

ANALISIS MANAJEMEN RISIKO MENGGUNAKAN METODE FTA DAN FMEA PADA PEKERJAAN KOLAM RETENSI DAN RUMAH POMPA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL SEMARANG-DEMAK PAKET 1C

Yustian Pradana^{*1}, Ita Suhermin Ingsih² dan Ruli Saefudin³

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Malang
Korespondensi: 22101051023@unisma.ac.id

² Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Malang
Korespondensi: ita.suhermin@unisma.ac.id

³ Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Malang
Korespondensi: rulisaefudin83@unisma.ac.id

ABSTRACT

This study presents a risk management analysis on the construction of the retention pond and pump house works for the Semarang–Demak Toll Road Project Section 1C using the Fault Tree Analysis (FTA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) methods. The research aims to identify, assess, and prioritize dominant risk factors that contribute to project delays. Data were obtained through field observations, expert judgment, and structured interviews with key personnel. The FTA method was applied to determine the root causes of delay, while the FMEA method quantified the risk levels using the Risk Priority Number (RPN) derived from severity, occurrence, and detection parameters. The analysis identified 29 basic events leading to 18 top events contributing to project delay. The highest-priority risks were land acquisition issues (RPN 36.88), delayed work commencement order (RPN 27.00), extreme weather (RPN 18.83), repeated design modifications (RPN 18.73), and import permit delays for geotextile materials (RPN 12.96). Mitigation measures include proactive coordination with land authorities, contract addendums for schedule adjustments, construction of temporary drainage channels, and design optimization to suit actual field conditions. The results indicate that integrating FTA and FMEA provides a systematic and comprehensive framework to minimize schedule risks and enhance project performance in large-scale infrastructure development.

Keywords: Risk Priority Number, FTA, FMEA, Project Delay, Semarang–Demak Toll Road.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Tol Semarang–Demak, yang merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN) di Provinsi Jawa Tengah, berada di bawah pengawasan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), dengan Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) bertindak sebagai Badan Kerja Sama Pelaksanaan Proyek (PJPK). Jalan tol sepanjang 27 km ini menerapkan skema pengembalian melalui tarif tol dan memiliki masa konsesi selama 35 tahun. Proyek ini diharapkan tidak hanya meningkatkan konektivitas dan mendukung kawasan industri serta pelabuhan di Semarang, tetapi juga

berfungsi sebagai sistem pengendali banjir rob berkat integrasi sistem polder dengan tanggul-tanggul BBWS Pemali–Juana. Kondisi wilayah yang ada saat ini seringkali mengakibatkan timbulnya genangan, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerugian bagi masyarakat setempat[1].

Masalah kompleks muncul akibat transportasi yang terus berkembang, seperti kemacetan yang menyebabkan pemborosan bahan bakar, polusi udara dan kebisingan yang berdampak pada penurunan kualitas hidup akibat emisi gas buang kendaraan, serta meningkatnya kejadian kecelakaan di jalan raya.[2]

Proyek ini membutuhkan lahan seluas 1.887.000m², terbagi menjadi Seksi I di Kota Semarang (meliputi Kecamatan Terboyo Wetan, Terboyo Kulon, dan Trimulyo) dan Seksi II di Kabupaten Demak. Sesuai dengan Keputusan Gubernur Jawa Tengah No. 590/20 Tahun 2018 dan Surat Keterangan No. 590/0012570, proyek ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dan aksesibilitas jaringan jalan, mengurangi biaya distribusi, serta membuka akses pasar regional dan internasional, terutama di jalur Pantura yang padat lalu lintas. Kementerian PUPR bersama mitranya dari Badan Usaha Milik Negara (BUJT) terus berupaya mempercepat pembangunan dan pengelolaan jalan tol. Hingga Maret 2023, terdapat 70 ruas jalan tol dengan total panjang 2.623,51 km yang beroperasi, dengan target mencapai 3.196 km pada akhir tahun 2024. PT. Adhi Karya (Persero) Tbk. merupakan kontraktor pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 1C yang merupakan salah satu ruas proyek pembangunan tersebut.[3]

Namun, proyek konstruksi kerap menghadapi tantangan berupa keterlambatan penyelesaian. Keterlambatan ini timbul akibat pelaksanaan proyek melampaui batas waktu yang disepakati dalam kontrak, kondisi mana berpotensi memicu peningkatan biaya sekaligus hilangnya kesempatan untuk proyek lain. Maka diperlukan pendekatan manajemen risiko untuk meminimalisir dampak negatif yang mungkin timbul selama proses konstruksi berlangsung. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan identifikasi, analisis, dan mitigasi terhadap risiko-risiko, terutama yang dominan, yang ada pada proyek Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1C. Pendekatan manajemen risiko digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan yang tepat guna mencapai efisiensi dari segi waktu dan biaya. Manajemen risiko juga menjadi alat penting dalam mengurangi ketidakpastian serta mengarahkan organisasi dalam pencapaian tujuan [4]

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah gabungan Fault Tree Analysis (FTA) yang berfungsi mengidentifikasi penyebab utama terjadinya risiko, dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) yang digunakan untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan tingkat keparahan, kemungkinan, serta deteksi

kegagalan. FMEA menitikberatkan pada efek penyebab dari kegagalan, sedangkan FTA melihat kegagalan dari perspektif sistem secara keseluruhan. Integrasi kedua metode ini menghasilkan pendekatan yang lebih komprehensif dalam menetapkan prioritas risiko dengan mempertimbangkan dampak besar dari setiap potensi kegagalan [5]

1.2 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana faktor-faktor risiko dominan diidentifikasi dan diprioritaskan dalam manajemen risiko Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak 1C.
2. Seberapa efektif metode FTA dan FMEA dalam mengidentifikasi dan menganalisis potensi risiko pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak 1C.
3. Strategi mitigasi risiko apa saja yang diusulkan berdasarkan hasil analisis risiko pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak 1C.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana risiko keterlambatan proyek dapat diidentifikasi menggunakan metode FTA untuk menentukan akar penyebab utama pada proyek pembangunan jalan tol Semarang-Demak 1C?
2. Faktor risiko apa saja yang menjadi prioritas penanganan tertinggi menggunakan metode FMEA pada proyek pembangunan tol Semarang-Demak 1C?
3. Mitigasi seperti apa yang harus dilakukan dalam Pembangunan Proyek Jalan Tol Semarang-Demak 1C?

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya relevan dan berlaku untuk Divisi Manajemen Risiko Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1C.
2. Permasalahan atau data yang didapatkan merupakan data yang hanya berasal dari Divisi Manajemen Risiko Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak 1C.
3. Data yang dimanfaatkan adalah data yang tersedia pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1C di tahun 2025.

4. Metode kuantitatif dengan teknik wawancara dan kuesioner digunakan dalam penelitian ini, yang selanjutnya dianalisis memakai Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).
5. Penelitian ini berfokus pada risiko-risiko yang berpotensi menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek dan tidak membahas risiko lain diluar konteks tersebut.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui akar penyebab keterlambatan proyek menggunakan metode FTA (Fault Tree Analysis) pada proyek pembangunan jalan tol Semarang-Demak Paket 1C.
2. Mengetahui penilaian risiko atau RPN (Risk Priority Number) menggunakan metode FMEA pada proyek pembangunan jalan tol Semarang-Demak Paket 1C.
3. Memberikan rekomendasi strategis untuk menangani risiko yang terjadi pada proyek pembangunan Tol Semarang-Demak Paket 1C sehingga risiko kecelakaan kerja pada dapat diminimalkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keselamatan Konstruksi

Keselamatan Konstruksi diartikan sebagai seluruh aktivitas rekayasa yang dilakukan untuk mendukung pekerjaan konstruksi. Tujuannya adalah memastikan tercapainya standar keselamatan, keamanan, kesehatan kerja, dan keberlanjutan, sehingga dapat menjamin keselamatan rekayasa konstruksi, keselamatan serta kesehatan bagi pekerja, keselamatan bagi masyarakat umum, dan juga keselamatan bagi lingkungan hidup, sebagaimana ditentukan dalam berbagai peraturan seperti Pasal 1 ayat (39) Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2021 dan Pasal 1 ayat (11) Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2021, serta Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 17 Tahun 2021 dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per.15/MEN/VIII/2008 [6].

2.2 Keterlambatan Proyek

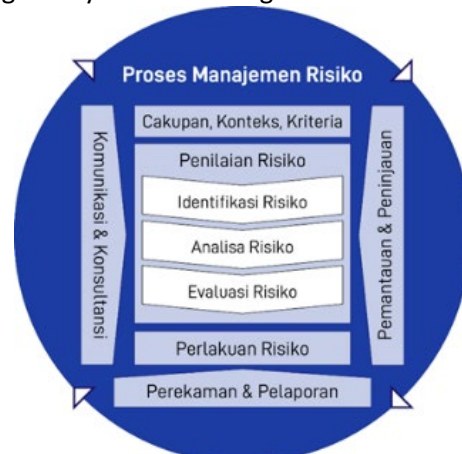
Keterlambatan dalam proyek konstruksi diartikan sebagai suatu kondisi di mana

penyelesaian proyek melewati batas waktu yang telah ditetapkan, baik dalam kontrak maupun oleh pihak-pihak yang berkepentingan. Mengingat inherennya kerumitan dan kompleksitas dalam pekerjaan konstruksi, Implementasi manajemen yang efektif menjadi hal penting untuk menjamin kelancaran pekerjaan sesuai rencana, di mana keberhasilan proyek konstruksi secara umum dinilai berdasarkan ketepatan pada perencanaan, pelaksanaan, dan pemenuhan fungsi yang diharapkan [7]. Keterlambatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi berimplikasi signifikan terhadap potensi peningkatan biaya proyek. Lebih lanjut, keterlambatan juga berkorelasi dengan *time overrun*, potensi perselisihan antar pihak, hingga risiko pemutusan hubungan kerja. Konsekuensi-konsekuensi ini dapat menimbulkan kerugian substansial bagi seluruh pemangku kepentingan proyek. Oleh sebab itu, perhatian yang lebih mendalam terhadap isu keterlambatan pelaksanaan proyek menjadi suatu keharusan [8].

2.3 Risiko

2.3.1 Manajemen Risiko

Manajemen risiko didefinisikan sebagai serangkaian tindakan terkoordinasi yang fungsinya mengarahkan dan mengawasi seluruh aktivitas organisasi yang berhubungan dengan potensi risiko yang mungkin muncul. Proses alur manajemen risiko ini selalu konsisten dan merujuk pada ISO 31000:2018 tentang Prinsip Panduan Manajemen Risiko, yang alurnya adalah sebagai berikut:



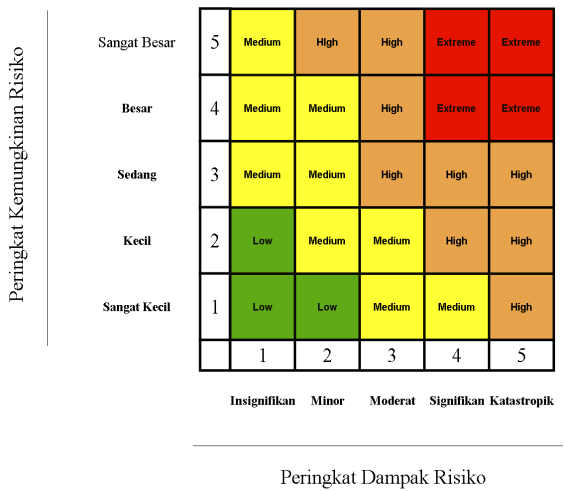
Gambar 1. Alur Manajemen Risiko
(sumber: ISO 31000: 2018)

2.3.3 Identifikasi Risiko

Dalam ranah literatur ilmiah manajemen risiko, identifikasi risiko dipahami sebagai suatu proses yang metodologis dan terorganisir dengan tujuan untuk mengidentifikasi secara menyeluruh karakteristik (sifat), lokasi, waktu, penyebab, serta mekanisme terjadinya potensi risiko yang dapat berdampak negatif terhadap pencapaian target organisasi (sebagaimana diacu dalam PP No 60 Tahun 2008).

2.3.4 Analisis Risiko

Berdasarkan standar ISO 31000, analisis risiko bertujuan untuk mengidentifikasi potensi risiko yang mungkin timbul, mengevaluasi konsekuensi atau dampaknya, menentukan tingkat signifikansi risiko dari kombinasi probabilitas dan dampak, serta merumuskan opsi perlakuan risiko yang sesuai untuk setiap potensi risiko yang teridentifikasi [9].



Gambar 2. Tabel Likelihood (sumber: Safety Culture)

2.3.5 Mitigasi Risiko

Mitigasi risiko, sebagai komponen integral dalam kerangka kerja manajemen risiko, berkedudukan strategis sebagai resolusi terhadap permasalahan risiko. Secara konseptual, mitigasi risiko didefinisikan sebagai serangkaian tindakan sistematis yang diimplementasikan dengan tujuan fundamental untuk mereduksi tingkat eksposur terhadap risiko dan/atau menurunkan probabilitas kemunculannya. Mitigasi risiko adalah cara kita menerima risiko sampai batas tertentu, sambil tetap melakukan tindakan untuk mengurangnya. Tindakan ini bisa berupa

memperketat pengawasan, memperbaiki cara kerja, dan membuat aturan yang jelas tentang bagaimana pekerjaan dilakukan dan risiko ditangani [10].

2.4 FTA (Fault Tree Analysis)

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode analisis yang fungsinya adalah mengidentifikasi akar penyebab potensial yang dapat memicu kegagalan sistem. Dengan pemahaman ini, langkah-langkah preventif dapat dirancang untuk meminimalisir terjadinya produk cacat. Dalam analisis Fault Tree Analysis (FTA), kejadian utama atau hasil yang tidak diharapkan diidentifikasi sebagai top level event. Selanjutnya, proses analisis melibatkan penentuan seluruh faktor yang berpotensi memicu terjadinya top level event tersebut. Struktur dari hasil identifikasi ini menyerupai diagram pohon yang bercabang, di mana tujuan akhir dari metode FTA adalah mengungkap akar-akar penyebab masalah yang terjadi pada proyek.

Tabel 1. Simbol Grafis FTA.

Simbol	Keterangan
	Peristiwa Puncak
	Peristiwa Logika ATAU
	Peristiwa Logika DAN
	Peristiwa yang Ditransfer
	Peristiwa yang Belum Dikembangkan
	Peristiwa Dasar

(Sumber: Jurnal Itenas Bandung)

2.5 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Analisis FMEA adalah metodologi terstruktur yang bertujuan mengidentifikasi potensi mode kegagalan produk atau proses sebelum terjadi. Metode ini mempertimbangkan risiko terkait, memungkinkan identifikasi dan penerapan tindakan korektif untuk masalah paling kritis,

dan utamanya berfungsi untuk membuat urutan prioritas risiko. [11].

2.5.1 Severity

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) didasarkan pada tiga variabel utama: Severity, Occurrence, dan Detection. Variabel ini digunakan untuk menentukan peringkat Severity mode kegagalan potensial pada skala 1 (dampak terendah) hingga 10 (dampak tertinggi), di mana definisi skala harus disesuaikan dengan mode kegagalan spesifik dan studi literatur [12].

Tabel 2. Kategori *Severity*.

Peringkat	Kategori
1-2	<i>Kecil</i>
3-4	<i>Rendah</i>
5-6	<i>Sedang</i>
7-8	<i>Tinggi</i>
9-10	<i>Sangat Tinggi</i>

(Sumber: Jurnal Itenas Bandung)

2.5.2 Occurrence

Variabel kedua dalam Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah Occurrence, yang bertujuan menetapkan nilai *rating* untuk mencerminkan perkiraan frekuensi munculnya suatu *potential cause of failure* atau jumlah kegagalan kumulatif yang diperkirakan terjadi akibat penyebab spesifik tersebut, di mana penilaiannya didasarkan pada analisis data historis, pengalaman sebelumnya, atau perkiraan probabilitas kegagalan dalam periode waktu tertentu. Skala penilaian *occurrence* juga umumnya menggunakan rentang numerik, Nilai yang lebih tinggi mengindikasikan bahwa kemungkinan terjadinya kegagalan akan lebih sering. Penentuan *rating occurrence* yang akurat menjadi penting dalam mengukur tingkat risiko secara keseluruhan [12].

Tabel 3. Kategori *Occurrence*.

Peringkat	Probabilitas
1-2	1 : 10.000
3-4	1 : 10.000
5-6	1 : 20, s/d 1 : 200
7-8	1 : 20, s/di 1 : 100
9-10	1 : 10

(Sumber : [13])

2.5.3 Detection Rating

Penetapan tingkat untuk variabel Deteksi

dalam analisis FMEA dilakukan dengan menilai seberapa efektif pengendalian proses yang sudah diterapkan dalam upaya mengidentifikasi akar penyebab dari potensi kegagalan. Tingkat deteksi ini mencerminkan kemampuan dari langkah-langkah atau mekanisme pengendalian yang telah ada untuk baik mencegah kegagalan muncul, maupun mendeteksinya sebelum kegagalan tersebut menimbulkan dampak atau konsekuensi yang lebih serius. *Rating detection* umumnya menggunakan skala numerik, di mana nilai yang rendah mengindikasikan rendahnya probabilitas pendeteksian akar penyebab kegagalan, dan nilai yang tinggi mengindikasikan tingginya probabilitas pendeteksian secara dini. Penilaian *rating detection* yang akurat sangat penting dalam menentukan *Risk Priority Number* (RPN) dan memprioritaskan tindakan mitigasi risiko [12].

Tabel 4. Kategori *Detection Rating*.

Peringkat	Probabilitas
1-2 (<i>Very High</i>)	1 : 10.000
3-4 (<i>High</i>)	1 : 5000, s/d 1 : 500
5-6 (<i>Moderate</i>)	1 : 200, s/d 1 : 50
7-8 (<i>Low</i>)	1 : 20
9-10 (<i>Very Low</i>)	1 : 10

(Sumber: [13])

2.5.4 RPN (*Risk Priority Number*)

Angka Prioritas Risiko (RPN) berfungsi sebagai metrik kuantitatif dalam Analisis Mode dan Efek Kegagalan (FMEA), yang bertujuan untuk mengukur tingkat risiko relatif dari setiap kegagalan potensial. Nilai RPN ini didapatkan melalui hasil perkalian antara skor estimasi tingkat keparahan (*Severity*), frekuensi kejadian (*Occurrence*), dan deteksi (*Detection*). Secara umum, nilai RPN dalam penerapan FMEA berada dalam kisaran antara 1 hingga 1000. Meskipun RPN memberikan indikasi besaran risiko, peneliti tidak merekomendasikan penggunaan ambang batas RPN secara kaku sebagai satu-satunya dasar dalam menentukan perlunya tindakan mitigasi. Sebaliknya, nilai RPN sebaiknya dipandang sebagai ukuran risiko relatif yang membantu dalam memprioritaskan area perbaikan berkelanjutan dan mengidentifikasi potensi kegagalan yang memerlukan perhatian lebih lanjut [14].

$$RPN = S \times O \times D \quad (1a)$$

Keterangan:

S = Severity

O = Occurrence

D = Detection Rating

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1C merupakan fokus utama dari penelitian ini. Pemilihan fokus ini didasarkan pada signifikansi proyek tersebut sebagai infrastruktur strategis nasional yang vital. Secara fungsional, proyek ini diharapkan mampu meningkatkan konektivitas dan mendorong pertumbuhan ekonomi di seluruh wilayah Jawa Tengah. Mengingat sifat proyek jalan tol yang kompleks dan berskala besar, terdapat potensi tinggi terjadinya berbagai risiko yang dapat memicu keterlambatan pelaksanaan. Oleh karena itu, Seksi 1C secara spesifik dijadikan unit analisis untuk membedah dan mengatasi risiko-risiko tersebut.

Gambar 3. Lokasi Proyek



(sumber: Sinohydro-Adhi JO.)

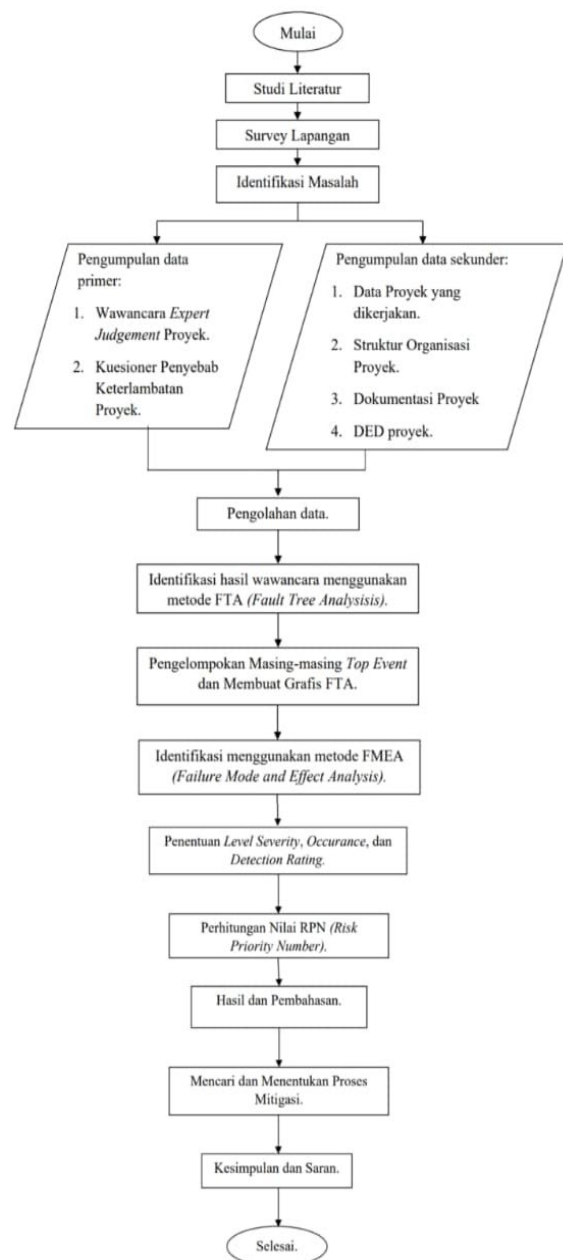
Jalan Tol Semarang–Demak berada di bawah tanggung jawab Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Direktorat Jenderal Bina Marga. Khusus untuk proyek Seksi 1C yang menghubungkan Kecamatan Genuk di Kota Semarang dan Kota Demak, penanggung jawabnya adalah Kepala Dinas PUPR Jalan Tol Semarang–Demak yang diwakili oleh PPK pembangunan Jalan Tol Semarang–Demak 3. Proyek yang terletak di Kota Semarang dan Kabupaten Demak, Jawa Tengah, ini dikerjakan oleh pihak Sinohydro–Adhi, JO. Pembangunan jalan tol ini bersifat mendesak mengingat Wilayah Metropolitan Semarang sangat rentan terhadap banjir rob, kenaikan permukaan air laut, serta penurunan

tanah tahunan, yang secara kolektif memperluas daerah rawan banjir rob.

3.2 Konsep Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kualitatif sebagai langkah awal. Data yang diperoleh dari hasil wawancara dan penilaian ahli (*expert judgement*) kemudian dikonversi menjadi data kuantitatif. Data kuantitatif inilah yang selanjutnya diolah dan dianalisis menggunakan metode statistik untuk menghasilkan kesimpulan penelitian.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian utama yang menjadi fokus analisis adalah Keterlambatan Proyek. Untuk menguraikan variabel utama ini, penelitian menggunakan dua pendekatan metodologi. Pertama-tama, melalui metode Fault Tree Analysis (FTA), penelitian ini menetapkan variabel dependen "Keterlambatan Proyek" sebagai Top Event (Kejadian Puncak). Metode ini kemudian mengidentifikasi variabel-variabel independen yang menjadi akar penyebabnya, yang disebut sebagai *Basic Event* (Kejadian Dasar).

Kedua, metode analisis mode dan efek kegagalan (FMEA) digunakan untuk memprioritaskan risiko. Dalam metode ini, setiap mode kegagalan dinilai menggunakan tiga variabel independen: tingkat keparahan (S), yang mengukur tingkat keparahan atau besarnya dampak risiko; probabilitas kejadian (O), yang mengukur frekuensi atau kemungkinan terjadinya risiko; dan probabilitas deteksi (D), yang mengukur kemungkinan terdeteksinya risiko sebelum berdampak. Berdasarkan ketiga variabel ini, studi ini menghitung dua variabel dependen: angka prioritas risiko (RPN) sebagai nilai kuantitatif untuk penentuan prioritas risiko (berdasarkan rumus $RPN = S \times O \times D$) dan kategori risiko (dihitung menggunakan rumus Kategori Risiko = Kejadian x Tingkat Keparahan untuk menilai tingkat risiko).

3.3.1 Penentuan *Expert Judgement*

Tujuan FMEA adalah analisis kualitatif yang mendalam, bukan survei kuantitatif. Keberhasilannya bergantung pada keahlian dan pengalaman anggota tim. Pendekatan Berbasis Peran (*Role-Based Approach*). Ini adalah metode yang paling umum dan direkomendasikan. Tidak fokus pada angka, tetapi pada cakupan keahlian. Pastikan setiap fungsi atau disiplin ilmu yang relevan dengan proses atau produk yang dianalisis terwakili [15].

Penelitian ini menggunakan Purposive Sampling sebagai teknik pengambilan sampel. Teknik ini dipilih karena penelitian FMEA membutuhkan data kualitatif yang mendalam dari responden yang memiliki keahlian dan pemahaman spesifik mengenai proses

pekerjaan konstruksi kolam retensi dan rumah pompa. Responden tidak dipilih secara acak, melainkan ditentukan secara sengaja berdasarkan kriteria yang relevan dengan tujuan penelitian. Kriteria yang ditetapkan untuk pemilihan responden adalah:

- a. memiliki jabatan manajerial atau teknis kunci di proyek,
 - b. Persyaratan yang dibutuhkan adalah pengalaman kerja minimal 5 tahun dalam bidang konstruksi bangunan air.
 - c. terlibat secara langsung dalam perencanaan atau pelaksanaan proyek.
- 2.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

3.4.1 Data Primer

Dalam studi ini data primer dikumpulkan melalui pengamatan lapangan, wawancara, dan penilaian *Expert Judgement*.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Data Proyek yang dikerjakan
2. Struktur organisasi proyek
3. Dokumentasi Proyek
4. DED proyek

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

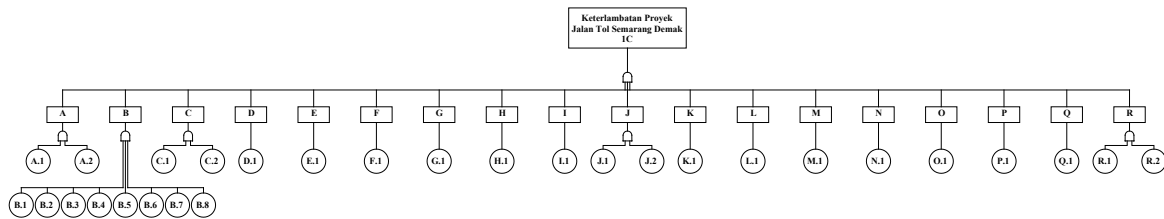
4.1 Identifikasi Wawancara

Wawancara telah dilaksanakan dengan Bapak Candika Ridho Herdana S.T., Kepala Divisi Manajemen Risiko, Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1C. Wawancara ini memiliki tujuan utama untuk mengidentifikasi risiko-risiko yang paling dominan dan ekstrem di lokasi proyek, di mana penentuan risiko tersebut didasarkan pada kondisi aktual lapangan dan juga pendapat ahli (*expert judgement*) dari narasumber. Berberapa Hasil wawancara dengan expert meliputi:

1. Mundurnya Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK).
2. Perizinan Penggunaan Material Impor.
3. Kendala Pembebasan Lahan.
4. Faktor Cuaca.

4.2 *Grafis Fault Tree* Keterlambatan

Berdasarkan hasil identifikasi risiko menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), ditemukan 29 (dua puluh sembilan) akar permasalahan (*basic event*) yang menjadi



Gambar 5. Fault Tree Keterlambatan Proyek
(Sumber: Hasil Penelitian)

penyebab dari 18 (delapan belas) permasalahan utama (*top event*) pada proyek pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1C.

4.3 Analisis FMEA

Setelah semua risiko dari aktivitas pekerjaan berisiko tinggi berhasil diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis untuk menentukan Tingkat Risiko (*Level of Risk*). Penentuan ini didasarkan pada tiga variabel: *severity* (besarnya dampak yang dihasilkan), *occurrence* (frekuensi terjadinya kegagalan), dan *detection rating* (kemungkinan dampak dapat terdeteksi). Fokus penilaian risiko dalam penelitian ini adalah upaya meminimalkan keterlambatan proyek Jalan Tol Semarang-Demak, dengan tujuan mengurangi kerugian dan mempercepat proses pembangunan demi meningkatkan kinerja semua pihak yang terlibat.

4.3.1 Perhitungan FMEA

Dari 7 tabel penilaian expert judgement maka untuk menentukan satu nilai dari setiap peristiwa.

4.3.2 Mencari rata-rata nilai expert judgement

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Total nilai peristiwa}}{\text{Jumlah Expert Judgement}} \quad (1b)$$

Kode Peristiwa A.1

$$\text{Severity} = \frac{(2+2+2+2+2+2+2)}{7}$$

$$= 2,00$$

$$\text{Occurence} = \frac{(2+1+2+1+2+2+2)}{7}$$

$$= 1,71$$

$$\text{Detection Rating} = \frac{(1+2+1+2+1+1+1)}{7}$$

$$= 1,29$$

4.3.3 Mencari nilai RPN

Setelah nilai rating atau kategori untuk setiap elemen yang diperlukan yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection rating* telah

ditentukan, maka nilai *Risk Priority Number* (RPN) dapat dihitung. Tujuan dari perhitungan RPN ini adalah untuk mengidentifikasi risiko mana yang paling dominan dan harus diprioritaskan dalam penanganan dengan rumus:

$$\text{RPN} = S \times O \times D \quad (1c)$$

Dari hasil perhitungan nilai RPN, maka ditemukan 5 peristiwa dengan nilai tertinggi yaitu:

1. (B.6) Kendala Pembebasan Lahan: Progres pembebasan lahan sangat lambat, di mana pada Januari 2023 lahan yang bebas baru mencapai 3,9%, sehingga secara langsung menghambat area kerja konstruksi (RPN 36,88).
2. (B.8) Penundaan Kontrak Awal: Mundurnya Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) selama satu tahun penuh, dari Januari 2022 menjadi Januari 2023, yang menjadi penyebab utama keterlambatan di awal proyek (RPN 27,00)
3. (B.1) Faktor Cuaca Ekstrem: Terjadi Rob (Banjir Pasang) dengan elevasi +1,5 m yang menggenangi area kerja. Selain itu, hujan deras dan badai memaksa penghentian pekerjaan yang menggunakan alat berat tinggi (rig PVD dan Secant Pile) karena alasan keselamatan (RPN 18,83)
4. (B.3) Perubahan Desain Berulang: Terjadi perubahan desain karena data perencanaan awal tidak sesuai kondisi lapangan (RPN 18,73)
5. (B.7) Kendala Material dan Vendor Produktivitas vendor menurun akibat keterlambatan pengadaan material utama, contohnya izin impor *Geotextile Non-Woven* yang memakan waktu 6-8 bulan (RPN 12,96)

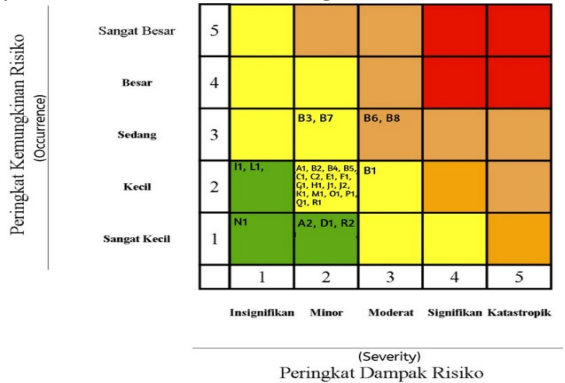
4.4 Evaluasi Risiko

Proses membandingkan hasil analisis risiko dengan kriteria kategori yang telah ditentukan merupakan bagian dari tahap

evaluasi risiko. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk menentukan tingkatan akhir setiap risiko dan menetapkan urutan prioritas penanganannya, yaitu risiko mana yang harus ditindaklanjuti lebih dulu. Kategori risiko yang menjadi acuan dalam penelitian ini telah ditetapkan oleh perusahaan, berdasarkan *risk appetite* atau batasan risiko yang dapat mereka terima. Rumus yang digunakan untuk menentukan kategori risiko tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Kategori Risiko} = \text{Occurance} \times \text{Severity} \quad (1c)$$

Berdasarkan rumus tersebut, kita dapat menetapkan kategori risiko yang dihasilkan, yaitu low, medium, high, dan extreme.



Gambar 6. Pengelompokan kategori risiko
(Sumber: Hasil Penelitian)

4.5 Pengendalian Risiko

Sebagai tindak lanjut dari hasil analisis dan pengelompokan risiko yang telah ditentukan, perlu dirumuskan tindakan penanganan dan pengendalian untuk setiap timbulnya risiko dari aktivitas proyek Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1C, di mana peneliti menetapkan urutan penanganan risiko ini berdasarkan prioritas yang dihasilkan oleh metode FMEA. Hasil dari rencana pengendalian tersebut akan ditampilkan dalam sebuah tabel yang disusun berdasarkan prioritasnya, yakni sebagai berikut:

Tabel 5. Peristiwa dengan RPN tertinggi

No	Kode Peristiwa	RPN	Kategori Risiko
1.	B.6	36,88	High
2.	B.8	27,00	High
3.	B.1	18,83	Medium
4.	B.3	18,73	Medium
5.	B.7	12,96	Medium

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.6 Analisis Risiko

Selama proses analisis risiko, setiap risiko yang terkait dengan aktivitas proyek dinilai berdasarkan potensinya dengan mempertimbangkan tingkat keparahan, probabilitas terjadinya, dan tingkat deteksi, kemudian risiko tersebut diperingkat berdasarkan nilai Nomor Prioritas Risiko (RPN) tertinggi.

Hasil dari sebuah penilaian risiko menunjukkan beberapa *failure mode* dengan nilai tertinggi secara berurutan, yaitu Kendala Pembebasan Lahan Progres pembebasan lahan sangat lambat, di mana pada Januari 2023 lahan yang bebas baru mencapai 3,9%, sehingga secara langsung menghambat area kerja konstruksi, dengan nilai RPN 36,88. Berikutnya adalah Penundaan Kontrak Awal Mundurnya Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) selama satu tahun penuh, dari Januari 2022 menjadi Januari 2023, penyebab utama dari keterlambatan di awal proyek. dengan nilai RPN 27. Kemudian, Faktor Cuaca Ekstrem Terjadi Rob (Banjir Pasang) dengan elevasi +1,5 m yang menggenangi area kerja. Selain itu, hujan deras dan badai memaksa penghentian pekerjaan yang menggunakan alat berat tinggi (rig PVD dan *Secant Pile*) karena alasan keselamatan dengan nilai RPN 18,83 serta Perubahan Desain karena data perencanaan awal tidak sesuai kondisi lapangan dengan nilai RPN 18,73. lalu yang terakhir adalah Kendala Material dan Vendor Produktivitas vendor menurun akibat keterlambatan pengadaan material utama, contohnya izin impor *Geotextile Non-Woven* yang memakan waktu 6-8 bulan dengan nilai RPN 12,96.

Dari beberapa temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pembebasan lahan adalah faktor utama yang menjadi penyebab keterlambatan suatu proyek. Selain itu, isu terkait cuaca, perubahan desain dan izin impor barang juga menjadi penyebab yang signifikan.

4.7 Evaluasi Risiko

Kategori risiko untuk setiap potensi risiko yang ada ditentukan berdasarkan hasil analisis. Perusahaan menetapkan kategori ini dengan mengalikan nilai dampak dan kemungkinan. Berikut adalah tabel yang merinci kategori penilaian risiko tersebut:

Tabel 6. Kategori Penilaian Risiko

Indeks	Kategori
1-3	Rendah (R)
4-12	Moderat (M)
12-14	Moderat Khusus (M*)
15-21	Tinggi (T)
22-25	Esktrim (E)

Berdasarkan kategori tersebut, dapat ditentukan klasifikasi untuk setiap risiko yang dihasilkan. ditemukan bahwa terdapat 6 (empat) risiko dengan kategori rendah, 21 (dua puluh satu) risiko berkategori moderat, dan 2 (dua) risiko berkategori tinggi. Sementara itu, tidak ditemukan adanya risiko (nol) yang masuk dalam kategori moderat khusus dan ekstrem.

4.8 Mitigasi Risiko

Berdasarkan analisis risiko FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) dan identifikasi kategori risiko, dapat ditentukan rekomendasi pengendalian risiko yang sebaiknya diterapkan perusahaan, diprioritaskan mulai dari nilai RPN tertinggi, sebagai berikut:

4.8.1 Kendala Pembebasan Lahan (B.6)

Progres pembebasan lahan sangat lambat, di mana pada Januari 2023 lahan yang bebas baru mencapai 3,9%, sehingga secara langsung menghambat area kerja konstruksi. Untuk mengatasi kelambatan signifikan dalam pembebasan lahan yang menjadi kendala utama proyek, pihak kontraktor mengambil peran proaktif dengan tidak hanya menunggu. Secara intensif, mereka melakukan koordinasi dan tindak lanjut (*follow-up*) kepada Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) Lahan untuk mendorong percepatan proses yang berjalan sangat lambat. Tim proyek juga turun langsung ke lapangan untuk membantu proses identifikasi, memberikan perhatian khusus pada kasus-kasus kompleks seperti area "tanah musnah". Kategori ini merujuk pada daratan yang secara fisik telah tergenang oleh air namun secara legalitas masih memiliki sertifikat kepemilikan yang sah. Keterlibatan aktif dalam mengidentifikasi dan mendata area-area bermasalah ini bertujuan untuk membantu PPK Lahan agar dapat memprosesnya dengan lebih cepat, sehingga dapat segera membuka area kerja konstruksi yang terhambat.

4.8.2 Penundaan Kontrak Awal (B.8)

Mundurnya Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) selama satu tahun penuh, dari Januari 2022 menjadi Januari 2023, yang menjadi penyebab utama keterlambatan di awal proyek. Berdasarkan dokumen yang diberikan, solusi untuk mengatasi keterlambatan signifikan pada proyek Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1C adalah melalui penerbitan Adendum Kontrak ke-5. Adendum ini merupakan perubahan resmi pada kontrak awal yang secara spesifik memberikan perpanjangan waktu untuk pelaksanaan proyek.

Penyebab utama yang mendasari keputusan ini adalah mundurnya penerbitan Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) selama satu tahun penuh, dari yang seharusnya Januari 2022 menjadi Januari 2023. Keterlambatan di awal ini secara langsung menggeser seluruh linimasa proyek dan membuatnya tidak mungkin selesai sesuai target semula. Sebagai konsekuensi dari adendum tersebut, jadwal penyelesaian proyek yang awalnya ditetapkan pada Juni 2025 secara resmi diundur menjadi September 2026. Perpanjangan waktu ini memberikan landasan hukum bagi kontraktor untuk menyesuaikan kembali jadwal kerja dan target penyelesaian tanpa terkena penalti akibat keterlambatan yang disebabkan oleh faktor eksternal di luar kendali mereka.

4.8.3 Faktor Cuaca Ekstrem (B.1).

Terjadi Rob (Banjir Pasang) dengan elevasi +1,5 m yang menggenangi area kerja. Selain itu, hujan deras dan badai memaksa penghentian pekerjaan yang menggunakan alat berat tinggi (rig PVD dan Secant Pile) karena alasan keselamatan. Kombinasi dari kedua faktor ini menciptakan kondisi di mana area kerja terus-menerus tergenang, sehingga pekerjaan konstruksi, terutama yang menggunakan alat berat, harus dihentikan karena alasan keselamatan dan teknis. Menghadapi risiko yang dapat menyebabkan keterlambatan proyek secara signifikan, tim proyek merumuskan dan mengimplementasikan sebuah solusi rekayasa teknis, yaitu membangun *Temporary Channel* atau Saluran Sementara. Pembangunan Saluran Sementara ini terbukti menjadi langkah pengendalian risiko yang sangat efektif. Dengan

mengalihkan air yang terperangkap, volume air di lokasi proyek berhasil dikurangi secara drastis. Hasil utamanya adalah area kerja yang sebelumnya tergenang menjadi kering dan dapat diakses kembali. Hal ini memungkinkan aktivitas konstruksi, termasuk penggunaan alat berat seperti *rig PVD* dan *Secant Pile*, dapat dilanjutkan sesuai jadwal yang telah disesuaikan. Tindakan ini tidak hanya menyelesaikan masalah teknis di lapangan, tetapi juga menunjukkan kemampuan manajemen proyek dalam merespons secara cepat dan tepat terhadap risiko lingkungan yang timbul akibat faktor alam maupun dampak dari pekerjaan lain di sekitar proyek.

4.8.4 Kendala Material dan Vendor Produktivitas vendor menurun (B.3)

izin impor *Geotextile Non-Woven* yang memakan waktu 6-8 bulan. Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1C menghadapi kendala krusial akibat ketergantungan pada material impor *Geotextile Non-Woven* dari China, yang disebabkan oleh rendahnya Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) untuk produk sejenis. Proses perizinan untuk mendatangkan material ini menjadi sumber keterlambatan yang signifikan, memakan waktu antara 6 hingga 8 bulan. Mengingat material ini memiliki peran fundamental sebagai lapisan pertama (*layer pertama*) dalam konstruksi tanggul laut, pekerjaan utama proyek tidak dapat dimulai sebelum material tersebut tiba di lokasi. Keterlambatan ini berdampak langsung pada penurunan produktivitas vendor dan menghambat progres proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, manajemen proyek secara proaktif melakukan "push" atau dorongan intensif untuk mempercepat proses perizinan dengan terus berkoordinasi dan menindaklanjuti pihak-pihak berwenang. Upaya ini bertujuan untuk meminimalkan durasi pengurusan izin agar material esensial tersebut dapat segera didatangkan, sehingga pekerjaan konstruksi tanggul laut dapat segera dimulai dan dampak keterlambatan yang lebih besar pada jadwal proyek dapat dikurangi.

4.8.5 Perubahan Desain Berulang (B.7)

Penggantian Metode *Ground Anchor* menjadi *Deep Soil Mixing* (DSM) Perencanaan

awal proyek mengusulkan penggunaan metode *Ground Anchor* untuk stabilisasi tanah. Metode ini bekerja dengan menanamkan tendon baja ke lapisan tanah yang stabil untuk memberikan gaya tarik. Namun, *Ground Anchor* sangat bergantung pada keberadaan tanah yang keras dan stabil agar dapat "mencengkeram" dengan kuat. Berdasarkan survei kondisi lapangan, tanah di lokasi proyek ternyata terlalu lunak, sehingga tidak memiliki daya dukung dan kekuatan geser yang cukup. Akibatnya, metode *Ground Anchor* dinilai tidak efektif dan berisiko tinggi mengalami kegagalan. Sebagai solusinya, tim proyek menggantinya dengan metode *Deep Soil Mixing* (DSM). DSM adalah teknik perbaikan tanah di mana material pengikat seperti semen dicampurkan langsung dengan tanah lunak di lokasi (*in-situ*) menggunakan alat pengaduk khusus. Proses ini mengubah tanah lunak yang tidak stabil menjadi kolom-kolom tanah-semen yang lebih keras dan padat, sehingga memiliki daya dukung yang jauh lebih tinggi. Penerapan DSM memperbaiki kondisi tanah yang tidak memadai secara fundamental, sehingga mampu menopang beban konstruksi jalan tol dengan aman.

Perubahan Pondasi Rumah Genset dari *Mini Pile* menjadi *Spun Pile* Desain awal untuk pondasi Rumah Genset adalah menggunakan *Mini Pile*, yaitu tiang pancang berdiameter kecil yang cocok untuk beban ringan. Akan tetapi, setelah dilakukan analisis lebih lanjut berdasarkan data tanah aktual dan perhitungan beban struktur, ditemukan bahwa pondasi mini pile tidak memenuhi faktor keamanan (*safety factor*) yang disyaratkan. Nilai faktor keamanan yang tidak terpenuhi ini mengindikasikan bahwa pondasi berisiko mengalami kegagalan atau penurunan berlebihan, yang dapat membahayakan struktur Rumah Genset dan operasionalnya. Untuk mengatasi masalah ini, desain pondasi diubah menggunakan *Spun Pile* (tiang pancang beton prategang) diproduksi dengan metode putar (*spinning*), yang menghasilkan beton sangat padat, kuat, dan bermutu tinggi. Dibandingkan dengan mini pile, spun pile memiliki kapasitas daya dukung beban yang jauh lebih besar. Dengan penggantian ini, faktor keamanan yang disyaratkan dapat terpenuhi, sehingga menjamin pondasi Rumah Genset akan kuat,

stabil, dan aman menahan seluruh beban selama masa layannya.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil identifikasi risiko menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), ditemukan 29 (dua puluh sembilan) akar permasalahan (*basic event*) yang menjadi penyebab dari 18 (delapan belas) permasalahan utama (*top event*) pada proyek pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Paket 1C.
2. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), diketahui bahwa terdapat beberapa risiko potensial dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi secara berturut-turut, yaitu Kendala Pembebasan Lahan dengan nilai RPN 36,88, SPMK (Surat Perintah Mulai Kerja) yang terlambat dengan nilai RPN 27,00 serta Faktor Cuaca Ekstrem dengan nilai RPN 18,83, Perubahan Desain Berulang yang memiliki nilai RPN 18,73 dan Kendala Izin Impor *Geotextile Non-Woven* dengan nilai 12,96.
3. Berdasarkan analisis risiko dan wawancara, telah dirumuskan langkah mitigasi dan pengendalian untuk risiko-risiko RPN tertinggi:
 - Kendala Pembebasan Lahan (RPN 36,88), dilakukan koordinasi proaktif dengan PPK Lahan.
 - Penundaan Kontrak Awal (RPN 27,00), diterbitkan Adendum Kontrak ke-5 untuk memperpanjang waktu pelaksanaan hingga September 2026.
 - Faktor Cuaca Ekstrem (RPN 18,83), dibangun *Temporary Channel* guna mengalihkan air banjir (Rob dan kiriman Kali Menyong) ke Kali Babon.
 - Perubahan Desain Berulang (RPN 18,73), dilakukan perubahan metode konstruksi seperti *Ground Anchor* menjadi *DSM* dan *Mini Pile* menjadi *Spun Pile* untuk menyesuaikan kondisi aktual lapangan.
 - Kendala Izin Import Material *Geotextile Non-Woven* (RPN 12,96), Melakukan push perizinan karena material tersebut adalah layer pertama dari konstruksi tanggul

5.2 Saran

1. Bagi perusahaan, disarankan untuk meningkatkan kualitas fase pra-konstruksi pada proyek-proyek selanjutnya, terutama yang berlokasi di area rawan. Hal ini mencakup pelaksanaan survei kondisi tanah yang lebih mendetail untuk menghindari perubahan desain mendadak, pengajuan perizinan material impor jauh lebih awal untuk mencegah keterlambatan pengadaan.
2. Bagi penelitian selanjutnya, direkomendasikan untuk melibatkan lebih dari satu *expert judgement* dalam proses penilaian FMEA. Penggunaan panel ahli atau metode konsensus seperti Delphi dapat mengurangi potensi subjektivitas dan menghasilkan penilaian risiko yang lebih objektif dan komprehensif. Selain itu, penelitian dapat dilanjutkan dengan analisis kuantitatif untuk memodelkan dampak finansial dari risiko-risiko prioritas tertinggi.
3. Mengingat salah satu penyebab banjir di area kerja adalah terhambatnya aliran air oleh paket pekerjaan lain (Paket 1B), disarankan agar pihak pemilik proyek (Kementerian PUPR) memperkuat sistem koordinasi dan sinkronisasi jadwal antar-paket pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Rahmawati, A. Rahmawati, and A. Rachmawati, "Ecodrainage System Evaluation And Control Of Floods In Jombang District," vol. 1, no. 2, pp. 83–87, 2020.
- [2] Habib Yoga Kusuma, Kurnia Hadi Putra, and Theresia Maria Chandra Agusdini, "Analysis of Pedestrian Path Width Requirements in the Manukan Lor Road Area, Surabaya City," *J. Innov. Civ. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 8–15, 2024, doi: 10.33474/jice.v5i1.21415.
- [3] E. K. Wijaya, "Analisis Produktivitas Pemancangan Ccsp Pada Pekerjaan Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Pada Sta 0+325 - 0+225 Khairiyah," *Anal. Produkt. Pemancangan Ccsp Pada Pekerj. Pembang. Jalan Tol Semarang-Demak Pada STA 0+325 - 0+225*, 2023.
- [4] Y. Iswahyuni, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Karir Menjadi Akuntan Publik Oleh Mahasiswa Program Studi Akuntansi Stie Aka Semarang," *J. Akunt.*, vol. 5,

- no. 1, pp. 33–44, 2018.
- [5] P. Rungruengkultorn and S. Boonsiri, “Lean Six Sigma and RFID Technology Literature Reviews Six Sigma Methodology,” vol. 17, no. 3, pp. 1175–1186, 2022.
 - [6] PERMEN Kementrian PUPR., “Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) SKh-1.1.22,” pp. 1–122, 2022.
 - [7] A. Bachan, “Analisis Penyebab Keterlambatan Pekerjaan Fisik Pada Bidang Cipta Karya Dinas Puprp Kabupaten Tanah Datar Tahun 2021,” 2022.
 - [8] M. D. Safrizal, “Analisis Faktor Keterlambatan Proyek Konstruksi Paling Dominan Di Kabupaten Aceh Utara,” *Teras J.*, vol. 9, no. 2, p. 145, 2019, doi: 10.29103/tj.v9i2.210.
 - [9] T. F. Rahardian and A. F. Wijaya, “Risk Analysis of Web-Based Information Systems on CV Mega Komputama Uses ISO 31000,” *J. Inf. Syst. Informatics*, vol. 4, no. 2, pp. 428–443, 2022.
 - [10] Z. A. Firdaus, “Mitigasi Risiko Pembiayaan Di Lembaga Keuangan Mikro Islam,” 2014.
 - [11] P. P. Pontororing and A. Andika, “Analisis Risiko Aktivitas Pekerjaan Karyawan Perusahaan Ritel Dengan Metode FMEA dan Diagram Fishbone,” *J. Kaji. Ilm.*, vol. 19, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.31599/jki.v19i1.317.
 - [12] P. Gian Indria, “Analisis Risiko Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak 1A,” 2023.
 - [13] A. Rachman, H. Adianto, and G. P. Liansari, “Perbaikan Kualitas Produk Ubin Semen Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Failure Tree Analysis di Institusi Keramik,” *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 4, no. 2, pp. 24–35, 2016.
 - [14] D. A. Kifta and T. Munzir, “Analisis Defect Rate Pengelasan Dan Penanggulangannya Dengan Metode Six Sigma Dan Fmea Di Pt. Profab Indonesia,” *J. Dimens.*, vol. 7, no. 1, pp. 162–174, 2018, doi: 10.33373/dms.v7i1.1676.
 - [15] A. P. Subriadi and N. F. Najwa, “The consistency analysis of failure mode and effect analysis (FMEA) in information technology risk assessment,” *Heliyon*, vol. 6, no. 1, p. e03161, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03161.