedakan menjadi dua jenis utama yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) (Sukarno, 2022). Objek pada penelitian ini merupakan proyek perkerasan jalan kaku (*rigid pavement*) yang berada pada Jalan Teuku Cik Ditiro Kota Bandar Lampung. Proyek ini merupakan salah satu jalan yang menghubungkan kawasan pemukiman padat dengan pusat aktivitas ekonomi dan destinasi wisata lokal. Sebelum dilakukan perbaikan, ruas Jalan Teuku Cik Ditiro sering mengalami kerusakan parah berupa lubang besar dan permukaan yang licin saat musim hujan, serta sering terjadinya insiden lalu lintas yang dapat mengancam nyawa. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya dilakukan perbaikan dan pengelolaan risiko yang tepat untuk memastikan keberhasilan pelaksanaan proyek. Maka dari itu, dilakukan penelitian “Analisis Manajemen Risiko Pada Proyek Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada Jalan Teuku Cik Ditiro, Kota Bandar Lampung”.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi risiko atau mode kegagalan (*failure mode*) yang dapat memengaruhi tahapan pekerjaan proyek, menganalisis dan menentukan tingkat risiko menggunakan nilai *Risk Priority Number* (RPN) melalui penilaian aspek keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*), serta merumuskan upaya pengendalian risiko yang efektif sebagai upaya preventif dan korektif untuk meminimalisir dampak risiko pada proyek perkerasan jalan.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan dan wawancara. Analisis data

menggunakan metode FMEA untuk mengetahui tingkat risiko yang tinggi menggunakan Tindakan pengendalian yang tepat. Lokasi penelitian ini berada di Ruas Jalan Teuku Cik Ditiro, Kecamatan Kemiling, Kota Bandar Lampung yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data ini bertujuan untuk:

- Memahami kondisi eksisting jalan dan karakteristik lalu lintas di lokasi penelitian, serta mencatat kendala fisik yang berpotensi menjadi sumber risiko.
- Mendapatkan hasil penilaian metode FMEA menggunakan wawancara dan kuisisioner yang diisi oleh 10 responden, diantaranya 1 orang manajer proyek, 1 orang *site engineer* dari konsultan pengawas, 1 orang pengawas lapangan dari kontraktor, 1 orang *Quality Control* (QC), 1 orang pelaksana K3, 1 orang mandor, 2 orang tukang dan 2 orang pekerja.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Mengumpulkan dan mempelajari dokumen teknis, antara lain:

- Laporan Bulanan *progress* pekerjaan proyek (*Mutual Check*).
- Dokumen Teknis dan Spesifikasi Teknis Perkerasan Jalan.
- Dokumen Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK).
- Jurnal dan buku yang relevan dengan penelitian ini.

Metode analisis pada penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif dengan mengikuti langkah-langkah standar metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sebagai berikut:

- Identifikasi Potensi Bahaya
- Penentuan Nilai Parameter FMEA dengan memberikan bobot penilaian terhadap tiga variabel utama, yaitu: *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D).
- Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan menggunakan rumus, yaitu:
$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

4. Penentuan Kriteria Penilaian Risiko dilakukan sebelum melakukan prioritas perbaikan terhadap risiko yang berdasarkan tingkatan klasifikasi potensi risiko. Jenis risiko memiliki perbedaan interval RPN, kondisi tersebut dapat mencerminkan risiko dan tindakan pengendalian risiko (Andrew dkk., 2025), ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Interval = \frac{Nilai\ RPN\ Maks - Nilai\ RPN\ Min}{Jumlah\ Level\ Risiko} \quad (2)$$

5. Perumusan Upaya Pengendalian Risiko yang disesuaikan dengan hirarki pengendalian risiko.

Hasil dan Pembahasan

Secara garis besar, uraian pekerjaan pada proyek dalam penelitian ini terdiri dari beberapa klasifikasi, antara lain:

1. Pekerjaan Persiapan, meliputi mobilisasi.
2. Pekerjaan Tanah dan Geosintetik, meliputi galian dan timbunan, penyiapan badan jalan, pembersihan dan pengupasan lahan.
3. Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen meliputi lapis fondasi agregat kelas A dan lapis fondasi bawah beton kurus
4. Pekerjaan Struktur meliputi penanganan bahu jalan
5. Pekerjaan Harian dan Pekerjaan Lain-Lain meliputi marka jalan termoplastik, perapihan dan pembersihan sisa material.

Untuk menganalisis risiko yang terjadi dapat menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan hasil akhir dari metode ini berupa nilai RPN. Untuk memudahkan penilaian ini, responden dalam penilaian metode ini maka dinyatakan dalam skala 1-5.

1. Tingkat Keparahannya (*Severity*)

Tingkat keparahan merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi besaran dampak atau kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu kegagalan maupun insiden yang terjadi dalam suatu pekerjaan (Ihsan & Nurcahyo, 2022). Berikut merupakan tingkat keparahan yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Nilai	Kriteria	Tingkat/Dampak
5	Sangat Berbahaya	Kematian atau menyebabkan perubahan pada kehidupan pekerja
4	Tinggi/Mayor	Dampak cukup serius (pekerja tidak dapat melakukan aktivitas)
3	Sedang/Moderat	Dampak sedang (pekerja tidak beraktivitas selama 1-2 hari)

Nilai	Kriteria	Tingkat/Dampak
2	Rendah/Minor	Dampak ringan (pekerja masih dapat melakukan aktivitas)
1	Sangat Rendah	Tidak berdampak (pekerja tidak merasakan dampak yang signifikan)

2. Tingkat Kejadian (*Occurrence*)

Tingkat kejadian merupakan parameter untuk mengevaluasi frekuensi atau probabilitas munculnya suatu kegagalan dalam kurun waktu tertentu pada suatu pekerjaan (Ihsan & Nurcahyo, 2022). Berikut merupakan tingkat kejadian yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Nilai	Probabilitas Kejadian	Keterangan
5	Sangat tinggi dan tidak dapat dihindari (>1 per 2)	Terjadi di setiap proyek
4	Tinggi dan sering terjadi (1 per 8)	Sering terjadi
3	Sedang dan kadang terjadi (1 per 80)	Kadang-kadang terjadi
2	Rendah dan relatif jarang terjadi (1 per 2000)	Jarang terjadi
1	Sangat rendah dan hampir tidak mungkin terjadi (1 per 150.000)	Hampir tidak pernah

3. Tingkat Deteksi (*Detection*)

Tingkat deteksi merupakan parameter untuk mengevaluasi efektivitas metode pengendalian dalam mendeteksi adanya kegagalan sebelum dampak tersebut terjadi (Ihsan & Nurcahyo, 2022). Berikut merupakan tingkat deteksi yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Nilai	Kemungkinan Terdeteksi	Tingkat Kejadian
5	Sangat kecil kemungkinan alat kontrol yang ada untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan. Kegagalan hanya diketahui saat sudah fatal.	Mustahil terdeteksi
4	Alat kontrol memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan.	Sangat sulit dideteksi

Nilai	Kemungkinan Terdeteksi	Tingkat Kejadian
3	Alat kontrol memiliki kemungkinan sedang untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Bisa dideteksi (perlu alat)
2	Alat kontrol memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan atau inspeksi ketat yang hampir pasti menemukan kesalahan	Mudah dideteksi (visual)
1	Alat kontrol dapat mendeteksi secara pasti bentuk dan penyebab kegagalan	Sangat mudah dideteksi

4. Risk Priority Number (RPN)

Berikut merupakan hasil perhitungan RPN dengan menggunakan metode FMEA berdasarkan penilaian kuisioner dari 10 responden yang berkaitan dengan pekerjaan ini. Nilai rata-rata dari *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) tersebut menjadi dasar utama dalam menghitung *Risk Priority Number* (RPN).

Perhitungan *severity* didapatkan nilai *severity* terbesar yang terdapat pada semua item pekerjaan, yaitu item pekerjaan persiapan (uraian pekerjaan mobilisasi), item pekerjaan tanah dan geosintetik (uraian pekerjaan galian dan timbunan, penyiapan badan jalan, pembersihan dan pengupasan lahan), item pekerjaan perkerasan berbutir dan perkerasan beton semen (uraian pekerjaan lapis fondasi agregat kelas A dan lapis fondasi bawah beton kurus), item pekerjaan struktur (uraian pekerjaan penanganan bahu jalan) dan item pekerjaan harian dan pekerjaan lain-lain (uraian pekerjaan marka jalan termoplastik, perapihan dan pembersihan sisa material). Berikut merupakan contoh perhitungan nilai *severity* pada uraian pekerjaan mobilisasi dengan bahaya tertimpa saat menurunkan material konstruksi, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Severity} &= \left(\frac{\sum x_i}{n} \right) \\ &= \left(\frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \right) \\ &= 4,60 \approx 5 \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan tersebut didapatkan nilai sebesar 5 dimana mode kegagalannya berupa tertimpa saat menurunkan material konstruksi yang menimbulkan pekerja mengalami luka/cidera akibat kecelakaan yang fatal.

contoh perhitungan nilai *Occurrence* pada identifikasi bahaya terjadi gangguan kesehatan akibat kondisi lingkungan yang tidak memenuhi syarat, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Occurrence} &= \left(\frac{\sum x_i}{n} \right) \\ &= \left(\frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \right) \\ &= 4,50 \approx 5 \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan tersebut didapatkan nilai sebesar 5 dimana bahayanya berupa terjadi gangguan kesehatan akibat kondisi lingkungan yang tidak memenuhi syarat yang menimbulkan gangguan pernapasan (ISPA), iritasi mata dan kulit akibat paparan debu material bahan.

Dalam perhitungan *detection* didapatkan nilai *detection* terbesar yaitu item pekerjaan persiapan, (uraian pekerjaan mobilisasi), item pekerjaan struktur (uraian pekerjaan penanganan bahu jalan) dan item pekerjaan harian dan pekerjaan lain-lain (uraian pekerjaan marka jalan termoplastik, perapihan dan pembersihan sisa material). Berikut merupakan contoh perhitungan *detection* pada uraian pekerjaan mobilisasi untuk bahaya tertimpa saat menurunkan material konstruksi, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Detection} &= \left(\frac{\sum x_i}{n} \right) \\ &= \left(\frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \right) \\ &= 4,50 \approx 5 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan tersebut didapatkan nilai sebesar 5 dimana identifikasi bahayanya berupa tertimpa saat menurunkan material konstruksi yang menyebabkan pekerja mengalami luka/cidera akibat kecelakaan fatal dan untuk *design control* didapat dengan cara yaitu SOP *unloading* aman, alat angkat sesuai dengan kapasitas, pembatasan area dengan menggunakan rambu-rambu, pekerja wajib menggunakan APD lengkap dan melakukan *safety briefing* sebelum memulai pekerjaan.

5. Penentuan Kriteria Penilaian Risiko dengan menentukan interval nilai RPN dimana dilakukan dengan membagi selisih antara nilai maksimum dan minimum RPN dengan jumlah kategori yang ditetapkan, sehingga dapat mengelompokkan risiko secara lebih jelas dalam setiap kategori berdasarkan interval nilai RPN yang telah ditentukan (Andrew dkk., 2025). Nilai maksimum RPN yang mungkin terjadi yaitu 125 sedangkan nilai minimum RPN yang mungkin terjadi yaitu 1 sehingga *range* antara nilai maksimum dan minimum RPN yaitu 124. *Range* dari nilai maksimum dan minimum RPN akan dibagi dengan banyaknya kelas yang diinginkan yaitu 5 kelas. Berikut merupakan perhitungan penentuan kriteria penilaian risiko, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Interval} &= \frac{\text{Nilai RPN Maks} - \text{Nilai RPN Min}}{\text{Jumlah Level Risiko}} \\ &= 24,8 \approx 25 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan panjang interval sebesar 25. Sumber acuan dalam penentuan panjang interval tercantum pada jurnal

Analisis Risiko Hujan terhadap Penyelesaian Pekerjaan Struktur pada Proyek Konstruksi (Andrew dkk., 2025). Berdasarkan hasil perhitungan FMEA dari 43 potensi risiko yang teridentifikasi didapatkan 5 kategori risiko, yaitu 12 potensi risiko termasuk kategori rendah, 22 potensi risiko termasuk kategori sedang, 6 potensi risiko termasuk kategori tinggi, 2 potensi risiko termasuk kategori sangat tinggi, dan 1 potensi risiko termasuk kategori ekstrem. Untuk lebih jelasnya klasifikasi level risiko dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Klasifikasi Potensi Risiko

Interval	Kategori Risiko	Jumlah Risiko
1-25	Rendah (R)	12
26-50	Sedang (S)	22
51-75	Tinggi (T)	6
76-100	Sangat Tinggi (ST)	2
>100	Ekstrem (E)	1
Total Risiko		43

6. Pengendalian Risiko

Pengendalian risiko merupakan langkah-langkah yang diambil untuk mengatasi potensi bahaya yang mungkin terjadi di lingkungan kerja. Hirarki pengendalian risiko merupakan urutan dalam tingkatan pencegahan dan pengendalian risiko yang mungkin timbul dan terjadi (Mauliana & Kusuma, 2025). Hirarki ini terdiri dari beberapa tingkatan secara berurutan, yaitu: (Mardy & Yuamita, 2025)

- Eliminasi adalah menghilangkan sumber bahaya sepenuhnya dan mengganti dengan sumber alternatif yang lebih aman.
- Substitusi adalah penggantian alat, mesin, dan bahan berbahaya dengan alternatif yang lebih efisien dan aman.

- Rekayasa Teknologi adalah memodifikasi alat, mesin, dan lingkungan kerja agar lebih aman.
- Administrasi menerapkan prosedur kerja terkait keselamatan, pemeriksaan peralatan, pengawasan akses, sistem keselamatan, serta pengaturan izin kerja.
- Alat Pelindung Diri (APD) adalah peralatan yang digunakan untuk keselamatan diri.

Pada penelitian ini, pengendalian risiko yang digunakan ada 3 macam, yaitu :

Tabel 5. Hirarki Pengendalian Risiko

No	Jenis Pengendalian	Ada/Tidak
1	Eliminasi	Tidak
2	Substitusi	Tidak
3	Rekayasa Teknologi	Ada
4	Pengendalian Administrasi	Ada
5	APD	Ada

Penilaian risiko setelah pengendalian bertujuan untuk mengevaluasi risiko yang dapat diminimalisir melalui penerapan hirarki pengendalian risiko (Mardy & Yuamita, 2025). Dalam penelitian ini tidak menerapkan pengendalian risiko menggunakan eliminasi dan substitusi, walaupun eliminasi dan substitusi merupakan cara terbaik untuk mengatasi bahaya dengan menghilangkan sumber risiko dan mengganti sumber risiko menggunakan alternatif yang lebih aman, namun dalam pelaksanaannya sangat sulit dilaksanakan. Berikut merupakan hasil dari pengendalian risiko yang lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Metode FMEA dan Pengendalian Risiko

No	Item Pekerjaan	Identifikasi Risiko	RPN	Pengendalian Risiko	RPN
1	Pekerjaan Persiapan (Mobilisasi)	Mobilisasi dilakukan pada jam sibuk tanpa koordinasi lalu lintas	18 (R)	1. Rekayasa Teknologi: pemasangan rambu-rambu peringatan dan pembatas jalan 2. Administrasi: <i>safety briefing/safety induction</i> , penjadwalan mobilisasi dan penempatan <i>flagman</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi reflektif	18 (R)
		Tertimpa saat menurunkan material konstruksi	50 (S)	1. Rekayasa Teknologi: penggunaan alat angkut sesuai dengan kapasitas beban 2. Administrasi: penerapan SOP <i>unloading</i> material, pembatasan area kerja dan <i>safety briefing/safety induction</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	32 (S)

No	Item Pekerjaan	Identifikasi Risiko	RPN	Pengendalian Risiko	RPN
2	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik (Galian dan Timbunan)	Kecelakaan alat berat	100 (ST)	1. Rekayasa Teknologi: pemasangan sistem alarm keselamatan dan lampu rotari 2. Administrasi: pemeriksaan SIO operator, <i>pre-start check</i> , pemeliharaan dan perbaikan alat secara berkala, menugaskan petugas <i>spotter</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	64 (T)
		Pekerja tidak menggunakan APD lengkap	24 (R)	1. Administrasi: <i>safety induction</i> dan inpeksi K3 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	24 (R)
		Penempatan alat berat di lokasi tidak tertata (acak-acakan)	48 (S)	1. Rekayasa Teknologi: kontrol desain tata letak area kerja sesuai tingkat risiko 2. Administrasi: penerapan SOP penataan barang dan parkir alat berat, <i>safety induction</i> dan inpeksi rutin 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	36 (S)
		Pekerja terpeleset ke dalam lubang galian	48 (S)	1. Rekayasa Teknologi: pemasangan pagar pengaman dan lampu penanda 2. Administrasi: <i>safety briefing/safety induction</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	27 (S)
		Pekerja tertimbun material galian	48 (S)	1. Administrasi: penerapan SOP pekerjaan galian tanah dan inpeksi rutin 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	36 (S)
		Pekerja tertabrak alat berat karena terlalu dekat dengan jangkauan alat berat	45 (S)	1. Rekayasa Teknologi: pemasangan alarm mundur dan lampu rotari pada alat berat 2. Administrasi: pembuatan batas zona aman, menugaskan petugas <i>spotter</i> dan pengecekan SIO operator 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi reflektif	36 (S)
		Terjadi gangguan kesehatan akibat lingkungan tempat kerja tidak memenuhi syarat	36 (S)	1. Rekayasa Teknologi: melakukan penyiraman air di area galian yang berdebu kering 2. Administrasi: pembatasan jam kerja dan penyediaan fasilitas yang memadai 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, <i>respirator</i>	27 (S)
		Pekerja tidak menggunakan APD lengkap	24 (R)	1. Administrasi: <i>safety induction</i> dan inpeksi K3 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	24 (R)
		Operator alat berat tidak melakukan pengecekan kabel/pipa bawah tanah	24 (R)	1. Rekayasa Teknologi: penggunaan alat detektor pipa atau kabel bawah tanah 2. Administrasi: mempelajari gambar kerja atau peta utilitas bawah tanah 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	24 (R)

No	Item Pekerjaan	Identifikasi Risiko	RPN	Pengendalian Risiko	RPN
	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik (Penyiapan Badan Jalan)	Kecelakaan alat berat	45 (S)	1. Rekayasa Teknologi: pemasangan sistem alarm keselamatan dan lampu rotari 2. Administrasi: pemeriksaan SIO operator, <i>pre-start check</i> , pemeliharaan dan perbaikan alat secara berkala dan menunjuk petugas <i>spotter</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	36 (S)
		Terjadi gangguan kesehatan akibat kondisi lingkungan yang tidak memenuhi syarat	36 (S)	1. Rekayasa Teknologi: melakukan penyiraman air di area galian yang berdebu kering 2. Administrasi: pembatasan jam kerja dan penyediaan fasilitas yang memadai 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, masker debu/ <i>respirator</i>	36 (S)
		Penggunaan APD yang tidak lengkap	24 (R)	1. Administrasi: <i>safety induction</i> dan inpeksi K3 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	18 (R)
	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik (Pembersihan dan Pengupasan Lahan)	Pekerja tertabrak alat berat	45 (S)	1. Rekayasa Teknologi: memasang rambu K3, memastikan sistem alarm mundur dan lampu rotari alat berat berfungsi 2. Administrasi: menugaskan petugas <i>spotter</i> , pengecekan SIO operator dan <i>safety briefing</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	36 (S)
		Pekerja tidak menggunakan APD lengkap	18 (R)	1. Administrasi: <i>safety induction</i> dan inpeksi K3 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	18 (R)
		Kerusakan pipa gas/kabel PLN	32 (S)	1. Rekayasa Teknologi: penggunaan alat detektor pipa atau kabel bawah tanah, memasang patok penanda 2. Administrasi: mempelajari gambar kerja atau peta utilitas bawah tanah dan penerapan prosedur <i>pre-start check</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	18 (R)
	3 Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen (Lapis Fondasi Agregat Kelas A)	Pekerja tertimpa material	36 (S)	1. Rekayasa Teknologi: memasang batas zona aman 2. Administrasi: penerapan SOP unloading material, pembatasan area kerja dan <i>safety briefing/safety induction</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	36 (S)
		Pekerja tertabrak alat berat	45 (S)	1. Rekayasa Teknologi: memasang pembatas area, memastikan sistem alarm mundur dan lampu rotari alat berat berfungsi 2. Administrasi: menugaskan petugas <i>spotter</i> , pengecekan SIO operator dan <i>safety briefing</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	36 (S)

No	Item Pekerjaan	Identifikasi Risiko	RPN	Pengendalian Risiko	RPN
		Pekerja terluka karena alat kerja	45 (S)	1. Rekayasa Teknologi: pengecekan kondisi alat kerja 2. Administrasi: melakukan <i>pre-start check</i> dan <i>safety briefing/safety induction</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, sarung tangan pelindung	36 (S)
		Terjadi insiden kecelakaan pada alat berat saat menumpahkan material	36 (S)	1. Administrasi: menugaskan petugas <i>spotter</i> 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi reflektif	36 (S)
		Pekerja tidak menggunakan APD lengkap	24 (R)	1. Administrasi: <i>safety induction</i> dan inpeksi K3 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	24 (R)
		Terjadi gangguan kesehatan akibat material dan debu	24 (R)	1. Rekayasa Teknologi: melakukan penyiraman air di area galian yang berdebu kering 2. Administrasi: pembatasan jam kerja dan penyediaan fasilitas yang memadai 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, <i>respirator</i>	24 (R)
Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen (Lapis Fondasi Bawah Beton Kuras)		Pekerja terkena iritasi kulit dan percikan beton ke mata	60 (T)	1. Administrasi: <i>safety briefing/safety induction</i> 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, kacamata pelindung, sarung tangan pelindung	48 (S)
		Pekerja tertabrak alat berat	60 (T)	1. Rekayasa Teknologi: memasang pembatas area, memastikan sistem alarm mundur dan lampu rotari alat berat berfungsi 2. Administrasi: menugaskan petugas <i>spotter</i> , pengecekan SIO operator dan <i>safety Briefing</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	48 (S)
		Pekerja terpeleset dan terjatuh ke area kerja	36 (S)	1. Rekayasa Teknologi: memasang pagar pengaman 2. Administrasi: <i>safety induction</i> dan pemasangan rambu K3 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	36 (S)
		Terjadi gangguan pernapasan akibat terhirup debu semen	48 (S)	1. Rekayasa Teknologi: melakukan penyiraman air di area galian yang berdebu kering 2. Administrasi: pembatasan jam kerja dan penyediaan fasilitas yang memadai 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, <i>respirator</i>	36 (S)

No	Item Pekerjaan	Identifikasi Risiko	RPN	Pengendalian Risiko	RPN
4	Pekerjaan Struktur (Penanganan Bahu Jalan)	Pekerja tertimpa material bahan	48 (S)	1. Rekayasa Teknologi: memasang batas zona aman 2. Administrasi: penerapan SOP <i>unloading</i> material, pembatasan area kerja dan <i>safety briefing/safety induction</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	36 (S)
		Pekerja tidak menggunakan APD lengkap	24 (R)	1. Administrasi: <i>safety induction</i> dan inpeksi K3 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	24 (R)
		Pekerja terkena iritasi kulit dan percikan beton ke mata	36 (S)	1. Administrasi: <i>safety briefing/safety induction</i> 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, kacamata pelindung, sarung tangan pelindung	36 (S)
		Pekerja tertabrak alat berat	75 (T)	1. Rekayasa Teknologi: memasang pembatas area, memastikan sistem alarm mundur dan lampu rotari alat berat berfungsi 2. Administrasi: menugaskan petugas <i>spotter</i> , pengecekan SIO operator dan <i>safety briefing</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	48 (S)
		Pekerja terpleset dan terjatuh ke area kerja	24 (R)	1. Rekayasa Teknologi: memasang pagar pengaman 2. Administrasi: <i>safety induction</i> dan pemasangan rambu K3 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	24 (R)
		Terjadi gangguan pernapasan akibat terhirup debu semen	60 (T)	1. Rekayasa Teknologi: melakukan penyiraman air di area galian yang berdebu kering 2. Administrasi: pembatasan jam kerja, dan penyediaan fasilitas yang memadai 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, <i>respirator</i>	48 (S)
5	Pekerjaan Harian dan Pekerjaan Lain-Lain (Marka Jalan Termoplastik)	Pekerja tidak menggunakan APD lengkap	16 (R)	1. Administrasi: <i>safety induction</i> dan inpeksi K3 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi	12 (R)
		Pekerja terkena serpihan material pada saat melakukan pekerjaan	75 (T)	1. Administrasi: <i>safety briefing/safety induction</i> 2. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, kacamata pelindung, sarung tangan pelindung	48 (S)
		Terjadi gangguan kesehatan akibat kondisi lingkungan yang tidak memenuhi syarat	24 (R)	1. Rekayasa Teknologi: melakukan penyiraman air di area galian yang berdebu kering 2. Administrasi: pembatasan jam kerja dan penyediaan fasilitas yang memadai 3. APD: penggunaan <i>safety shoes</i> , <i>safety helmet</i> , rompi, <i>respirator</i>	24 (R)

No	Item Pekerjaan	Identifikasi Risiko	RPN	Pengendalian Risiko	RPN
		Pekerja tidak menggunakan APD yang lengkap	36 (S)	1. Administrasi: <i>safety induction</i> dan inpeksi K3 2. APD: penggunaan <i>safety shoes, safety helmet, rompi</i>	36 (S)
		Pekerja terjepit/terlindas alat mesin kerja	80 (ST)	1. Rekayasa Teknologi: pemasangan pelindung pada alat kerja 2. Administrasi: <i>safety briefing/safety induction</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes, safety helmet, rompi</i>	48 (S)
	Pekerjaan Harian dan Pekerjaan Lain-Lain (Perapihan dan Pembersihan Sisa Material)	Pekerja terluka akibat serpihan material	36 (S)	1. Administrasi: <i>safety briefing/safety induction</i> 2. APD: penggunaan <i>safety shoes, safety helmet, rompi, sarung tangan pelindung</i>	36 (S)
		Terjadi gangguan kesehatan akibat kondisi lingkungan yang tidak memenuhi syarat	75 (T)	1. Rekayasa Teknologi: melakukan penyiraman air di area galian yang berdebu kering 2. Administrasi: pembatasan jam kerja dan penyediaan fasilitas yang memadai 3. APD: penggunaan <i>safety shoes, safety helmet, rompi, respirator</i>	36 (S)
		Pekerja tidak menggunakan APD yang lengkap	36 (S)	1. Administrasi: <i>safety induction</i> dan inpeksi K3 2. APD: penggunaan <i>safety shoes, safety helmet, rompi</i>	36 (S)
		Pekerja tertabrak alat berat	125 (E)	1. Rekayasa Teknologi: memasang pembatas area, memastikan sistem alarm mundur dan lampu rotari alat berat berfungsi 2. Administrasi: menugaskan petugas <i>spotter</i> , pengecekan SIO operator, <i>safety briefing</i> 3. APD: penggunaan <i>safety shoes, safety helmet, rompi</i>	80 (ST)
		Pekerja tertabrak lalu lintas publik	45 (S)	1. Rekayasa Teknologi: memasang pagar pengaman pembatas jalan dan memasang lampu penanda 2. Administrasi: menempatkan petugas <i>flagman</i> dan memasang rambu K3 3. APD: penggunaan <i>safety shoes, safety helmet, rompi</i>	36 (S)

Berdasarkan Tabel 6, didapatkan hasil dari penilaian risiko dan pengendalian risiko terhadap penelitian ini, dapat diketahui bahwa setelah melalui proses pengendalian risiko terdapat perubahan pada tingkat risiko untuk setiap jenis pekerjaan, yaitu: 13 potensi risiko yang dikategorikan sebagai risiko rendah, 28 potensi risiko dikategorikan sebagai risiko sedang, 1 potensi risiko dikategorikan sebagai risiko tinggi dan 1 potensi risiko termasuk dalam kategori sangat tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa beberapa risiko tersebut masih memerlukan perhatian khusus dan pengawasan, agar dapat meminimalisir tingkat risikonya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil identifikasi risiko pada seluruh tahapan pekerjaan diperoleh 43 potensi risiko yang terdiri dari 12 potensi risiko dengan kategori rendah, 22 potensi risiko dengan kategori sedang, 6 potensi risiko dengan kategori tinggi, 2 potensi risiko dengan kategori sangat tinggi, dan 1 potensi risiko dengan kategori ekstrem. Upaya pengendalian risiko yang diterapkan pada penelitian ini meliputi administrasi, rekayasa teknik dan APD. Berdasarkan penerapan pengendalian risiko tersebut didapatkan perubahan pada tingkatan risiko diantaranya 13 potensi risiko dengan kategori risiko

rendah, 28 potensi risiko dengan kategori risiko sedang, 1 potensi risiko dengan kategori risiko tinggi dan 1 potensi risiko dengan kategori risiko sangat tinggi.

Daftar Pustaka

- Andrew, J., Cantik, B. K. P., Makmur, A., & Dharsono, M. S. (2025). Analisis Risiko Hujan terhadap Penyelesaian Pekerjaan Struktur pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik dan Desain*, 01(01), 177–183. <http://jurnal.pradita.ac.id/index.php/jimtd>
- Boy, W., Tuhija, R., Ridho, D., & Fitrah, A. (2021). Analisis Manajemen Risiko Terhadap Aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Pembangunan Daerah Irigasi (Lanjutan) di Tarusan Pada Titik P-52 Dan P-92. *Jurnal Rivet (Riset dan Inovasi Teknologi)*, 1(2), 91–98.
- Choiruddin, H., & Dani, H. (2023). Manajemen Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA Pada Proyek Pembangunan Gedung At-Taawun Universitas Muhammadiyah Surabaya. *Jurnal Vokasi Teknik Sipil*, 1(2), 86–92. <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/vitek.s.v1i2.55392>
- Cornelis, H. L., Kurniyaningrum, E., Yuwono, B. E., & Inavonna. (2025). Risk Analysis Based on Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) in the ISO 9001:2015 Quality Management System on Toll Road Projects (Case Study: Toll Road Cikupa, STA 32+100-36+300). *Eduvest-Journal of Universal Studies*, 5(10), 12029–12047. <http://eduvest.greenvest.co.id>
- Djaelani, M., & Darmawan, D. (2022). Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Beban Kerja terhadap Kinerja Pekerja Proyek Konstruksi. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik (JUPRIT)*, 1(4), 15–27.
- Fadilah, N., & Harahap, D. S. (2025). Analisis Manajemen Risiko Biaya Dalam Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Pada Proyek Pembangunan Laboratorium Pengujian Produk dan Pemeriksaan Penyakit Hewan. *JURNAL TEKNIK SIPIL (JTSIP)*, 4(2), 91–98.
- Hanun, F., Situmorang, R., Fauzi, A., & Sari, O. L. (2025). Penilaian Manajemen Risiko K3 menggunakan Metode Severity Index pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Terpadu II ITK. *Jurnal Komposit : Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 9(2), 445–456. <https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.17007>
- Hariastuti, N. L. P., & Syahputra, W. I. (2025). Analisa risiko kecelakaan kerja dengan metode FMEA (Failure Mode and Analysis) Dan FTA (Fault Tree Analysis) (Studi kasus: PT Emitraco Transportasi Mandiri). *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(1), 796–806. <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i1.40509>
- Ihsan, A. F., & Nurcahyo, C. B. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur Elevated. *Jurnal Teknik ITS*, 11(Analisis Risiko), 49–55.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2024). *Kasus Kecelakaan Kerja Tahun 2024*. Satu Data Ketenagakerjaan. <https://satudata.kemnaker.go.id/data/kumpulan-data/2447>
- Mardy, D. O., & Yuamita, F. (2025). Analisis K3 Dalam Proses COC Mesin Reaktor Dengan Metode HIRADC Di PT. PERTAMINA RU VI. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 2(4), 463–472. <https://doi.org/10.61722/jmia.v2i4.5399>
- Mauliana, Y., Cambodia, M., & Farlianti, S. (2023). *Manajemen Konstruksi* (J. T. Ananda, Ed.; 1 ed.).
- Mauliana, Y., & Kusuma, A. P. (2025). Manajemen Pengendalian Risiko pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Bandar Lampung dengan Metode IBPRP. *Jurnal Komposit : Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 9(2), 381–392. <https://doi.org/https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.19067>
- Putra, M. D., & Suwandari, Y. D. (2025). Analisis Risiko Pengadaan Material pada Proyek Rumah Mewah Menggunakan Metode Probability Impact Matrix (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Rumah Mewah Di Kota Bandung). *INTESI*, 193.
- Sukarno, E. W. (2022). Studi Kasus Perbandingan Efisiensi Biaya Antara Pekerjaan Jalan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) dengan Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Di Kabupaten Ngawi. *Jurnal Impresi Indonesia (JII)*, 1(10), 1090. <https://doi.org/10.36418/jii.v1i10.525>