



TUGAS AKHIR – RC18–4704

**ANALISIS RISIKO KECELAKAAN KERJA  
MENGUNAKAN METODE FMEA PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS SIGLI – BANDA  
ACEH STRUKTUR ELEVATED**

AFRA FARADILLA IHSAN  
NRP. 0311184000002

Dosen Pembimbing:  
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022

“halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR – RC18–4704

**ANALISIS RISIKO KECELAKAAN KERJA  
MENGUNAKAN METODE FMEA PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS SIGLI – BANDA  
ACEH STRUKTUR ELEVATED**

AFRA FARADILLA IHSAN  
NRP. 0311184000002

Dosen Pembimbing:  
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022

“halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – RC18–4704

**WORK ACCIDENT RISK ANALYSIS USING FMEA  
METHOD ON ELEVATED STRUCTURE SIGLI –  
BANDA ACEH TOLL ROAD**

AFRA FARADILLA IHSAN  
NRP. 0311184000002

Supervisor:  
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT.

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Civil Engineering, Planning, and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2022

“halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS RISIKO KECELAKAAN KERJA  
MENGUNAKAN METODE FMEA  
PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL  
RUAS SIGLI – BANDA ACEH STRUKTUR ELEVATED**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AFRA FARADILLA IHSAN**

NRP. 0311184000002

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Cahyono Bintang Nurcahyo, ST, MT, ..... (Pembimbing)



“halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS RISIKO KECELAKAAN KERJA  
MENGUNAKAN METODE FMEA  
PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL  
RUAS SIGLI – BANDA ACEH STRUKTUR ELEVATED**

**Nama Mahasiswa** : Afra Faradilla Ihsan  
**NRP** : 0311184000002  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT

**Abstrak**

*Sektor konstruksi pada negara berkembang memegang peranan penting dalam pembangunan di Indonesia. Namun sektor ini menyumbang angka kecelakaan kerja yang tinggi karena kegiatan konstruksi rawan terhadap terjadinya kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dapat terjadi kapanpun dan sulit untuk dihilangkan sepenuhnya serta memberikan dampak dari yang ringan hingga cukup serius. Kecelakaan kerja dapat terjadi akibat kelalaian individu maupun penerapan peraturan keselamatan kerja yang tidak maksimal. Kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dapat diminimalisir dan dikurangi dampaknya dengan dilakukannya manajemen risiko. Analisis risiko merupakan salah satu bagian dari manajemen risiko yang berfungsi untuk mengetahui tingkat risiko kecelakaan kerja.*

*Analisis risiko dalam penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur Elevated. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Identifikasi risiko pada proyek konstruksi dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya, tinjauan lapangan, dan selanjutnya divalidasi melalui kuesioner pendahuluan kepada responden. Selanjutnya dilakukan penilaian tingkat keparahan (severity), tingkat kejadian (occurance) dan tingkat deteksi (detection) oleh responden dengan mengisi*

*kuesioner utama dengan skala penilaian yang telah di tentukan. Lalu hasil penilaian dirankingkan untuk mendapatkan variabel nilai RPN tertinggi.*

*Risiko kecelakaan kerja dengan nilai RPN tertinggi yaitu pekerja terjatuh dari ketinggian pada pekerjaan erection girder dengan nilai RPN 158.667. Pengendalian risiko yang dilakukan untuk meminimalisir kecelakaan kerja yaitu dengan cara mengubah desain (ukuran, material, dan spesifikasi teknis) dan mengembangkan peralatan deteksi.*

***Kata kunci: Analisis risiko, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), kecelakaan kerja***

# WORK ACCIDENT RISK ANALYSIS USING FMEA METHOD ON ELEVATED STRUCTURE SIGLI – BANDA ACEH TOLL ROAD

**Name** : Afra Faradilla Ihsan  
**Student ID** : 0311184000002  
**Departement** : Teknik Sipil FTSPK-ITS  
**Supervisor** : Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT

## **Abstract**

*The construction sector in developing countries was an important role in development in Indonesia. However, this sector contributed to a high number of work accidents because construction activities were prone to work accidents. Work accidents on construction projects could occur at any time and were difficult to eliminate completely and had an impact from mild to quite serious. Work accidents could occur due to individual negligence or the application of work safety regulations that were not optimal. Work accidents on construction projects could be minimized and their impact reduced by risk management. Risk analysis was one part of risk management that serves to determine the level of risk of work accidents.*

*The risk analysis in this study was carried out by the Sigli-Banda Aceh elevated Structure toll Road Construction Project. The method used in this research is FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Risk identification in construction projects was carried out based on previous research, field reports, and then validated through a preliminary questionnaire to respondents. Furthermore, an assessment of the severity, occurrence, and detection rate by respondents was carried out by filling in the main questionnaire with a predetermined rating scale. Then the results of the assessment were rank to get the highest RPN value.*

*The risk of work accidents with the highest RPN value is that workers fall from a height on erection girder work with an RPN value of 158,667. Risk control was carried out to minimize work accidents, namely by changing the design (size, material, and technical specifications) and developing detection equipment.*

***Keyword: Risk Analysis, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Work Accident***

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmat yang telah diberikan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur Elevated” ini dapat terselesaikan tepat waktu.

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini, penulis menemui banyak kendala yang tidak dapat diselesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, Ayahanda (Ihsanuddin MZ, SE., MM), Ibunda tersayang (Maisura, S.Ag., M.Si), keempat adik kandung (Aida Safitri Ihsan, Amaliya Muna Ihsan, Alifa Nasykura Ihsan, dan Ahmad Alfaiz Kenzie Ihsan)
2. Bapak Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah memberikan waktu, pikiran, tenaga, perhatian, serta kesabaran dalam membimbing dan mengarahkan penulis sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
3. Bapak Cahya Buana, ST., MT selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses perkuliahan.
4. PT. Adhi Karya, khususnya Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh yang telah memberikan izin dan membantu penulis dalam penelitian, serta seluruh responden penelitian yang telah meluangkan waktu dalam penelitian ini.
5. Teman-teman S-61 yang telah membantu memberi semangat dan membantu dalam menyusun tugas akhir ini.
6. Sahabat tersayang Feli, Zahra, Tyas, Farah, Kinan, Sasa, Woro, Firda, Kanza, Kak Nia, Mas Rey, Mba Fina, Acut, Andra, Rebels, Skuy 4.0, serta teman-teman lainnya yang

telah bersedia mendengarkan keluh kesah, selalu memberikan dukungan, dan membantu peneliti sampai penelitian ini selesai.

Akhirnya, hanya Allah SWT sang pemilik kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan agar dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, Aamiin.

Surabaya, Januari 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

Abstrak.....	vii
Abstract.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Tugas Akhir .....	3
1.5    Manfaat Tugas Akhir .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Proyek Konstruksi .....	5
2.1.1    Jenis – Jenis Proyek Konstruksi.....	6
2.1.2    Proyek Konstruksi Struktur Elevated .....	7
2.2    Kecelakaan Kerja .....	7
2.2.1    Jenis Kecelakaan Kerja .....	8
2.2.2    Klasifikasi Kecelakaan Kerja.....	9
2.2.3    Teori Kecelakaan Kerja .....	12
2.3    Keselamatan Kerja .....	13
2.4    Risiko .....	13
2.4.1    Manajemen Risiko .....	15
2.4.2    Identifikasi Risiko.....	16

2.4.3	Analisa Risiko .....	16
2.4.4	Penilaian Risiko .....	17
2.4.5	Pengendalian Risiko .....	17
2.5	Metode FMEA.....	18
2.6	Penelitian Terdahulu .....	24
BAB III METODE PENELITIAN .....		27
3.1	Deskripsi Penelitian.....	27
3.2	Data Penelitian .....	27
3.2.1	Jenis Data .....	27
3.2.2	Teknik Pengumpulan Data.....	27
3.3	Identifikasi Risiko .....	28
3.4	Variabel Penelitian .....	36
3.5	Populasi dan Sampel Penelitian .....	36
3.6	Analisis Data .....	37
3.6.1	Analisis Risiko .....	37
3.6.2	Pengendalian Risiko .....	39
3.7	Tahapan Penelitian .....	40
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....		43
4.1	Proyek Konstruksi .....	43
4.1.1	Profil Perusahaan Kontraktor.....	43
4.1.2	Profil Proyek .....	43
4.2	Metode Pekerjaan Pier .....	44
4.3	Metode Erection Girder.....	47
4.3.1	Persiapan <i>Erection</i> Girder.....	47
4.3.2	<i>Erection</i> PCI Girder .....	51
4.4	Data Penelitian .....	53
4.5	Survei Pendahuluan.....	54

4.6	Analisis Risiko dengan Metode FMEA .....	61
4.6.1	Penilaian Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> ) .....	61
4.6.2	Penilaian Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> ).....	69
4.6.3	Penilaian Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> ).....	76
4.6.4	Perhitungan <i>Risk Priority Number</i> (RPN) .....	83
4.7	Upaya Pengendalian Risiko .....	94
BAB V KESIMPULAN .....		99
5.1	Kesimpulan.....	99
5.2	Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA.....		101
LAMPIRAN .....		106

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Pengelompokan Bahaya Kecelakaan Kerja.....	11
Tabel 2.2 Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> ).....	22
Tabel 2.3. Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> ).....	23
Tabel 2.4. Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> ).....	23
Tabel 3.1. Identifikasi Variabel Risiko.....	29
Tabel 3.2. Format Kuesioner Pendahuluan.....	32
Tabel 3.3. Format Kuesioner Utama ( <i>Severity</i> ).....	33
Tabel 3.4. Format Kuesioner Utama ( <i>Occurance</i> ).....	33
Tabel 3.5. Format Kuesioner Utama ( <i>Detection</i> ).....	33
Tabel 3.6 Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> ).....	35
Tabel 3.7. Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> ).....	35
Tabel 3.8. Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> ).....	35
Tabel 3.9. Contoh Rekomendasi Tindakan Pengendalian.....	39
Tabel 4.1 Hasil Kuesioner Pendahuluan.....	56
Tabel 4.2 Variabel Risiko.....	59
Tabel 4.3 Hasil Penilaian <i>Severity</i> .....	62
Tabel 4.4 Hasil Penilaian <i>Occurance</i> .....	69
Tabel 4.5 Hasil Penilaian <i>Detection</i> .....	77
Tabel 4.6 Perhitungan <i>Risk Priority Number</i> (RPN).....	84
Tabel 4.10 Peringkat RPN.....	92
Tabel 4.8 Upaya pengendalian risiko.....	97

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir.....	41
Gambar 4.1 Diagram alir pekerjaan pier .....	47
Gambar 4.2 Diagram alir pekerjaan erection girder .....	51
Gambar 4.3. Distribusi Profil Jabatan Responden.....	53
Gambar 4.4 Distribusi Tingkat Pendidikan Responden .....	54
Gambar 4.5 Distribusi Pengalaman Kerja Responden .....	54

“halaman ini sengaja dikosongkan”

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Gencarnya pembangunan infrastruktur di Indonesia berbanding lurus dengan risiko terjadinya kecelakaan kerja. Kasus kecelakaan kerja di Indonesia masih tergolong tinggi dan penyumbang terbesar kasus kecelakaan kerja di Indonesia berasal dari sektor konstruksi dengan rata-rata kejadian 32% setiap tahunnya (Kementerian PUPR, 2017). BPJS Ketenagakerjaan mencatat kasus kecelakaan kerja mencapai 153.044 pada tahun 2020, dan angka ini masih tergolong cukup tinggi. Kecelakaan kerja sektor konstruksi menempati peringkat pertama pekerjaan paling berbahaya di dunia dan memiliki risiko kematian 5 kali lebih tinggi dibandingkan dengan manufaktur, serta risiko cedera besar 2,5 kali lebih tinggi (Yahya, Asilian, & Ebrahim, 2014).

Pada tahun 2014 Kementerian Ketenagakerjaan menyatakan bahwa jumlah kecelakaan kerja yang dialami pekerja konstruksi relatif tinggi yaitu sebesar 31,9% dari total kecelakaan kerja yang terjadi, dan kasus kecelakaan tertinggi yaitu 26% pekerja jatuh dari ketinggian, 12% terbentur, dan 9% tertimpa (Republika, 2015). Sampai saat ini kecelakaan kerja pada ketinggian masih banyak terjadi, karena perusahaan belum menerapkan regulasi mengenai K3 pada pekerjaan ketinggian dengan maksimal, selain itu juga dikarenakan para pekerja lalai dalam mentaati peraturan yang ada (Safitri & Widowati, 2017).

Perlu perhatian khusus dari berbagai pihak terhadap proyek konstruksi di negara berkembang khususnya Indonesia. Kecelakaan kerja dapat terjadi dari yang ringan hingga menimbulkan korban jiwa dan menimbulkan kerugian di berbagai aspek. Selain berdampak pada pekerja, kecelakaan kerja konstruksi juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kinerja proyek. Diantara dampak yang terjadi yaitu keterlambatan penyelesaian

proyek, adanya penambahan biaya proyek yang dikeluarkan, dan produktivitas proyek berkurang.

Tidak dapat dipungkiri bahwa kenyataan risiko kecelakaan merupakan suatu hal yang dapat terjadi dan sulit untuk dihilangkan sepenuhnya. Risiko merupakan dampak dari ketidakpastian suatu pekerjaan yang tidak bisa dipisahkan. Risiko dapat diminimalisir dan diantisipasi dengan perhitungan yang tepat. Berbagai upaya dilakukan untuk menekan angka risiko kecelakaan kerja, pada tahun 2012 ditetapkan penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja yang tertuang dalam PP No. 50 Tahun 2012.

Perhitungan risiko kecelakaan harus diperhitungkan agar menjadi bahan pertimbangan dalam meminimalisir kecelakaan kerja saat pelaksanaan proyek konstruksi. Dengan dilakukannya perhitungan risiko kecelakaan kerja yang mungkin terjadi, maka tindakan preventif untuk menanggulangi risiko tersebut dapat dilakukan. Salah satu metode yang tepat untuk menganalisis risiko yaitu menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Metode FMEA ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja pada proses pekerjaan. Metode ini memiliki keunggulan dibandingkan metode lainnya karena selain penilaian berdasarkan tingkat keparahan dan probability, juga dilakukan penilaian tingkat deteksi yang didasarkan pada *design control* atau pengendalian yang dilakukan pada proyek.

Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh merupakan proyek dengan panjang rute 74,2 km. Proyek ini melibatkan banyak sumber daya manusia yang banyak jika ditinjau dari luas area, waktu dan item pekerjaan agar mendapatkan hasil yang optimal. Banyaknya jumlah pekerja akan memperbesar tingkat kemungkinan terjadinya risiko kecelakaan kerja. Selain itu, analisis risiko kecelakaan kerja pada proyek ini dinilai sangat penting dilakukan karena struktur elevated pada proyek ini melewati jalan raya, sungai, rawa-rawa, dan lain-lain yang memiliki risiko yang lebih besar.

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai risiko kecelakaan dan tingkat kemungkinan yang akan terjadi, maka dilakukan penelitian yaitu “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur Elevated”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka secara umum terdapat beberapa masalah yang perlu dibahas:

1. Risiko kecelakaan kerja apa yang paling besar terjadi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh?
2. Bagaimana upaya pengendalian kecelakaan kerja pada pekerjaan dengan tingkat risiko tertinggi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh?

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian pada tugas akhir ini tidak terlalu luas dan menyimpang dari rumusan masalah, maka permasalahan yang akan diteliti dibatasi pada pokok – pokok bahasan sebagai berikut:

1. Obyek dari penelitian ini yaitu Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh pada struktur elevated.
2. Pengambilan data dilakukan dengan wawancara, pengisian kuesioner dan data proyek konstruksi.

## **1.4 Tujuan Tugas Akhir**

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui risiko kecelakaan kerja yang paling besar terjadi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh.
2. Mengetahui upaya pengendalian kecelakaan kerja pada pekerjaan dengan tingkat risiko tinggi pada proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh.

### **1.5 Manfaat Tugas Akhir**

Adanya penelitian pada tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek konstruksi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Proyek Konstruksi**

Proyek konstruksi merupakan proyek yang berkaitan dengan pembangunan infrastruktur yang mencakup pekerjaan dalam bidang teknik sipil dan arsitektur meliputi kepentingan masyarakat yang luas seperti perumahan untuk tempat tinggal, bangunan industry, jalan raya, bendungan, saluran pengairan, bandar udara, jaringan kelistrikan, kilang minyak dan sebagainya. Hakikat kegiatan proyek konstruksi adalah proses mengubah sumber daya yang tersedia dan dana tertentu menjadi hasil pembangunan yang sesuai dengan tujuan, sasaran dan harapan penting tertentu (Dipohusodo, 1995).

Dalam *three dimentional objective* menjelaskan bahwa kegiatan proyek konstruksi bersifat unik karena tidak memiliki kesamaan yang persis dengan proyek sebelumnya dan melibatkan grup pekerja yang berbeda. Proyek konstruksi hanya dilakukan satu kali dan umumnya memiliki jangka waktu pengerjaan yang pendek karena waktu awal dan akhir proyek relatif pasti. Proses yang terjadi dalam kegiatan konstruksi secara langsung maupun tidak langsung melibatkan banyak pihak terkait karena kebutuhan keahlian yang bervariasi, perbedaan ketertarikan dan juga kepribadian yang bervariasi. Sumber daya yang dibutuhkan dalam proyek konstruksi dikelompokkan menjadi *man, material, machines, money*, dan *method* (Ervianto, 2005).

Ciri-ciri pokok proyek konstruksi menurut Soeharto (1995) antara lain:

1. Tujuan yang dimiliki khusus produk akhir atau hasil kerja akhir
2. Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu yang jelas dalam proses mencapai tujuan
3. Bersifat sementara, selesainya waktu tugas dibatasi

4. Nonrutin atau tidak berulang-ulang. Intensitas dan jenis kegiatannya bersifat unik dan berubah sepanjang proyek berlangsung.

Pengukuran kinerja proyek konstruksi didasarkan pada tiga kendala (*triple constrain*) yaitu spesifikasi yang ditetapkan sesuai (tepat mutu), *time schedule* berjalan sesuai (tepat waktu), dan biaya yang direncanakan sesuai (tepat biaya) (Ervianto, 2005).

### 2.1.1 Jenis – Jenis Proyek Konstruksi

Menurut Ervianto (2005) kelompok bangunan dalam proyek konstruksi dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Bangunan Gedung
  - a. Dihasilkannya tempat untuk orang bekerja atau tinggal.
  - b. Dilaksanakan pada lokasi dengan kondisi pondasi umumnya sudah diketahui dan lokasi pekerjaan relatif sempit.

Contoh dari bangunan gedung yaitu rumah, kantor, pabrik, dan lain-lain.

2. Bangunan Sipil
  - a. Dilakukannya pengendalian alam agar berguna bagi kepentingan manusia.
  - b. Lokasi pekerjaan tergolong luas dan panjang serta kondisi pondasi umumnya belum diketahui dan berbeda-beda dalam suatu proyek.
  - c. Dalam memecahkan masalah diperlukan suatu manajemen yang baik.

Contoh dari bangunan sipil yaitu jembatan, bendungan, jalan, dan infrastruktur publik lainnya.

Perbedaan jenis proyek konstruksi berpengaruh besar terhadap K3 yang diterapkan. Perbedaan ketinggian, luas lokasi, kedalaman, serta lokasi proyek menghasilkan risiko yang berbeda-beda baik dalam suatu proyek yang sama maupun proyek yang berbeda.

### **2.1.2 Proyek Konstruksi Struktur Elevated**

Jalan layang (*fly over*) adalah suatu struktur yang berfungsi sebagai penghubung ruas jalan dan sebagai prasarana penghubung atau meneruskan pergerakan lalu lintas barang dan jasa. Jalan layang ini dibangun untuk menghindari kawasan yang menghadapi permasalahan seperti kemacetan lalu lintas, persilangan kereta api, dan juga sebagai perlengkapan jalan bebas hambatan untuk melalui kawasan yang sulit ditempuh ataupun rawa-rawa. Keberadaan jalan ini sangat dibutuhkan oleh semua kalangan masyarakat (Supriyadi & Muntohar, 2007).

Konstruksi jalan layang dibagi menjadi dua bagian jika ditinjau secara umum, yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas jembatan berfungsi sebagai penerima beban dari faktor yang melintas di jalan layang. Struktur bawah bagian bangunan berfungsi sebagai penyalur beban antara struktur atas ke lapisan tanah. Struktur bagian atas umumnya terdiri dari pelat lantai dan gelagar jembatan atau girder.

## **2.2 Kecelakaan Kerja**

Kecelakaan kerja merupakan suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak disangka yang menyebabkan adanya korban manusia maupun harta benda (Permenaker No. 03/MEN/1998). Kecelakaan kerja adalah suatu peristiwa yang mengakibatkan cedera atau kesakitan, kerusakan serta kerugian lainnya (Standar AS/NZS 4801: 2001).

Kecelakaan kerja tidak terduga karena penyebab terjadinya kejadian tersebut bukan merupakan suatu kesengajaan dan tidak direncanakan. Maka dari itu peristiwa kecelakaan sering kali menyebabkan kerugian material dan immaterial berupa penderitaan dari skala ringan hingga paling berat (Austen & Neale, 1991).

Menurut Heinrich, Petersen dan Roos (1980) kecelakaan kerja merupakan suatu peristiwa yang tidak direncanakan dan tidak terkendali karena adanya reaksi suatu objek, bahan, manusia, maupun radiasi yang dapat menimbulkan cedera dan akibat lainnya.

Penyebab kecelakaan kerja berdasarkan hasil statistik yang dilakukan menyebutkan bahwa 85% disebabkan oleh tindakan manusia yang berbahaya (*unsafe action*) atau kesalahan-kesalahan yang menyebabkan kecelakaan seperti ceroboh, posisi kerja yang salah, tidak memperhatikan SOP, tidak memakai alat pelindung diri (APD) dan lain-lain. Sedangkan 15% sisanya disebabkan oleh kondisi yang berbahaya (*unsafe condition*) yaitu kecelakaan yang terjadi akibat dari faktor-faktor lingkungan fisik seperti pencahayaan yang minim, terpapar radiasi, peralatan kerja yang tidak memadai, kurangnya pengamanan pada mesin, dan lain-lain (Ramli, 2010).

Faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja lainnya menurut Rachmawati (2008) yaitu faktor fisik, faktor kimia, faktor biologi, faktor fisiologis dan faktor mental-psikologis. Adapun uraiannya sebagai berikut:

1. Faktor fisik mencakup penerangan, kelembapan, radiasi, tekanan udara, dan lain-lain.
2. Faktor kimia terdiri dari gas, uap, cairan, dan lain-lain.
3. Faktor biologi terdiri dari gangguan hewan maupun tumbuh-tumbuhan
4. Faktor fisiologis terdiri dari konstruksi mesin dan cara kerjanya.
5. Faktor mental-psikologis terdiri dari hubungan antara pekerja dan pemilik proyek konstruksi, manajemen penyusunan kerja, dan lain-lain.

### **2.2.1 Jenis Kecelakaan Kerja**

Jenis kecelakaan kerja menurut Bird dan Germain (1990) yaitu:

1. *Accident*, merupakan peristiwa yang tidak diharapkan dan menimbulkan kerugian bagi manusia dan harta benda.
2. *Incident*, merupakan peristiwa yang tidak diinginkan dan belum menimbulkan kerugian
3. *Near miss*, merupakan peristiwa hampir celaka atau yang hampir dapat menimbulkan accident dan incident.

Menurut Suma'mur (1981) klasifikasi kecelakaan kerja yang didasari oleh tingkat akibat yang ditimbulkan yaitu terbagi menjadi tiga jenis:

1. Kecelakaan kerja dengan tingkat ringan, merupakan kecelakaan kerja yang membutuhkan pengobatan pada hari terjadinya kecelakaan, dan memerlukan waktu istirahat kurang dari 2 hari sebelum melakukan aktifitas kembali. Contoh dari kecelakaan kerja ini yaitu terpeleset, tergores, terjatuh, dan lain-lain.
2. Kecelakaan kerja dengan tingkat sedang, merupakan kecelakaan kerja yang membutuhkan pengobatan dan istirahat lebih dari 2 hari. Contoh dari kecelakaan kerja ini yaitu luka robek, dan luka bakar.
3. Kecelakaan kerja berat, merupakan kecelakaan kerja yang menyebabkan kegagalan fungsi tubuh. Contoh kecelakaan kerja ini yaitu patah tulang.

### **2.2.2 Klasifikasi Kecelakaan Kerja**

Klasifikasi kecelakaan kerja menurut Organisasi Perburuhan Internasional (ILO, dalam Suma'mur, 1981) yaitu:

1. Berdasarkan jenis pekerjaan
  - a. Terjatuh
  - b. Tertimpa benda jatuh
  - c. Terkena benda-benda
  - d. Terjepit
  - e. Gerakan yang melebihi batas kemampuan
  - f. Adanya pengaruh suhu yang tinggi
  - g. Terkena arus listrik
  - h. Radiasi dan terkena bahan-bahan berbahaya
2. Berdasarkan penyebab
  - a. Mesin terdiri dari mesin pengolah kayu, mesin peyalur (transmisi), mesin pertambangan, dan lain-lain.
  - b. Alat angkut terdiri dari alat angkut yang beroda, mesin pengangkat, dan lain-lain.

- c. Bahan-bahan, radiasi, dan zat-zat kimia yaitu terdiri dari bahan peledak, debu, cairan berbahaya, dan material lainnya.
  - d. Lingkungan kerja, yaitu lingkungan kerja baik di luar bangunan, di dalam bangunan, maupun di bawah tanah.
  - e. Peralatan lain yaitu terdiri dari alat yang memiliki tekanan tinggi, instalasi listrik, perancah atau scaffolding, dan lain-lain.
3. Sifat luka dan kelainan
- a. Patah tulang
  - b. Keseleo atau dislokasi
  - c. Memar dan luka dalam
  - d. Amputasi
  - e. Luka pada permukaan kulit
  - f. Luka bakar
  - g. Keracunan mendadak
  - h. Efek dari radiasi
  - i. Gagar dan remuk
  - j. Regang otot
4. Letak dan luka pada tubuh
- a. Kepala
  - b. Leher
  - c. Badan
  - d. Anggota tubuh atas
  - e. Anggota tubuh bawah
  - f. Banyak tempat

Pengelompokan bahaya kecelakaan kerja berdasarkan dampak yang terjadi pada korban menurut ILO pada tahun 2013 dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Pengelompokan Bahaya Kecelakaan Kerja

Kategori A	Kategori B	Kategori C	Kategori D
Potensi bahaya yang menimbulkan risiko dampak jangka panjang pada kesehatan	Potensi bahaya yang menimbulkan risiko langsung pada keselamatan	Risiko terhadap kesejahteraan atau kesehatan pekerja sehari-hari	Potensi bahaya yang menimbulkan risiko individu dan psikologis individu
Akibat faktor kimia (debu, uap, logam)	Kebakaran	Air minum	Pelecehan, intimidasi, dan pelecehan seksual
Faktor biologis (penyakit, gangguan virus, bakteri)	Listrik	Toilet dan fasilitas lainnya	Terinfeksi HIV/AIDS
Faktor fisik (penerangan, iklim kerja, jatuh)	Potensi bahaya mekanikal yang terjadi pada mesin	Ruang makan	Kekerasan dalam lingkungan kerja
Cara bekerja (Jam kerja yang lama pekerjaan yang berulang-ulang)	Perawatan yang tidak baik pada peralatan kerja	P3K pada lokasi kerja	Stress berlebih

Sumber: ILO, 2013

### 2.2.3 Teori Kecelakaan Kerja

Berdasarkan teori yang telah dikembangkan maka didapatkan hasil bahwa penyebab terjadinya kecelakaan kerja bukan hanya akibat dari kesalahan yang dilakukan oleh pekerja. Pihak manajemen konstruksi dan organisasi dalam proyek juga merupakan penyebab terjadinya kecelakaan dalam lingkup konstruksi. Adapun teori-teori kecelakaan kerja dalam Salami et al. (2016) yaitu:

#### a. *The Domino Theory*

Teori yang dikemukakan oleh H. W. Heinrich ini menyebutkan kecelakaan kerja yang terjadi merupakan suatu peristiwa yang saling berhubungan satu sama lain dan diibaratkan seperti mata-rantai yang saling bergantung. Dalam teori ini disebutkan bahwa kecelakaan kerja terdiri dari 5 faktor yang saling terikat yaitu kondisi kerja, kelalaian manusia, tindakan yang tidak aman, kecelakaan, dan cedera. Faktor-faktor ini diibaratkan seperti kartu domino yang didirikan, dimana jika ada salah satu kartu yang terjatuh maka kartu tersebut dapat memicu jatuhnya kartu yang lain.

#### b. *The Multiple Causation Theory (MCT)*

Teori ini merupakan hasil dari pengembangan dari teori Domino. Namun dalam teori ini ditegaskan bahwa untuk satu peristiwa kecelakaan terdiri dari banyak faktor penyebab. Kecelakaan timbul akibat adanya penyebab, sebab-akibat, dan kombinasi tertentu. Dalam teori ini faktor-faktor penyebab kecelakaan dibagi ke dalam dua kelompok yaitu behavior dan environment. Behavior atau perilaku yang terdiri dari faktor-faktor yang berkaitan dengan pekerja seperti kondisi fisik, kurangnya pengetahuan, dan lain-lain. Sedangkan environment atau lingkungan yaitu tidak maksimalnya pengamanan elemen pekerjaan berbahaya dan prosedur penggunaan alat kerja yang tidak aman. Hasil utama dari teori ini menjelaskan bahwa suatu kecelakaan jarang sekali terjadi akibat tindakan tunggal atau hanya karena satu sebab.

### 2.3 Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja adalah keselamatan yang berhubungan dengan mesin, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan (Triyanto, 2004). Keselamatan menurut OHSAS 18001-1999 adalah bebas dari resiko buruk yang tidak dapat diterima. Bubshait dan Almohawis (dalam Endroyo, 2010) menyatakan bahwa keselamatan adalah penyelesaian proyek tanpa kecelakaan.

Kesehatan kerja adalah suatu keadaan atau kondisi badan/tubuh yang terlindungi dari segala ancaman atau gangguan yang dikibatkan oleh pekerjaan yang dilaksanakan (Milen, 2016). Keselamatan kerja diatur dalam Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970. Undang-undang ini bersifat preventif, sehingga memberikan rasa aman dan dapat mempertinggi mutu kerja, peningkatan produksi dan produktifitas kerja.

### 2.4 Risiko

Risiko atau risk adalah peristiwa yang berpengaruh terhadap proyek secara negatif sebagai konsekuensi dari adanya ketidakpastian. Risiko dapat dihubungkan dengan probabilitas terjadinya kejadian yang tidak diharapkan (Tjakra & Sangari, 2011)

Risiko adalah efek dari ketidakpastian sasaran, efek ketidakpastian yang dihasilkan bisa bersifat positif ataupun negatif. Risiko merupakan kemungkinan keadaan yang dapat mempengaruhi tujuan dan sasaran individu maupun organisasi (AS/NZS Standard 4360:1995). Risiko menurut Schexnayder dan Mayo (2003) adalah sebuah kejadian yang akan menimbulkan biaya yang tidak direncanakan dan tidak ada profit yang dihasilkan.

Definisi risiko yang dikemukakan oleh Vaughan (1978) dalam Darmawi (2008) yaitu:

1. *Risk is the chance of loss* (Risiko adalah peluang kerugian)

*Chance of loss* digunakan untuk menunjukkan situasi dimana adanya keterbukaan terhadap kerugian maupun kemungkinan

kerugian. *Chance* dalam istilah statistika digunakan untuk menunjukkan probabilitas yang muncul dalam keadaan tertentu.

2. *Risk is the possibility of loss* (Risiko adalah kemungkinan kerugian)

Istilah *possibility* memiliki arti probabilitas suatu peristiwa berada antara nol dan satu. Pengertian ini hampir sama dengan pengertian risiko pada umumnya, akan tetapi kurang tepat jika digunakan dalam analisis kuantitatif karena agak longgar.

3. *Risk is Uncertainty* (Risiko adalah ketidakpastian)

Istilah *uncertainty* memiliki banyak arti, namun dapat disimpulkan bahwa istilah ini bersifat subjektif dan objektif. Penilaian risiko berdasarkan pengetahuan dan cara pandang individu dapat diartikan sebagai *Subjective Uncertainty*. Risiko dalam pengambilan keputusan dapat muncul akibat adanya ketidakpastian.

Jenis-jenis risiko menurut Hanafi (2016) terbagi menjadi enam yaitu :

1. Risiko murni (*pure risk*) yaitu risiko dengan adanya kemungkinan kerugian, dan tidak adanya kemungkinan keuntungan seperti bencana alam.
2. Risiko spekulatif yaitu risiko dengan mengharapkan adanya keuntungan dan kerugian.
3. Risiko subjektif yaitu ditinjau dari persepsi individu terhadap suatu risiko dimana kondisi psikologi atau mental individu saat berpengaruh dalam penentuan kesimpulan besar kecil nya risiko.
4. Risiko objektif didasarkan pada observasi parameter yang objektif.
5. Risiko dinamis yaitu risiko yang terjadi akibat adanya perubahan kondisi tertentu.
6. Risiko statis timbul akibat kondisi keseimbangan tertentu.

Risiko-risiko dalam proyek konstruksi menurut Flanagan dan Norman (1993) yaitu:

1. Penyelesaian tidak sesuai desain yang telah ditentukan atau waktu konstruksi yang ditetapkan.

2. Tidak mampu mendapatkan gambar perencanaan, detail perencanaan dalam waktu yang ditentukan.
3. Kondisi tanah tidak dapat diprediksi.
4. Faktor cuaca yang sangat buruk.
5. Permasalahan tenaga kerja termasuk pemogokan.
6. Bahan dan tenaga kerja mengalami kenaikan yang tidak diperkirakan.
7. Terjadinya kecelakaan pekerja yang menimbulkan cedera maupun luka di lokasi konstruksi.
8. Adanya kerusakan pada struktur akibat proses pengerjaan yang tidak sesuai.
9. Faktor bencana alam yang tidak terduga
10. Keterlambatan produksi akibat detail desain yang menyebabkan kontraktor mengklaim kehilangan dan kerugian biaya yang ditanggung.
11. Penyelesaian proyek tidak sesuai dengan budget yang telah ditetapkan.

#### **2.4.1 Manajemen Risiko**

Manajemen risiko menurut Australia/New Zealand Standards (1999) yaitu suatu proses yang logis dan juga terstruktur dalam mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, mengawasi serta mengkomunikasikan risiko yang berhubungan dengan segala kegiatan, fungsi maupun proses yang bertujuan untuk meminimalisir kerugian dan memaksimalkan keuntungan. Manajemen risiko sangat membantu dalam mengidentifikasi risiko sejak awal dan menentukan keputusan untuk mengendalikan risiko yang ada. Faktor risiko dalam proyek konstruksi dapat diminimalisir, namun tidak dapat dihilangkan.

Proses dalam pengendalian risiko yang tertuang dalam Risk Management Standard AS/NZ 4360 yang dilakukan melalui pendekatan manajemen risiko yaitu:

1. Menentukan Konteks
2. Identifikasi Risiko
3. Analisa Risiko
4. Evaluasi Risiko

## 5. Bentuk Pengendalian Risiko

Selain manajemen risiko, diperlukan pula manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (K3) yang bertujuan untuk melindungi keselamatan setiap individu yang berada pada lokasi konstruksi. Keselamatan kerja adalah suatu usaha yang bertujuan untuk mencegah terjadinya suatu peristiwa kecelakaan kerja (Silalahi, 1995). Namun untuk melakukan manajemen K3 diperlukan manajemen risiko sebagai elemen utama (Ramli, 2009). Diperlukan data mengenai risiko dan potensi bahaya yang akan terjadi agar dapat dilakukan penentuan pengendalian risiko yang tepat.

### 2.4.2 Identifikasi Risiko

Menurut Darmawi (2008) identifikasi risiko adalah proses analisis untuk mengetahui secara sistematis dan kesinambungan risiko (kerugian yang potensial) yang dihadapi perusahaan. Tahapan identifikasi risiko jika didasarkan pada fungsinya yaitu tahap perencanaan, penilaian (identifikasi dan analisis), pengendalian, dan pengawasan risiko. Identifikasi risiko bertujuan untuk mendapatkan area dan proses teknis yang nantinya akan dianalisis.

### 2.4.3 Analisa Risiko

Analisis risiko merupakan suatu kegiatan yang sistematis dengan menggunakan data atau informasi yang ada untuk mendeteksi konsekuensi (*severity*) dan tingkat kejadian (*occurrence*). Analisis risiko bertujuan untuk mengelompokkan risiko dengan tingkat kecil atau minor dan risiko dengan tingkat besar atau major. Inti dari analisis ini yaitu adanya pengembangan pemahan mengenai risiko. Dibutuhkan data pendukung mengenai tingkatan risiko dalam proses ini yang nantinya akan digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan tindakan pengendalian (AS/NZS 4360:2004).

Dalam AS/NZS (4360:2004) juga disebutkan bahwa metode analisis yang digunakan dapat bersifat kualitatif, semi kuantitatif, kuantitatif serta gabungan dari ketiga sifat tersebut. Metode analisis yang digunakan dapat dipilih sesuai dengan

kebutuhan, situasi dan kondisi. Jika tujuan penelitian adalah memperoleh gambaran umum mengenai level risiko, maka dapat menggunakan analisis kualitatif. Setelah dilakukan analisis kualitatif, maka dapat dilanjutkan dengan analisis semi-kuantitatif maupun kuantitatif.

#### **2.4.4 Penilaian Risiko**

Dalam NHS Health Scotland (2010) penilaian risiko adalah metode sistematis yang dilakukan dalam mengamati suatu kegiatan atau aktivitas pekerjaan, menelusuri hal-hal yang dapat merusak ataupun berubah menjadi buruk, dan membuat keputusan terhadap pengendalian yang digunakan agar sesuai dan dapat mencegah timbulnya kerugian, kerusakan, dan cedera pada lingkungan kerja.

Penilaian risiko bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya sehingga pengendalian risiko dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak atau kerusakan. Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam penilaian risiko yaitu:

- a. Mendefinisikan tugas dan proses yang akan dinilai
- b. Mengidentifikasi bahaya
- c. Mengurangi bahaya seminimum mungkin
- d. Mengevaluasi risiko
- e. Mengembangkan strategi untuk mencegah terjadinya risiko
- f. Mengadakan pelatihan metode kerja yang baru
- g. Mengimplementasi strategi dalam proses pencegahan
- h. Memonitor kinerja
- i. Melakukan evaluasi atau kajian ulang secara berkala.

#### **2.4.5 Pengendalian Risiko**

Berdasarkan OHSAS:18001 (2004) menyebutkan bahwa terdapat beberapa metode untuk mengendalikan risiko yaitu:

1. Eliminasi  
Pengendalian risiko dalam metode ini yaitu dilakukan dengan cara menghilangkan faktor penyebabnya. Risiko dapat diminimalisir apabila akar penyebab suatu masalah dihilangkan.

2. Substitusi  
Metode substitusi atau pergantian dilakukan dengan cara menggannti cara kerja, bahan maupun alat sehingga risiko terjadinya kecelakaan kerja dapat diminimalisir.
3. Engineering control  
Pengendalian risiko menggunakan metode engineering control dilakukan dengan merekayasa proses pekerjaan agar mencegah terjadinya risiko.
4. Administratif  
Metode administratif dilakukan dengan membuat *Standard Operational Procedure* (SOP) ataupun arahan dengan memberikan pelatihan dan memasang rambu-rambu keselamatan serta peringatan.
5. *Personal Protective Equipment* (PPE)  
Metode PPE merupakan standar dalam keselamatan kerja. Metode ini dilakukan dengan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pada pekerja. Diantara kelima metode yang disebutkan, PPE inilah yang memiliki tingkat efektifitas yang rendah.

Menurut Suardi (2007) penggunaan APD dapat dikatakan berhasil tergantung beberapa hal sebagai berikut:

1. Tepat pemilihan peralatan perlindungannya
2. Peralatan digunakan dengan benar
3. Sesuai dengan kondisi bahaya dan situasi di lapangan
4. Pemeliharaan baik

## **2.5 Metode FMEA**

FMEA menurut Puente et al. (2000) yang dikutip oleh Marimin et al. (2013) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui suatu penyebab kegagalan yang terjadi saat proses produksi, kemudian mengevaluasi berdasarkan prioritas risiko yang menjadi penyebab kecelakaan kerja, serta membantu dalam mengambil langkah atau tindakan untuk menghindari ataupun meminimalisir masalah yang terdeteksi sebagai bahaya kecelakaan kerja. Metode FMEA sangat membantu untuk mengidentifikasi

dan mengukur tingkat risiko kecelakaan kerja lalu membaginya menjadi tingkatan prioritas, dan kemudian akan dilakukan perbaikan sehingga angka kecelakaan kerja dapat ditekan berdasarkan suatu prioritas yang didapat dari nilai Risk Priority Number (RPN). Pengukuran tingkat risiko kecelakaan kerja dalam metode ini menggunakan tiga parameter yaitu tingkat keparahan atau *severity* (S), tingkat kejadian atau *occurance* (O), dan tingkat deteksi atau *detection* (D). Perkalian dari nilai S, O dan D akan menghasilkan nilai RPN.

Menurut Carlson (2012) FMEA merupakan suatu metode yang dirancang untuk:

1. Mengidentifikasi dan memahami mode kegagalan dan penyebab kegagalan tersebut serta efek yang ditimbulkan oleh sistem untuk proses suatu produk tertentu.
2. Menilai risiko yang berkaitan dengan mode yang diidentifikasi keagalannya, efek dan penyebab, serta memfokuskan tindakan pengendaliannya.
3. Mengidentifikasi dan melakukan tindakan pengendalian untuk mengatasi masalah yang cukup serius.

Menurut Susilo et al. (2010) FMEA dilakukan untuk menganalisis potensi kesalahan ataupun kegagalan dan efeknya terhadap suatu proses, Metode ini akan mengidentifikasi potensial failure mode yang berdasar pada kejadian yang telah lalu yang berkaitan dengan produk atau proses serupa. FMEA akan meminimalisir kesalahan dan kegagalan. FMEA terdiri dari tiga jenis yaitu:

1. Sistem FMEA

Sistem FMEA merupakan analisis tingkat yang paling tinggi yang terdiri dari berbagai subsistem. Fokus dari sistem FMEA ini terkait kekurangan, integrasi sistem, interface, dan interaksi antar sistem lainnya.

2. Desain FMEA

Desain FMEA fokus pada desain produk seperti subsistem atau tingkat komponen. Pada desain FMEA ini lebih difokuskan pada kekurangan dalam desain, sehingga akan

dilakukannya peningkatan desain dan memastikan operasi produk aman serta dapat diandalkan selama masa penggunaan peralatan.

### 3. Proses FMEA

Proses FMEA fokus kepada proses manufaktur atau perakitan, dalam proses ini lebih ditekankan pada bagaimana proses manufaktur dapat ditingkatkan untuk memastikan bahwa produk dibangun untuk merancang persyaratan dengan cara yang aman.

Menurut Gasperz (2002) Proses FMEA atau PFMEA merupakan pendekatan terstruktur yang memberikan tingkat risiko kualitas setiap langkah dalam proses manufaktur. Dalam penelitian ini jenis FMEA yang digunakan yaitu PFMEA.

Prosedur penggunaan metode FMEA menurut Tay dan Lim (2006) dan Teng dan Ho (1996) yaitu:

1. Tentukan tabel skala *severity*, *occurrence*, dan *detection*.
2. Mempelajari tujuan dan sasaran suatu proses yang teridentifikasi oleh hubungan antar komponen pekerjaan atau diagram alir pekerjaan.
3. Mengidentifikasi potensi kegagalan suatu produk atau proses pekerjaan meliputi masalah yang akan terjadi, fokus permasalahan dan peluang dilakukannya perbaikan.
4. Mengidentifikasi dampak kegagalan terhadap proses yang lain.
5. Mengidentifikasi akar penyebab yang potensial dari potensi kegagalan
6. Metode awal yang digunakan untuk mendeteksi atau mencegah kegagalan suatu proses kegiatan.
7. Menilai tingkat *severity* yaitu memberikan tingkat keparahan atau dampak akibat dari potensi kegagalan.
8. Menilai tingkat *occurrence* yaitu mengestimasi frekuensi kejadian untuk penyebab kegagalan.
9. Menilai tingkat *detection* yaitu kemungkinan kontrol proses untuk mendeteksi akar penyebab suatu kegagalan.

10. Perhitungan RPN yang merupakan hasil perkalian nilai tingkat keparahan, tingkat kejadian, dan tingkat deteksi.
11. Jika memerlukan koreksi maka dapat kembali ke langkah dua yaitu mempelajari tujuan dan sasaran suatu proses serta hubungan antar komponen pekerjaan.

Adapun secara umum langkah-langkah dalam melakukan FMEA yaitu sebagai berikut:

1. Meninjau proses item pekerjaan yang memiliki kemungkinan risiko
2. Identifikasi fungsi dari item pekerjaan
3. Membuat daftar modus kegagalan yang memiliki risiko dari tiap item pekerjaan
4. Membuat potensi dampak kegagalan yang memiliki risiko dari tiap item pekerjaan
5. Menilai tingkat keparahan (*severity*) dari dampak kegagalan
6. Membuat daftar potensi penyebab dari suatu kegagalan di tiap item pekerjaan
7. Menilai tingkat kejadian (*occurrence*) dari potensi penyebab suatu kegagalan di tiap item pekerjaan
8. Membuat daftar kontrol desain atau bentuk pencegahan dalam potensi penyebab kegagalan
9. Menilai tingkat deteksi (*detection*) berdasarkan kontrol desain di tiap item pekerjaan
10. Menghitung RPN dari masing-masing tingkat keparahan, kejadian dan deteksi
11. Mengurutkan prioritas kesalahan yang memerlukan penanganan lebih lanjut
12. Melakukan tindak mitigasi terhadap kesalahan tersebut

Adapun skala S, O, dan D dalam metode FMEA di penelitian ini diadopsi berdasarkan jurnal dan National Incident Database Report oleh Ying-Ming Wang (2009). Skala penilaian untuk *severity* atau tingkat keparahan dapat dilihat dalam Tabel 2.2., skala penilaian untuk *occurrence* atau tingkat kejadian dapat

dilihat pada Tabel 2.3., dan skala penilaian untuk *detection* atau deteksi dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.2 Tingkat Keparahan (*Severity*)

	Tingkat/Dampak	Akibat
10	Kematian atau menyebabkan perubahan pada kehidupan individu	Kematian beberapa individu
9		Kematian individu (hanya satu orang)
8		Diperlukan perawatan serius dan menimbulkan kecacatan yang permanen
7	Dampak cukup serius (Individu tidak dapat melakukan aktivitas)	Dirawat lebih dari 12 jam akibat adanya pembuluh darah yang pecah, kerugian besar, hilang ingatan, dll.
6		Dirawat lebih dari 12 jam, mengalami patah tulang, tulang yang bergeser, adanya luka bakar, pernafasan terganggu, lupa ingatan sementara
5	Dampak sedang (individu tidak beraktivitas selama 1-2 hari)	Terkilir, retak tulang/patah ringan, keram atau kejang
4		Luka bakar ringan, tersayat, radang dingin/panas
3	Dampak ringan (individu masih dapat melakukan aktivitas)	Kulit melepuh, terkena panas atau suhu tinggi, cedera ringan, tergelincir atau terpesolet ringan
2		Tersengat matahari, memar, tergores, dan teriris ringan
1	Tidak berdampak (individu tidak merasakan dampak yang signifikan)	Terkena serpihan material dengan ukuran kecil, tersengat serangga dan tergigit serangga

Sumber: National Incident Database Report, 2011 dan Wang, et al, 2009

Tabel 2.3. Tingkat Kejadian (*Occurance*)

Probabilitas Kejadian	Tingkat Kejadian	Nilai
Sangat tinggi dan tidak dapat dihindari	>1 per 2	10
	1 per 3	9
Tinggi dan sering terjadi	1 per 8	8
	1 per 20	7
Sedang dan kadang terjadi	1 per 80	6
	1 per 400	5
Rendah dan relatif jarang terjadi	1 per 2.000	4
	1 per 15.000	3
Sangat rendah dan hampir tidak mungkin terjadi	1 per 150.000	2
	1 per 1.500.000	1

Sumber: Wang, et al, 2009

Tabel 2.4. Tingkat Deteksi (*Detection*)

Tingkat		Kemungkinan Terdeteksi
10	Hampir tidak mungkin	Tidak ada alat pengontrol yang dapat mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan
9	Sangat jarang	Sangat kecil kemungkinan alat kontrol yang ada untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan
8	Jarang	Alat kontrol memiliki peluang untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan
7	Sangat rendah	Alat kontrol memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan

Lanjutan Tabel 2.4. Tingkat Deteksi (*Detection*)

Tingkat		Kemungkinan Terdeteksi
6	Rendah	Alat kontrol memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan
5	Sedang	Alat kontrol memiliki kemungkinan sedang untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan
4	Agak tinggi	Alat kontrol memiliki kemungkinan cukup tinggi untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan
3	Tinggi	Alat kontrol memiliki kemungkinan yang tinggi untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan
2	Sangat tinggi	Alat kontrol memiliki kemungkinan yang sangat tinggi untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan
1	Hampir pasti	Alat kontrol dapat mendeteksi secara pasti bentuk dan penyebab kegagalan

Sumber: Wang, et al, 2009

## 2.6 Penelitian Terdahulu

1. IDENTIFIKASI DAN ANALISA RISIKO KECELAKAAN KERJA DENGAN METODE FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS) DAN FTA (FAULT TREE ANALYSIS) DI PROYEK JALAN TOL SURABAYA – MOJOKERTO oleh Sinaga (2014). Pada penelitian ini digunakan dua *tools* yaitu metode FMEA dan FTA. Kelebihan dari penelitian ini yaitu

prioritas risiko tertinggi yang didapatkan dari analisis metode FMEA diidentifikasi kembali sumber penyebabnya menggunakan metode FTA sehingga hasil yang didapatkan pun lebih terstruktur. Namun item pekerjaan pada penelitian ini terlalu luas dan kurang mendetail penetapan variabel risiko yang digunakan sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap struktur *elevated* atau layang. Skala *detection* yang digunakan dalam metode FMEA juga terlalu umum dan tidak mencantumkan desain kontrol yang sudah digunakan dalam proyek. Selain itu juga belum ada pengendalian kecelakaan kerja untuk pekerjaan dengan risiko tertinggi.

2. ANALISA RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN THP KENJERAN SURABAYA oleh Hutasoit (2016). Pada penelitian ini analisis risiko dilakukan menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) setelah penyebaran kuesioner kepada responden untuk mengetahui nilai *severity* dan *probability* dimana selanjutnya akan diketahui faktor penyebab dari suatu risiko. Selain itu juga digunakan metode MOCUS (*Method Obtain Cut Set*) untuk mengetahui kombinasi *basic event*. Kelebihan menggunakan metode FTA dan FMEA yaitu analisis yang dilakukan lebih rinci terhadap hasil evaluasi. Namun dalam analisis risiko kecelakaan kerja ini tidak memperhitungkan *detection* atau aspek deteksi sehingga dirasa cukup perlu untuk dilakukan penelitian lebih mendalam dengan memperhitungkan desain kontrol yang digunakan pada lokasi proyek konstruksi.
3. MANAJEMEN RISIKO KESELAMATAN KERJA PADA PEKERJAAN BANGUNAN ATAS DI PROYEK PEMBANGUNAN JALAN LAYANG TOL BOGOR OUTER RING ROAD (BORR) SEKSI 2A OLEH PT.

WIJAYA KARYA TAHUN 2013 oleh Komaraningsih (2013). Penelitian ini mengacu pada standar AS/NZS 4360:2004 dan menggunakan analisis risiko semi kuantitatif. Hasil analisis ini diklasifikasikan ke dalam lima kelas yaitu *very high*, *priority 1*, *substantial*, *priority 3*, dan *acceptable*. Dalam penelitian ini analisis risiko yang dikerjakan hanya tahapan pekerjaan fabrikasi box girder hingga expansion joint dan penelitian manajemen risikonya dilakukan oleh penulis sendiri sehingga bersifat sangat subjektif. Penggunaan metode dalam penelitian ini juga tidak bisa menghasilkan faktor risiko penyebab terjadinya kecelakaan kerja, hanya terbatas pada kontrol risiko yang digunakan.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Deskripsi Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kegiatan yang berisiko dengan tingkat risiko, mengidentifikasi tahapan pekerjaan yang memiliki tingkat risiko dengan prioritas tertinggi, melakukan analisis penilaian risiko, dan mengetahui penerapan upaya pengendalian kecelakaan kerja pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh struktur *elevated*. Studi dilakukan untuk mengetahui nilai risiko yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja dengan tingkat risiko tertinggi. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pendekatan kualitatif. Data penelitian didapatkan dengan wawancara, observasi lapangan, dan kuesioner. Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh section 2 dimana pekerjaan konstruksinya sudah berjalan 50%.

### **3.2 Data Penelitian**

#### **3.2.1 Jenis Data**

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan cara mendapatkannya terbagi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari jawaban responden penelitian hasil penyebaran kuesioner yang dilakukan pada lingkungan proyek konstruksi, dan wawancara. Sedangkan data sekunder didapatkan melalui data yang diperoleh dari pihak kontraktor pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh.

#### **3.2.2 Teknik Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini, data yang didapatkan berasal dari proyek konstruksi Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh struktur *elevated* (layang). Data primer didapatkan dengan wawancara, penyebaran kuesioner, dan observasi lapangan. Data primer didapatkan mewawancarai langsung pekerja

pada proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh dan melakukan observasi lapangan dengan mengunjungi langsung objek penelitian. Pengumpulan data primer juga dilakukan dengan pengisian kuesioner dengan cara memberikan nilai dengan skala penilaian yang sebelumnya sudah ditetapkan. Pekerjaan-pekerjaan konstruksi yang berisiko akan ditulis di dalam kuesioner yang selanjutnya akan diberikan kepada responden. Kuesioner akan diberikan kepada responden yang terdiri dari Manajer Proyek, Manajer Lapangan, *Site Engineer*, dan Staf Manajemen HSE. Setelah pengisian kuesioner juga akan dilakukan wawancara untuk mengetahui pengendalian yang tepat untuk penanganan risiko kecelakaan kerja dengan risiko tertinggi.

Adapun teknik pengumpulan data sekunder yaitu dengan mengambil data proyek berupa profil atau gambaran umum proyek, JSA yang juga berisi aktivitas pekerjaan pada proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh, dan studi literatur. Data dari proyek yang sudah didapat berupa JSA proyek. Dari JSA yang sudah didapatkan, maka akan diambil data berupa uraian pekerjaan dan potensi bahaya yang terjadi dan selanjutnya akan dijadikan salah satu dasar dalam menentukan variabel penelitian.

### **3.3 Identifikasi Risiko**

Dalam penelitian ini, variabel risiko diidentifikasi dari studi literatur dan JSA proyek. Lalu identifikasi risiko dilanjutkan dengan membuat daftar variabel risiko, kemudian variabel risiko tersebut diberikan dimasukkan kedalam kuisisioner pendahuluan untuk melihat relavan tidaknya variabel hasil studi literatur dengan keadaan pada proyek konstruksi. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan kepastian terkait kemungkinan timbulnya potensi kecelakaan kerja yang sama sesuai dengan keadaan di lapangan. Data akan dikonfirmasi kepada pelaksana proyek yang mempunyai latar belakang pengetahuan program keselamatan kerja ataupun pelaksana yang mempunyai pengalaman di dalam bidang keselamatan dan kesehatan kerja.

Adapun variabel yang didapat dari studi literatur dan JSA dapat dilihat pada Tabel 3.1. yang berisi aktivitas pekerjaan dan variabel risiko dalam proyek konstruksi yang nantinya akan dijadikan acuan dalam identifikasi risiko.

Tabel 3.1. Identifikasi Variabel Risiko

No	Aktivitas Pekerjaan	Variabel Risiko	Sumber
<b>A.</b>	<b>Pekerjaan Pier</b>		
1	Pekerjaan Pabrikasi Rebar	Pekerja terjepit mesin Pekerja terjepit alat kerja (tang) atau terjepit besi Pekerja tersayat besi Tertusuk besi bendrat	Indrayani (2017)
2	Unloading rebar workshop	Terkena alat kerja Pekerja Tertimpa material	Hutasoit (2016)
3	Install Rebar	Pekerja tersandung rebar Pekerja terjatuh pada saat pemasangan di ketinggian	Sinaga (2014)
4	Pekerjaan Bekisting	Pekerja tergores material bekisting (kayu atau logam) Pekerja terjatuh dari ketinggian Pekerja tertusuk paku Pekerja terpukul palu	Indrayani (2017)
5	Pegecoran Pier	Terkena percikan semen Terjatuh dari ketinggian	Indrayani (2017)

Lanjutan Tabel 3.1. Identifikasi Variabel Risiko

B.	Pekerjaan Erection Girder		
1	Mobilisasi Crane	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	Sinaga (2014)
2	Penurunan crane dan aksesoris, serta install crane	Terlindas alat berat	Hutasoit (2016)
3	Mobilisasi Girder	Kecelakaan pada saat mobilisasi girder	Sinaga (2014)
Tertabrak kendaraan yang sedang melintas			
4	Penurunan Girder	Tertimpa sling crane yang putus	Sinaga (2014)
Tertimpa balok girder			
5	Joint Girder	Terjepit material (girder)	Komaraningsih (2013)
6	Stressing Girder	Tersengat listrik	Komaraningsih (2013)
Tersandung kabel strand			
7	Pemotongan Strand dan Grouting	Tertusuk kabel strand	Komaraningsih (2013)
8	Pemasangan Bearing Pad	Tertimpa crane yang roboh	Widiyastuti (2014)
Tertimpa Bearing Pad yang terjatuh			
9	Erection Girder	Pekerja terjatuh dari ketinggian	Hutasoit (2016)
Terkena manuver alat berat			
Kejatuhan material (girder)			

Lanjutan Tabel 3.1. Identifikasi Variabel Risiko

No	Aktivitas Pekerjaan	Variabel Risiko	Sumber
10	Perkuatan Girder	Terkena peralatan kerja	Komaraningsih (2013)
		Terjatuh dari ketinggian	
11	Setting Perancah	Terjatuh dari ketinggian	Komaraningsih (2013)
		Tertusuk besi	
		Tertimpa material perancah yang terjatuh	

Selanjutnya dilakukan penyebaran kuisioner dari variabel risiko hasil studi literatur (penelitian terdahulu) dan JSA. Penyebaran kuesioner dalam penelitian ini dilakukan dua tahap, adapun tahapannya yaitu sebagai berikut:

1. Kuesioner Survei Pendahuluan

Kuesioner pendahuluan diberikan kepada responden untuk memvalidasi apakah variabel risiko yang didapatkan dari penelitian terdahulu dengan keadaan Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh. Hasil dari kuesioner pendahuluan ini nantinya akan diambil frekuensi terbanyak, dan nantinya akan diputuskan bersama dengan ahli K3 pada proyek terkait variabel yang diambil. Adapun contoh format kuesioner untuk survei pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Format Kuesioner Pendahuluan

No	Aktivitas Pekerjaan	Variabel Risiko	Setuju	Tidak Setuju
<b>A. Pekerjaan Pier</b>				
1	Pekerjaan Pabrikasi Rebar	Pekerja terjepit mesin		
		Pekerja terjepit alat kerja (tang) atau terjepit besi		
		Pekerja tersayat besi		
		Tertusuk besi bendrat		
2	Unloading rebar workshop	Terkena alat kerja		
		Pekerja Tertimpa material		
3	Install Rebar	Pekerja tersandung rebar		
		Pekerja terjatuh pada saat pemasangan di ketinggian		
n				

## Keterangan:

Kuesioner diisi dengan memberikan tanda check (√) pada kolom yang disediakan.

- a. Setuju : Variabel risiko pernah terjadi atau mungkin akan terjadi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh.
  - b. Tidak Setuju : Variabel risiko tidak pernah terjadi dan tidak akan mungkin terjadi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh.
2. Kuesioner Survei Utama  
Kuesioner survei utama bertujuan untuk mengetahui nilai occurrence (tingkat kejadian), severity (keparahan), dan

*detection* (deteksi). Kuesioner yang akan dibagikan berisikan aktivitas pekerjaan yang terdapat pada proyek di struktur *elevated*, deskripsi dari aktivitas pekerjaan yang dilakukan, failure mode atau kondisi kegagalan, dampak, penyebab, dan design kontrol. Adapun contoh format kuesioner utama dalam penelitian ini yang akan diberikan kepada responden dapat dilihat pada Tabel 3.3, Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.3. Format Kuesioner Utama (*Severity*)

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> )					
					(S)					
					1	2	3	4	5	
<b>A. Pekerjaan Pier</b>										
1	Galian dan timbunan tanah	Proses galian dan timbunan tanah pada lokasi proyek menggunakan alat berat excavator dan bulldozer	<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>	Tertimban tanah galian yang longsor						
			<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>	Tertimpa alat berat						

Tabel 3.4. Format Kuesioner Utama (*Occurance*)

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> )					
					(O)					
					1	2	3	4	5	
<b>A. Pekerjaan Pier</b>										
1	Galian dan timbunan tanah	Proses galian dan timbunan tanah pada lokasi proyek menggunakan alat berat excavator dan bulldozer	<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>	<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>						
			<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>	<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>						

Tabel 3.5. Format Kuesioner Utama (*Detection*)

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Design Control	Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> )					
					(D)					
					1	2	3	4	5	
<b>A. Pekerjaan Pier</b>										
1	Galian dan timbunan tanah	Proses galian dan timbunan tanah pada lokasi proyek menggunakan alat berat excavator dan bulldozer	<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>	<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>						
			<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>	<i>didapatkan setelah survey dan wawancara</i>						

Keterangan:

Tingkat keparahan (*Severity*)

- 1 = Tidak berdampak
- 2 = Dampak ringan
- 3 = Dampak sedang
- 4 = Dampak cukup serius
- 5 = Kematian dan perubahan pada individu

Tingkat kejadian (*Occurance*)

- 1 = Sangat rendah dan hampir tidak mungkin terjadi
- 2 = Rendah dan relatif jarang terjadi
- 3 = Sedang dan kadang terjadi
- 4 = Tinggi dan sering terjadi
- 5 = Sangat tinggi dan tidak dapat dihindari

Tingkat deteksi (*Detection*)

- 1 = Hampir pasti
- 2 = Tinggi
- 3 = Sedang
- 4 = Sangat rendah
- 5 = Sangat Jarang

Tabel S, O, D dalam metode FMEA di penelitian ini diadopsi berdasarkan jurnal dan National Incident Database Report oleh Ying-Ming Wang (2009). Skala penilaian untuk *severity* (S), *occurance* (O), dan *detection* (D) yang diberikan berdasarkan studi literatur yaitu 1-10, namun dalam penelitian yang dilakukan, skala penilaian yang diberikan menjadi 1-5 dengan tujuan memudahkan responden dalam memberikan penilaian dalam kuesioner. Adapun skala penilaian untuk *severity* atau tingkat keparahan dapat dilihat dalam Tabel 3.6., skala penilaian untuk *occurrence* atau tingkat kejadian dapat dilihat pada Tabel 3.7., dan skala penilaian untuk *detection* atau deteksi dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.6 Tingkat Keparahan (*Severity*)

Tingkat/Dampak	Nilai
Kematian atau menyebabkan perubahan pada kehidupan individu	5
Dampak cukup serius (individu tidak dapat melakukan aktivitas)	4
Dampak sedang (individu tidak beraktivitas selama 1-2 hari)	3
Dampak ringan (individu masih dapat melakukan aktivitas)	2
Tidak berdampak (individu tidak merasakan dampak yang signifikan)	1

Tabel 3.7. Tingkat Kejadian (*Occurance*)

Probabilitas Kejadian	Tingkat Kejadian	Nilai
Sangat tinggi dan tidak dapat dihindari	>1 per 2	5
Tinggi dan sering terjadi	1 per 8	4
Sedang dan kadang terjadi	1 per 80	3
Rendah dan relatif jarang terjadi	1 per 2.000	2
Sangat rendah dan hampir tidak mungkin terjadi	1 per 150.000	1

Tabel 3.8. Tingkat Deteksi (*Detection*)

Kemungkinan Terdeteksi	Tingkat	Nilai
Sangat kecil kemungkinan alat kontrol yang ada untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Sangat jarang	5
Alat kontrol memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Sangat rendah	4
Alat kontrol memiliki kemungkinan sedang untuk	Sedang	3

Lanjutan Tabel 3.8. Tingkat Deteksi (*Detection*)

Kemungkinan Terdeteksi	Tingkat	Nilai
mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan		
Alat kontrol memiliki kemungkinan yang tinggi untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Tinggi	2
Alat kontrol dapat mendeteksi secara pasti bentuk dan penyebab kegagalan	Hampir pasti	1

### 3.4 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, variabel penelitian didapatkan berdasarkan data dari penelitian terdahulu dan juga potensi bahaya yang didapatkan dari JSA pada proyek konstruksi yang nantinya akan dikembangkan dan dijadikan sebagai langkah awal identifikasi risiko kecelakaan kerja pada kuesioner yang akan diberikan kepada responden. Variabel dalam penelitian ini difokuskan pada kecelakaan kerja yang terjadi pada proyek khususnya pekerjaan pier dan *erection* girder. Selanjutnya data yang didapat akan dikonfirmasi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh dengan tujuan untuk mendapatkan kepastian terkait kemungkinan timbulnya potensi kecelakaan kerja yang sama sesuai dengan keadaan di lapangan. Data akan dikonfirmasi kepada pelaksana proyek yang mempunyai latar belakang pengetahuan program keselamatan kerja ataupun pelaksana yang mempunyai pengalaman di dalam bidang keselamatan dan kesehatan kerja. Hasil dari kuisisioner pendahuluan nantinya akan menjadi variabel penelitian pada penelitian ini dan akan dibahas lebih lanjut pada bab IV.

### 3.5 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian dalam tugas akhir ini yaitu seluruh stakeholder dalam Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli –

Banda Aceh diantaranya yaitu Pemerintah, *Main Contractor* dan *Sub Contractor*, pengguna jalan serta masyarakat di sekitar lokasi proyek.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu stakeholder yang terlibat langsung dalam kegiatan Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh diantaranya yaitu *Project Manager*, *Site Engineer*, *Site Manager*, dan lain-lain. Adapun responden yang dituju dalam penelitian ini yaitu:

- a. *Project Manager*
- b. *Site Engineer* dan *Site Manager*
- c. *Safety Officer* atau Staf Manajemen HSE (*Health Safety Environment*)

### 3.6 Analisis Data

#### 3.6.1 Analisis Risiko

Setelah kuesioner dibagikan, maka langkah awal yang digunakan untuk analisis yaitu menggunakan severity index dari masing-masing tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi. Adapun severity index dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i x_i}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \times 100\%$$

Dimana:

- a = konstanta penilaian (1 s/d 5)  
 $x_i$  = probabilitas responden  
 i = 1,2,3,4,5

Klasifikasi dari skala penilaian pada keparahan, kejadian, dan deteksi yaitu sebagai berikut:

Sangat Rendah/Sangat Kecil (SR/SK)	=	$0,00 \leq SI \leq 12,5$
Rendah/Kecil (R/K)	=	$12,5 \leq SI \leq 37,5$
Cukup/Sedang (C/S)	=	$37,5 \leq SI \leq 62,5$
Tinggi/Besar (T/B)	=	$62,5 \leq SI \leq 87,5$

Sangat Tinggi/Sangat Besar (ST/SB) =  $87,5 \leq SI \leq 100$

Analisis risiko dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Dalam metode ini akan dihitung nilai RPN dari tiap risiko kecelakaan kerja yang terjadi. Nilai RPN didapatkan dari hasil perkalian *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D).

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

Dimana :

S = Tingkat keparahan

O = Tingkat Kejadian

D = Deteksi

Pada penelitian yang akan dilakukan, nilai S, O, D didapatkan dari pendapat responden pada proyek konstruksi seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Nilai RPN yang didapatkan dari hasil perkalian S, O, dan D akan menghasilkan tingkatan risiko dari pekerjaan. Pekerjaan dengan nilai RPN tertinggi menunjukkan tingkat dengan risiko yang tinggi dan selanjutnya akan mendapatkan prioritas utama untuk dilakukannya tindakan pencegahan atau preventif dan perbaikan.

Identifikasi pekerjaan dengan risiko tertinggi dapat dilakukan setelah data dianalisis menggunakan metode FMEA. Metode FMEA akan memberikan hasil nilai RPN yang mengurutkan pekerjaan-pekerjaan dari tingkat risiko tertinggi hingga terendah. Pekerjaan dengan nilai RPN tertinggi akan menjadi fokus utama dalam pengendalian risiko nantinya. Dalam tahap ini, akan dilakukan kajian lebih mendalam terkait penyebab dan proses pekerjaan yang dilakukan sehingga kegiatan pengendalian risiko dapat dilakukan secara lebih mendetail. Pekerjaan dengan risiko tertinggi akan dievaluasi dan diberikan pengendalian sesuai dengan tingkat risikonya.

### 3.6.2 Pengendalian Risiko

Pengendalian risiko dilakukan untuk meminimalisir maupun menghindari potensi risiko yang terjadi pada pekerjaan. Pengendalian risiko yang dilakukan bergantung pada hasil kuesioner yang telah dibagikan. Pada penelitian ini tingkat risiko merupakan hasil dari perkalian *severity*, *occurrence*, dan *detection* dari risiko kecelakaan kerja yang mungkin terjadi pada pekerjaan proyek konstruksi. Pengendalian risiko ini berfungsi untuk mengurangi dampak yang dihasilkan oleh variabel risiko agar tidak menimbulkan kecelakaan kerja.

Beberapa contoh rekomendasi tindakan menurut Unit Engineering PT MAK (2004) yang dapat dilakukan untuk mengurangi rangking *severity*, *occurrence*, dan *detection* dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Contoh Rekomendasi Tindakan Pengendalian

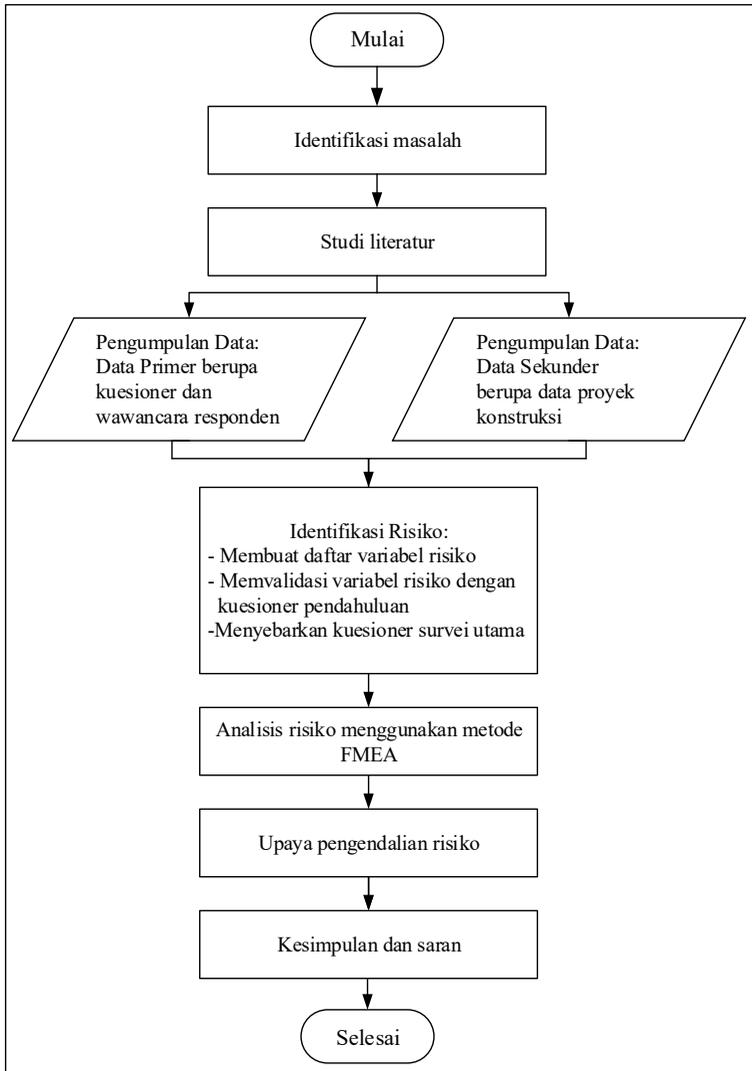
Untuk mengurangi	Tindakan yang dapat dipertimbangkan	Tujuan
<i>Severity</i>	Mengubah desain (Contohnya: ukuran ataupun material)	Untuk menghilangkan mode kegagalan
<i>Occurrence</i>	Mengubah desain (ukuran, material, memperbaiki spesifikasi teknis)	Untuk mencegah penyebab kegagalan atau mengurangi tingkat kejadian
<i>Detection</i>	Menambah atau mengembangkan metode pengendalian (melakukan evaluasi desain pada tahap awal, menambah jumlah sampel, menambah peralatan deteksi)	Meningkatkan kemampuan untuk mendeteksi mode kegagalan atau mendeteksi penyebab kegagalan sebelum kegagalan terjadi

Sumber: Unit Engineering PT Mega Andalan Kalasan, 2004

Detail pengendalian risiko yang akan diberikan pada pekerjaan dengan tingkatan risiko pada penelitian ini akan didapatkan melalui wawancara expert di lapangan dan juga studi literatur terkait penyebab terjadinya dan juga pengendalian yang tepat untuk pekerjaan tersebut. Pengendalian yang dilakukan akan fokus pada pekerjaan dengan tingkat risiko tertinggi dikarenakan dampak yang dihasilkan sangat besar dan diperlukan tindakan pengendalian yang preventif untuk mengurangi dampak tersebut.

### **3.7 Tahapan Penelitian**

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengetahui latar belakang permasalahan yang terjadi pada lingkungan proyek, kemudian mengidentifikasi masalah yang terjadi. Setelah identifikasi masalah dilakukan, maka langkah selanjutnya yaitu studi literatur terkait permasalahan yang akan diteliti. Pada tahap pengumpulan data, akan dilakukan proses pengambilan data melalui wawancara, kuesioner, dan data pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh. Setelah pengumpulan data dilakukan, maka dapat diketahui kegiatan apa saja yang berisiko pada kegiatan proyek konstruksi. Tahapan selanjutnya yaitu mengidentifikasi tahapan pekerjaan yang memiliki tingkat risiko yang tinggi yang akan dianalisis menggunakan metode FMEA. Analisis risiko menggunakan metode FMEA akan menghasilkan Risk Priority Number atau RPN yang nantinya akan dijadikan sebagai acuan dalam menentukan urutan skala prioritas. Pada penelitian ini, pengendalian risiko kecelakaan kerja difokuskan pada risiko dengan RPN tertinggi. Adapun tahapan penelitian ini dapat dilihat dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Proyek Konstruksi**

##### **4.1.1 Profil Perusahaan Kontraktor**

Perusahaan kontraktor yang membangun proyek jalan tol Ruas Sigli – Banda Aceh adalah PT. Adhi Karya Tbk. Perusahaan ini termasuk salah satu perusahaan perseroan yang bergerak di bidang konstruksi dalam Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang sangat terkemuka di Indonesia bahkan Asia Tenggara.

Perusahaan Adhi Karya memiliki visi “Menjadi Korporasi Inovatif dan Berbudaya Unggul untuk Pertumbuhan Berkelanjutan” dengan tagline yaitu “Beyond Construction” yang memperkuat gambaran motivasi perusahaan untuk merambah ke bisnis lain yang masih terikat dengan inti bisnis perusahaan konstruksi. Kemampuan Adhi Karya dalam bidang konstruksi dibuktikan dengan pengalaman keberhasilan proyek konstruksi yang sudah dijalankan. Selain itu, perusahaan ini mendirikan anak perusahaan diantaranya yaitu PT. Adhi Persada Gedung (APG) dan PT. Adhi Persada Beton (APB) serta Anak Usaha PT. Dumai Tirta Persada.

Beberapa proyek jalan yang dikerjakan oleh perusahaan ini yaitu proyek LRT Jabodebek, Pembangunan Ruas Tol Mojokerto-Kertosono, dan lain-lain. Adapun proyek gedung yang dikerjakan antara lain Istora Senayan dan Wisma Atlet Kemayoran. Selain proyek jalan dan gedung, perusahaan ini juga mengerjakan proyek konstruksi jembatan, pengairan, pelabuhan, landmark, pengolahan limbah, dan proyek superior lainnya yang tersebar di seluruh Indonesia.

##### **4.1.2 Profil Proyek**

Proyek yang ditinjau pada tugas akhir ini yaitu Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh. Proyek ini termasuk salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN). Proyek ini terletak di Provinsi Aceh, tepatnya di Kabupaten Aceh Besar dan

Kabupaten Pidie yang terbagi menjadi 6 seksi yaitu Padang Tiji – Seulimum (Seksi 1), Seulimum – Jantho (Seksi 2), Jantho – Indrapuri (Seksi 3), Indrapuri – Blang Bintang (Seksi 4), Blang Bintang – Kutabaro (Seksi 5), dan Kutabaro – Baitussalam (Seksi 6). Adapun waktu pelaksanaan proyek dijadwalkan yaitu 840 Hari Kalender dari kontrak tanggal 30 November 2018. Pekerjaan pada proyek dalam penelitian ini difokuskan pada struktur *elevated* yaitu pekerjaan pier dan pekerjaan erection girder. Secara keseluruhan, proyek ini sedang berjalan dengan tingkat pekerjaan yang berbeda-beda pada setiap seksi nya.

## 4.2 Metode Pekerjaan Pier

Pada proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh, metode pekerjaan pier diawali dengan penggalian tanah setelah proses pemancangan mini pile dilakukan. Setelah proses pemancangan yang dilakukan menggunakan alat pancang drop hammer selesai, maka dilanjutkan dengan penggalian tanah. Kedalaman galian tanah berbeda-beda tergantung dengan kondisi di lapangan, mengingat area proyek konstruksi pembangunan jalan tol sangat luas dan kondisi lapangan sangat bervariasi. Penggalian tanah dilakukan menggunakan alat bantu excavator. Setelah penggalian tanah dilakukan, di beberapa area proyek konstruksi ada yang ditambahkan struktur sheet pile baja untuk menahan tekanan lateral tanah, dan mencegah terjadinya longsor pada galian.

Pekerjaan galian tanah setelah pemancangan dilakukan bersamaan dengan kegiatan pabrikasi rebar pada workshop. Pada workshop dilakukan kegiatan pemotongan rebar menggunakan bar cutter sesuai dengan panjang yang diinginkan dan pembengkokan rebar menggunakan bar bender. Seluruh proses pabrikasi rebar yang digunakan pada proyek dilakukan pada workshop. Setelah proses pabrikasi dan galian pada tanah telah selesai, maka proses selanjutnya yaitu mobilisasi rebar dari workshop ke lokasi proyek.

Kegiatan mobilisasi rebar diawali dengan proses loading rebar ke dalam kendaraan pengiriman, dimana dalam proyek ini

kegiatan mobilisasi dilakukan dengan menggunakan truk untuk membawa hasil pabrikasi rebar ke lokasi proyek. Pekerjaan mobilisasi dilakukan pada waktu-waktu tertentu untuk menghindari terjadinya kemacetan yang mengakibatkan semakin padatnya lalu lintas dan dapat mengganggu pengguna jalan lainnya karena adanya risiko kecelakaan kerja.

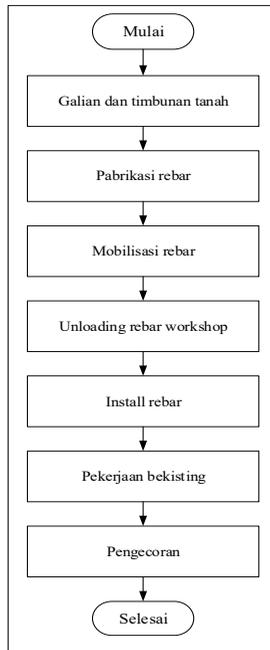
Tahapan yang dilakukan setelah mobilisasi yaitu proses unloading rebar atau kegiatan pembongkaran muatan dari kendaraan pengangkut. Penempatan rebar dilakukan pada lokasi proyek dengan posisi yang dekat dengan titik pekerjaan pier untuk memudahkan saat install rebar. Setelah proses unloading rebar dilakukan, maka tahapan selanjutnya yaitu install rebar atau pemasangan rebar pada titik yang telah ditentukan. Pemasangan rebar dilakukan untuk footing, kemudian dilanjutkan dengan pier dan pier head.

Setelah install rebar selesai dikerjakan, maka dilanjutkan dengan proses pembuatan bekisting. Bekisting berfungsi sebagai cetakan sementara untuk menahan beban dan sebagai cetakan agar memperoleh bentuk yang diinginkan saat pengecoran. Jenis bekisting yang digunakan yaitu bekisting kayu atau triplek. Dalam proses pekerjaannya, bekisting tidak boleh digunakan lebih dari tiga kali, karena akan berpengaruh terhadap kondisi beton yang dicetak, karena ditakutkan sisa beton sebelumnya masih menempel di bekisting dan menimbulkan rongga pada beton. Selain itu, penggunaan bekisting bekas pakai juga akan mengurangi kekuatan dari bekisting untuk menahan beton segar saat proses pengecoran. Bekisting kayu yang digunakan untuk kolom memiliki klem pengatur dibagian luar yang dikaitkan menggunakan baut, penguat tegak dan penguat datar, serta balok penunjang (*push pull*) untuk menompang bekisting dari berbagai arah sehingga bentuk bekisting tidak berubah.

Setelah bekisting terpasang dengan sempurna, maka tahapan selanjutnya yaitu pengecoran. Pengecoran dapat dilakukan tergantung pada cuaca di lapangan, apabila cuaca hujan maka proses pengecoran ditunda hingga cuaca memungkinkan untuk

dilakukannya pengecoran. Hal ini dilakukan karena ditakutkan air hujan akan menambah volume air dalam beton segar yang mengakibatkan perubahan pada mix design dan menurunkan mutu beton, serta menghindari terjadinya risiko kecelakaan kerja yang lebih besar. Mobilisasi beton segar dilakukan menggunakan truk mixer dengan volume beton segar per truk sebesar 6 m<sup>3</sup>. Dalam proses pengecoran, truk mixer yang dibutuhkan berkisar antara 6-8 truk untuk satu buah pier. Pengecoran dilakukan menggunakan truk concrete pump, setelah beton dituangkan ke dalam bekisting, maka digunakan vibrator untuk memadatkan beton agar tidak menimbulkan rongga.

Proses install rebar, pembuatan bekisting, dan pengecoran dilakukan secara bertahap, dimulai dari pembuatan footing, pier, hingga pembuatan pier head. Ketinggian pier pada proyek tol ini berbeda-beda, tergantung dari lokasi proyek. Adapun diagram alir pekerjaan pier dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram alir pekerjaan pier

### 4.3 Metode Erection Girder

#### 4.3.1 Persiapan *Erection* Girder

Dalam pelaksanaan erection girder dibutuhkan alat berat yaitu crane, maka dari itu langkah awal yang dilakukan yaitu mobilisasi *crane* dan aksesorisnya menggunakan alat berat truk *lowbed trailer*. Crane yang dibutuhkan dalam proyek ini berjumlah dua unit, dan jenis crane yang digunakan yaitu *crawler crane*. Crane yang sudah sampai ke lokasi proyek terlebih dahulu di cek kelengkapan dan kelayakannya setelah proses penurunan crane dan aksesorisnya dari alat angkut. Setelah crane diturunkan, maka langkah selanjutnya yaitu install crane dan menempatkan crane pada titik yang sudah ditentukan, untuk area pergerakan crane dipasangkan pelat baja setebal 20 mm sebagai landasan serta untuk

membantu menahan beban crane agar kondisi tanah timbunan tidak cekung.

Pekerjaan selanjutnya yaitu proses mobilisasi girder yang dilakukan dari workshop menuju lokasi proyek. Mobilisasi ini menggunakan alat berat yaitu *trailer truck*. Proses mobilisasi dilakukan pada malam hari untuk menghindari terjadinya risiko kecelakaan pada lalu lintas yang ramai dan membahayakan pengendara lain, serta diperlukan pengawasan dari pihak kepolisian dalam proses mobilisasi tersebut. Adapun jenis girder yang digunakan dalam proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh yaitu PCI girder dengan beberapa tipe yaitu PCI-140, PCI-160, PCI-170, dan PCI-210 tergantung pada lokasi proyek. Perbedaan tipe girder ini terletak pada tinggi, panjang, dan berat girder. Tipe girder yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Tipe PCI-140, memiliki tinggi 140 cm, panjang 16,6 m, dan berat 23,5 ton.
2. Tipe PCI-160, memiliki tinggi 160 cm, panjang 25,6 m, dan berat 38,3 ton.
3. Tipe PCI-170, memiliki tinggi 170 cm, panjang 30,8 m, dan berat 58,8 ton.
4. Tipe PCI-170, memiliki tinggi 170 cm, panjang 35,8 m, dan berat 67,3 ton.
5. Tipe PCI-210, memiliki tinggi 210 cm, panjang 40,8 m, dan berat 82,9 ton.

Girder yang dibawa dari workshop ke lokasi proyek masih berupa segmen. Setelah segmen girder sampai di lokasi proyek, maka dilakukan penurunan girder menggunakan crane dan dilanjutkan dengan pekerjaan joint girder, yaitu segmen girder ditempatkan diatas balok beton, disusun membentuk layout girder agar memudahkan saat proses stressing girder, pemasangan sling pada saat proses erection girder, dan untuk menjaga beton girder agar tidak mengalami keretakan. Pada pekerjaan joint girder, jarak antar penempatan girder yaitu 40 cm.

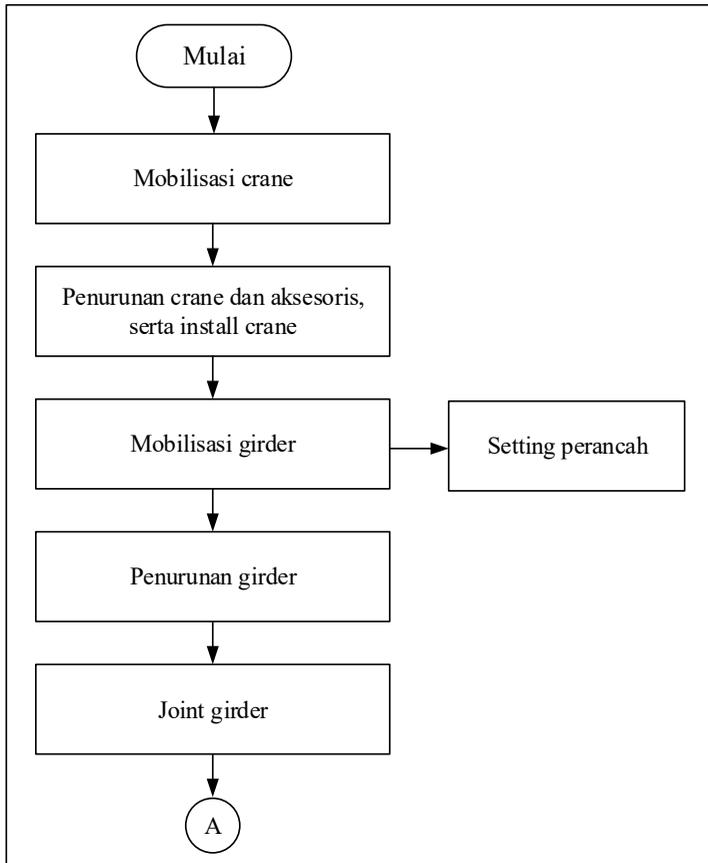
Masing-masing segmen girder memiliki tendon, dimana tendon ini nantinya akan dimasukkan untaian strand yang ujung

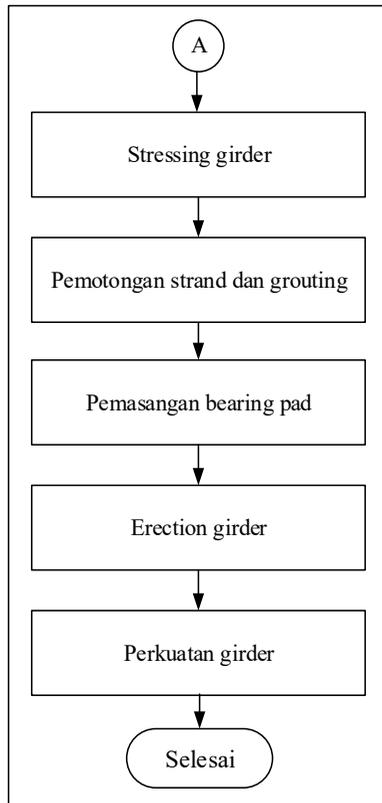
dari untaian strand nya telah terlakban. Apabila untaian strand sudah dimasukkan ke dalam tendon, maka ujung untaian strand tadi dimasukkan ke dalam *wedge plate* atau alat pengunci strand, lalu *wedge plate* di tekan hingga menyentuh casting. Selanjutnya dilakukan pemasangan alat *jacking force* untuk melakukan stressing. Di waktu yang bersamaan, pekerja mengoleskan lem beton di antara segmen girder agar girder melekat sempurna saat proses stressing dilakukan.

Stressing girder merupakan proses pemberian tegangan pada struktur PCI girder dengan menarik untaian strand yang berada di dalam tendon dan menyatukan struktur segmental girder menjadi satu bentang PCI girder yang utuh. Alat yang digunakan dalam stressing girder yaitu generator set, compressor, dan *jacking force*. Stressing girder bertujuan untuk memberikan tegangan pada PCI girder sehingga girder dapat memikul beban yang ditentukan. Setelah alat *jacking* terpasang, maka mesin compressor dihidupkan dan diberikan gaya sesuai dengan yang telah didesain. Setelah proses stressing selesai dilaksanakan, maka semua alat yang telah terpasang tadi di lepas, dan strand yang tersisa dipotong menggunakan *bar cutter*, lalu dilanjutkan dengan proses patching dan grouting.

Pekerjaan lain dalam persiapan erection girder yaitu setting perancah. Setting perancah ini dilakukan sebagai akses pekerja menuju *pier head*. Akses ini sangat dibutuhkan untuk melepas bekisting pada *pier head* sebelum proses *erection* girder, lalu memudahkan rigger dan pekerja lainnya saat perletakan girder pada *bearing pad*.

Proses selanjutnya yaitu pemasangan bearing pad. Pemasangan bearing pad dengan ukuran 350x400x600 mm, 420x500x50 mm, 450x500x60 mm, dan 450x650x56 mm di atas pierhead berfungsi sebagai dudukan girder. Proses pengangkatan dan pemasangan bearing pad dibantu dengan menggunakan crane. Adapun diagram alir pekerjaan persiapan erection girder hingga erection girder dapat dilihat pada Gambar 4.2.





Gambar 4.2 Diagram alir pekerjaan erection girder

#### 4.3.2 *Erection* PCI Girder

Metode *erection* PCI girder yang digunakan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh adalah *mobile crane* dan *launcher girder*. Penggunaan metode *erection* ini bergantung pada kondisi pada area proyek. Metode *erection mobile crane* adalah metode *erection* yang pelaksanaannya menggunakan satu atau dua *crawler crane*. Metode ini dinilai yang paling efektif, pengerjaan dapat dilakukan dengan cepat karena bersifat dinamis,

serta harganya relatif lebih murah apabila dibandingkan dengan metode *erection* yang lain. Jenis *mobile crane* yang digunakan dalam proyek ini yaitu *crawler crane*. Bagian atas dari *crawler crane* dapat berputar 360°. Crane ini juga memiliki roda rantai yang dapat bergerak di dalam lokasi proyek. Metode ini memerlukan daerah proyek yang luas dan aman untuk memudahkan manuver alat.

Sebelum proses *erection* dilakukan, seluruh pekerja terlebih dahulu melakukan *toolbox meeting* yang berisi tahapan pekerjaan yang dilakukan serta K3 agar proses *erection* dapat berjalan dengan baik. Selanjutnya *crawler crane* ditempatkan sesuai titik design agar *crane boom* dapat menjangkau letak penempatan PCI girder. *Crawler crane* terlebih dahulu di cek kelayakan operasinya, salah satunya yaitu dengan proses *test load*. Proses *test load* ini dilakukan dengan cara mengangkat PCI girder setinggi 70 cm lalu di tahan selama 5 menit yang bertujuan untuk mengecek apakah terjadi penurunan saat proses pengangkatan girder dan kelayakan pengoperasian crane. Setelah proses *test load* selesai, maka dilanjutkan dengan proses pemasangan sling ke girder. Setelah kedua sling terpasang sempurna, maka dilanjutkan dengan proses pengangkatan girder.

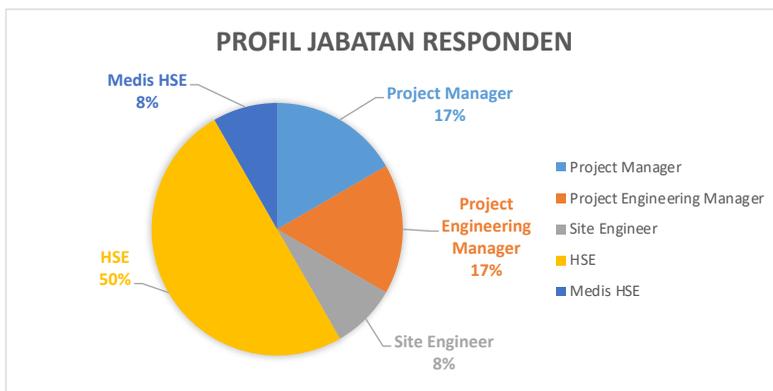
Saat pengangkatan girder oleh *crawler crane* dilakukan, tinggi PCI girder tidak boleh lebih dari 0,3 m dari permukaan tanah. Sudut crane boom harus diantara 65°-80°, serta safety zone antara crane dan ujung girder yaitu berkisar antara 7,4 m – 8 m. Akses crawler harus datar untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja. Pengangkatan girder dilakukan bersamaan antara dua *crawler crane* dan dibantu dengan tenaga manual dengan menggunakan tali yang ditarik oleh pekerja untuk membantu menstabilkan posisi girder. Kemudian, girder diletakkan di atas *bearing pad*, dimana dalam proses perletakkannya dibantu dengan pekerja agar posisi girder sesuai yang direncanakan.

Girder yang telah berada di atas *bearing pad* akan diberi perkuatan. Perkuatan girder setelah *erection* ini yaitu berupa

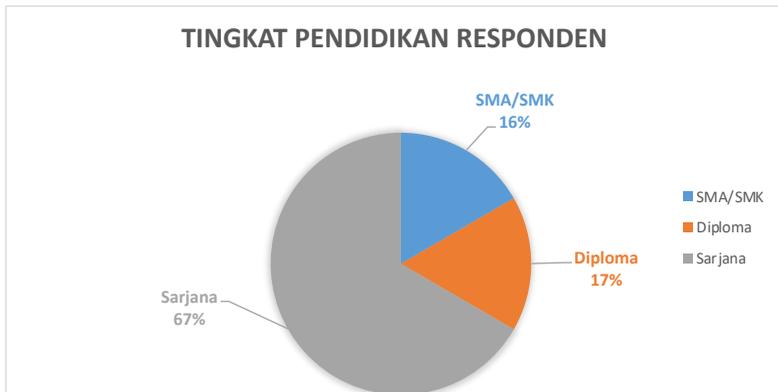
pengelasan bracing pada girder dan abutment atau pier head, pemasangan kayu diantara girder, dan pemasangan besi ulir.

#### 4.4 Data Penelitian

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan memberikan kuesioner pendahuluan dan kuesioner utama kepada responden. Pemilihan responden ini didasarkan pada pengetahuan mengenai K3 dan pengalaman dalam pekerjaan proyek. Responden dalam penelitian ini terdiri dari manager proyek, site manager, comersial manager, HSE officer, dan medis HSE officer. Jumlah responden dalam pengisian kuesioner ada 13 responden, namun respon yang berhasil dikumpulkan berjumlah 12 kuesioner. Hasil distribusi data responden dapat dilihat pada Gambar 4.3 Distribusi Profil Jabatan Responden, Gambar 4.4 Distribusi Tingkat Pendidikan Responden, dan Gambar 4.5 Distribusi Pengalaman Kerja Responden.



Gambar 4.3. Distribusi Profil Jabatan Responden



Gambar 4.4 Distribusi Tingkat Pendidikan Responden



Gambar 4.5 Distribusi Pengalaman Kerja Responden

#### 4.5 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan untuk membantu identifikasi mode kegagalan dari risiko kecelakaan kerja yang terjadi pada proyek. Survei pendahuluan ini dilakukan dengan pengisian kuesioner pendahuluan, survey lapangan, dan wawancara pada proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh.

Dalam survei pendahuluan ini, responden juga diminta untuk mengisi kuesioner pendahuluan yang berisikan variabel risiko kecelakaan kerja yang didapatkan dari studi literatur dan JSA proyek, dimana nantinya responden akan menjawab relevan tidaknya variabel kecelakaan kerja tersebut dengan keadaan di lapangan. Apabila variabel risiko pernah terjadi atau mungkin terjadi pada proyek, maka responden mengisi kuesioner dengan memilih pilihan setuju. Namun apabila variabel risiko tidak pernah terjadi atau tidak mungkin terjadi pada proyek, maka responden memilih pilihan tidak setuju. Apabila 1 responden memilih setuju untuk satu variabel, maka variabel tersebut dianggap layak dan tidak akan di eliminasi dalam daftar variabel risiko. Hasil yang didapatkan dari survey pendahuluan ini yaitu berupa variabel-variabel risiko kecelakaan kerja yang lebih relevan dengan proyek tersebut. Dalam survey pendahuluan ini didapatkan variabel tambahan dari hasil survey lapangan dan wawancara. Hasil dari survey pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Kuesioner Pendahuluan

No	Aktivitas Pekerjaan	Variabel Risiko	Setuju	Tidak Setuju
<b>A.</b>	<b>Pekerjaan Pier</b>			
1	Galian dan timbunan tanah	Tertimbun tanah galian yang longsor	Tambahan	
		Tertimpa alat berat		
2	Pekerjaan Pabrikasi Rebar	Pekerja terjepit mesin	√	
		Pekerja terjepit alat kerja (tang) atau terjepit besi	√	
		Pekerja tersayat besi	√	
		Tertusuk besi bendrat	√	
		Pekerja terkena arus bertegangan tinggi	Tambahan	
		Rebar terjatuh dan menimpa pekerja		
3	Pekerjaan Mobilisasi Rebar	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	Tambahan	
		Truk dan muatan menimpa pengguna jalan		
		Membahayakan pengguna jalan dan mengganggu lalu lintas		
4	Pekerjaan Unloading Rebar	Terkena alat kerja	√	
		Pekerja Tertimpa material	√	

Lanjutan Tabel 4.1 Hasil Kuesioner Pendahuluan

No	Aktivitas Pekerjaan	Variabel Risiko	Setuju	Tidak Setuju
5	Install Rebar	Pekerja tersandung rebar	√	
		Pekerja terjatuh pada saat pemasangan di ketinggian	√	
6	Pekerjaan Bekisting	Pekerja tergores material bekisting (kayu atau logam)	√	
		Pekerja terjatuh dari ketinggian	√	
		Pekerja tertusuk paku	√	
		Pekerja terpukul palu	√	
		Tertimpa material yang jatuh	Tambahkan	
7	Pegecoran Pier	Terkena percikan semen	√	
		Terjatuh dari ketinggian	√	
		Terkena alat berat	Tambahkan	
		Terkena manuver end hose pump		
		Terkena arus listrik dari kabel vibrator beton		
<b>B.</b>	<b>Pekerjaan Erection Girder</b>			
1	Mobilisasi Crane	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	√	
2	Penurunan crane dan aksesoris, serta install crane	Terlindas alat berat		√
		Crane menimpa pekerja	Tambahkan	

Lanjutan Tabel 4.1 Hasil Kuesioner Pendahuluan

No	Aktivitas Pekerjaan	Variabel Risiko	Setuju	Tidak Setuju
3	Mobilisasi Girder	Kecelakaan pada saat mobilisasi girder	√	
		Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	√	
4	Penurunan Girder	Tertimpa sling crane yang putus	√	
		Tertimpa balok girder	√	
5	Joint Girder	Terjepit material (girder)	√	
6	Stressing Girder	Tersengat listrik	√	
		Tersandung kabel strand	√	
7	Pemotongan Strand dan Grouting	Tertusuk kabel strand	√	
8	Pemasangan Bearing Pad	Tertimpa crane yang roboh	√	
		Tertimpa Bearing Pad yang terjatuh	√	
		Pekerja terjatuh dari ketinggian	Tambahkan	
9	Erection Girder	Pekerja terjatuh dari ketinggian	√	
		Terkena manuver alat berat	√	
		Kejatuhan material (girder)	√	
10	Perkuatan Girder	Terkena peralatan kerja	√	
		Terjatuh dari ketinggian	√	
11	Setting Perancah	Terjatuh dari ketinggian	√	
		Tertusuk besi	√	
		Tertimpa material perancah yang terjatuh	√	

Dari hasil survei pendahuluan yang tertera pada Tabel 4.1 didapatkan variabel risiko yang akan digunakan dalam penelitian ini. Adapun variabel risiko yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Variabel Risiko

<b>Kode Variabel</b>	<b>Variabel Risiko</b>
<b>Pekerjaan Pier</b>	
	<b>Galian dan timbunan tanah</b>
V1	Tertimbun tanah galian yang longsor
V2	Tertimpa alat berat
	<b>Pekerjaan Pabrikasi Rebar</b>
V3	Pekerja terjepit mesin
V4	Pekerja terjepit alat kerja (tang) atau terjepit besi
V5	Pekerja tersayat besi
V6	Tertusuk besi bendrat
V7	Pekerja terkena arus bertegangan tinggi
V8	Rebar terjatuh dan menimpa pekerja
	<b>Pekerjaan Mobilisasi Rebar</b>
V9	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas
V10	Truk dan muatan menimpa pengguna jalan
V11	Membahayakan pengguna jalan dan mengganggu lalu lintas
	<b>Unloading Rebar Workshop</b>
V12	Terkena alat kerja
V13	Pekerja Tertimpa material
	<b>Install Rebar</b>
V14	Pekerja tersandung rebar
V15	Pekerja terjatuh pada saat pemasangan di ketinggian
	<b>Pekerjaan bekisting</b>
V16	Pekerja tergores material bekisting (kayu atau logam)

Lanjutan Tabel 4.2 Variabel Risiko

<b>Kode Variabel</b>	<b>Variabel Risiko</b>
V17	Pekerja terjatuh dari ketinggian
V18	Pekerja tertusuk paku
V19	Pekerja terpukul palu
V20	Tertimpa material yang jatuh
	<b>Pengecoran pier</b>
V21	Terkena percikan semen
V22	Terjatuh dari ketinggian
V23	Terkena alat berat
V24	Terkena manuver end hose pump
V25	Terkena arus listrik dari kabel vibrator beton
	<b>Pekerjaan Erection Girder</b>
	<b>Mobilisasi Crane</b>
V26	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas
	<b>Penurunan crane dan aksesoris, serta install crane</b>
V27	Crane menimpa pekerja
	<b>Mobilisasi Girder</b>
V28	Kecelakaan pada saat mobilisasi girder
V29	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas
	<b>Penurunan Girder</b>
V30	Tertimpa sling crane yang putus
V31	Tertimpa balok girder
	<b>Joint Girder</b>
V32	Terjepit material (girder)
	<b>Stressing Girder</b>
V33	Tersengat listrik
V34	Tersandung kabel strand
	<b>Pemotongan Strand dan Grouting</b>
V35	Tertusuk kabel strand
	<b>Pemasangan Bearing Pad</b>
V36	Tertimpa crane yang roboh

Lanjutan Tabel 4.2 Variabel Risiko

<b>Kode Variabel</b>	<b>Variabel Risiko</b>
V37	Tertimpa Bearing Pad yang terjatuh
V38	Pekerja terjatuh dari ketinggian
	<b>Erection Girder</b>
V39	Pekerja terjatuh dari ketinggian
V40	Terkena manuver alat berat
V41	Kejatuhan material (girder)
	<b>Perkuatan Girder</b>
V42	Terkena peralatan kerja
V43	Terjatuh dari ketinggian
	<b>Setting Perancah</b>
V44	Terjatuh dari ketinggian
V45	Tertusuk besi
V46	Tertimpa material perancah yang terjatuh

#### 4.6 Analisis Risiko dengan Metode FMEA

Metode FMEA merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan penyebab dari terjadinya kegagalan, menilai risiko yang berkaitan dengan mode kegagalan yang teridentifikasi, dampak dan penyebab serta pengendaliannya. Metode FMEA ini juga akan membantu mengukur tingkat risiko kecelakaan kerja dan membaginya menjadi tingkatan prioritas yang didapatkan dari nilai RPN.

Penilaian yang dilakukan oleh responden berdasarkan tingkatan skala penilaian yang telah ditentukan untuk masing-masing tingkat keparahan, tingkat kejadian, dan tingkat deteksi. Skala penilaian tertera pada kuesioner utama. Terdapat perubahan skala penilaian untuk memudahkan responden dalam memberi penilaian.

##### 4.6.1 Penilaian Tingkat Keparahan (*Severity*)

Penilaian risiko *severity* atau keparahan bertujuan untuk memberikan tingkat keparahan atau dampak akibat dari potensi

atau mode kegagalan yang telah diidentifikasi dalam proyek Pembangunan Jalan Tol Sigli - Banda Aceh melalui studi literatur, survey lapangan, dan wawancara. Skala penilaian yang digunakan untuk *severity* ini mengacu pada Tabel 3.6. Hasil penilaian dalam penelitian ini yang dinilai oleh responden berdasarkan skala sesuai dengan Tabel 3.6 untuk tingkat keparahan dapat dilihat pada Tabel 4.3. Contoh perhitungan *severity index* untuk penilaian *severity* yaitu sebagai berikut:

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i x_i}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \times 100\%$$

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 (1 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 3) + (3 \times 4) + (6 \times 5)}{5 \sum_{i=1}^5 (12)} \times 100\%$$

$$SI = 80\%$$

Dimana:

a = konstanta penilaian (1 s/d 5)

$x_i$  = probabilitas responden

i = 1,2,3,4,5

Tabel 4.3 Hasil Penilaian *Severity*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahannya ( <i>Severity</i> )					SI (%)	Kategori
					(S)						
					1	2	3	4	5		
<b>A. Pekerjaan Pier</b>											
1	Galian dan timbunan tanah	Proses galian dan timbunan tanah pada lokasi proyek menggunakan alat berat excavator dan bulldozer	Tanah galian longsor	Tertimbun tanah galian yang longsor	1	1	1	3	6	80,0	B
			Alat berat tergelincir/terguling	Tertimpa alat berat	2	0	1	1	8	81,7	B
2	Pekerjaan pabrikasi rebar	Pemotongan besi menggunakan mesin <i>bar cutter</i> , pembengkokan besi menggunakan	Mesin tidak bekerja dengan baik/mengalami kerusakan	Pekerja terjepit mesin	0	2	4	6	0	66,7	B
			Tumpukan besi terjatuh saat proses pengambilan	Pekerja terjepit alat kerja atau terjepit besi	0	4	2	4	2	66,7	B

Lanjutan Tabel 4.3 Hasil Penilaian *Severity*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> )					SI (%)	Kategori
					(S)						
					1	2	3	4	5		
		<i>bar bender</i> , diameter besi yang digunakan yaitu D32 dan D16	Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Pekerja terkena arus bertegangan tinggi	2	1	1	2	6	75,0	B
			Akses pekerja terhalang akibat besi yang berserakan	Pekerja tersayat besi	0	6	4	2	0	53,3	S
				Pekerja tertusuk besi bendrat	0	8	2	2	0	50,0	S
			Penempatan rebar tidak sesuai dan menumpuk	Rebar terjatuh dan menimpa pekerja	0	3	3	2	4	71,7	B
3	Pekerjaan mobilisasi Rebar	Pekerjaan mobilisasi rebar dilakukan dari Workshop menuju lokasi proyek konstruksi	Truk pengangkut rebar menabrak kendaraan lain	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	1	1	4	0	6	75,0	B
			Truk terguling	Truk dan muatan menimpa pengguna jalan	1	0	2	1	8	85,0	B
			Material terjatuh	Membahayakan pengguna jalan dan mengganggu lalu lintas	1	3	6	1	1	56,7	S
4	Pekerjaan Unloading Rebar	Pekerjaan Loading Unloading dilakukan pada proyek konstruksi menggunakan alat berat dumtruck dan crane	Alat kerja (crane) terguling	Terkena alat kerja	0	1	4	1	6	80,0	B
			Sling terputus	Pekerja tertimpa material	1	2	0	3	6	78,3	B
5	Install Rebar	Pemasangan rebar dengan diameter rata-rata D32 dan D16 ke titik sesuai shop drawing, pemasangan rebar atau tulangan ini meliputi tulangan footing (termasuk pengikatan tulangan mini pile dengan tulangan	Area kerja tidak rapi akibat tumpukan rebar yang berantakan	Pekerja tersandung rebar	0	6	6	0	0	50,0	S

Lanjutan Tabel 4.3 Hasil Penilaian *Severity*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> )					SI (%)	Kategori
					(S)						
					1	2	3	4	5		
		footing), pier, dan pier head	Body harness tidak digunakan dengan benar	Pekerja terjatuh pada saat pemasangan rebar di ketinggian	1	1	1	1	8	83,3	B
6	Pekerjaan Bekisting	Bekisting yang digunakan yaitu bekisting kayu triplek phenolic, dibantu dengan lock beam serta push pull sebagai pengikat dan penyangga bekisting pier. Pengangkatan bekisting dilakukan menggunakan crane	Posisi crane tidak seimbang	Tertimpa material yang jatuh	2	0	0	3	7	81,7	B
			Akses pekerja terhalang akibat bekisting yang berserakan	Pekerja tergores material bekisting (Kayu atau logam)	0	7	3	2	0	51,7	S
			Jalan akses pekerja terganggu akibat paku yang berserakan	Pekerja tertusuk paku	1	3	7	1	0	53,3	S
			Palu terlepas dari pegangan	Pekerja terpukul palu	0	5	5	2	0	55,0	S
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Pekerja terjatuh dari ketinggian	1	1	0	3	7	83,3	B
7	Pengecoran Pier	Pekerjaan pengecoran footing, pier dan pier head dilakukan secara in situ menggunakan alat berat <i>concrete pump truck</i> dan <i>mixer truck</i> , dan menggunakan vibrator untuk memadatkan beton segar	Concrete pump terguling	Terkena alat berat	1	0	2	3	6	81,7	B
			Keluarnya semen sisa pengecoran melalui hose/pump saat pemindahan alat	Pekerja terkena percikan semen /sisa semen dari hose pump	2	9	1	0	0	38,3	S
			Hose pump bergerak diluar kendali	Terkena manuver end hose pump	1	6	2	2	1	53,3	S
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Pekerja terjatuh dari ketinggian	1	1	0	2	8	85,0	B
			Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Terkena arus listrik dari kabel vibrator beton	1	1	3	3	4	73,3	B
<b>B. Pekerjaan Erection Girder</b>											
1	Mobilisasi crane	Proses mobilisasi crane dari workshop ke	Arus lalu lintas yang padat dan tidak lancar saat proses mobilisasi	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	0	2	2	3	5	78,3	B

Lanjutan Tabel 4.3 Hasil Penilaian *Severity*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> )					SI (%)	Kategori
					(S)						
					1	2	3	4	5		
		lokasi proyek menggunakan kendaraan angkut truk									
2	Penurunan crane dan aksesoris, serta install crane	Crawler crane berjumlah dua unit dan aksesorisnya diturunkan pada lokasi proyek	Crane turguling	Crane menimpa pekerja	0	0	2	0	10	93,3	SB
4	Mobilisasi girder	Mobilisasi girder dilakukan menggunakan truck multi axle. Panjang girder berkisar antara 16,6 m hingga 40,8 m, dan berat girder berkisar antara 23,5 ton hingga 82,9 ton tergantung pada tipe girder yang digunakan.	Kerusakan pada kendaraan (ban pecah)	Kecelakaan pada saat mobilisasi girder	0	1	2	4	5	81,7	B
			Arus lalu lintas yang padat dan tidak lancar saat proses mobilisasi	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	0	1	2	5	4	80,0	B
5	Penurunan girder	Proses penurunan girder dilakukan menggunakan crane, dan ditempatkan di atas tumpuan agar memudahkan saat proses erection	Sling terputus	Tertimpa sling crane yg putus	0	2	3	2	5	76,7	B
				Tertimpa balok girder	0	2	0	0	10	90,0	SB
6	Joint girder	Perletakan segmen girder diatas tumpuan dan membentuk layout girder sebelum dilakukannya proses stressing	Penurunan girder kurang presisi dan terlalu cepat	Terjepit girder	1	1	1	2	7	81,7	B

Lanjutan Tabel 4.3 Hasil Penilaian *Severity*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> )					SI (%)	Kategori
					(S)						
					1	2	3	4	5		
7	Stressing girder	Stressing girder merupakan proses pemberian tegangan pada struktur PCI girder dengan menarik untaian strand yang berada di dalam tendon dan menyatukan struktur segmental girder menjadi satu bentang PCI girder yang utuh. Alat yang digunakan yaitu generator set, compressor, dan jacking force	Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Tersengat listrik	1	1	2	3	5	76,7	B
			Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	Tersandung kabel strand	2	3	6	1	0	50,0	S
8	Pemotongan strand dan grouting	Pemotongan strand dilakukan setelah proses stressing selesai. Pemotongan strand ini menggunakan bar cutter. Grouting yaitu proses mengisi rongga udara antara strand dengan duct yang bertujuan untuk mencegah bahaya korosi	Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	Tertusuk kabel strand	1	4	2	2	3	63,3	B

Lanjutan Tabel 4.3 Hasil Penilaian *Severity*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> )					SI (%)	Kategori
					(S)						
					1	2	3	4	5		
		serta mengikat strand dengan beton hingga menjadi satu kesatuan. Grouting dilakukan dengan memasukkan pasta dari ujung ke ujung girder. Lalu kedua ujung girder ditutup dengan proses patching									
9	Pemasangan bearing pad	Pemasangan bearing pad di atas pier head sebagai dudukan girder, pengangkatan dan pemasangan bearing pad dibantu dengan menggunakan crane	crane roboh akibat angin kencang	Tertimpa crane yang roboh	0	2	0	1	9	88,3	SB
			Sling crane terlepas saat pengangkatan bearing pad	Tertimpa bearing pad yang terjatuh	1	1	3	5	2	70,0	B
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Pekerja terjatuh dari ketinggian	0	2	0	3	7	85,0	B
10	Erection girder	Erection girder dilakukan menggunakan crane dan launcher girder tergantung pada lokasi proyek. Proses awal erection girder yaitu mengaitkan sling baja di girder, lalu proses pengangkatan	Posisi pekerja yang terlalu dekat dengan girder	Pekerja terjatuh dari ketinggian	0	2	0	3	7	85,0	B
			Zona bebas sekitar area putaran pengangkatan terganggu	Terkena manuver alat berat	1	1	1	3	6	80,0	B
			Kegagalan pengangkatan girder oleh crane (sling terputus)	Kejatuhan material (girder)	0	2	0	0	10	90,0	SB

Lanjutan Tabel 4.3 Hasil Penilaian *Severity*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahan ( <i>Severity</i> )					SI (%)	Kategori
					(S)						
					1	2	3	4	5		
		girder menuju bearing pad, dan perletakan girder di atas bearing pad.									
11	Perkuatan girder	Girder yang sudah berada diatas bearing pad diperkuat dengan menggunakan bracing samping ke pierhead untuk menopang girder agar stabil dan kokoh. Setelah itu juga dilakukan pemasangan besi ulir dan diafragma antar girder	Alat kerja yang terlalu dekat dengan pekerja saat pengelasan bracing	Terkena peralatan kerja	0	4	4	4	0	60,0	S
			<i>Body harness</i> tidak terpasang dengan benar	Terjatuh dari ketinggian	1	1	0	3	7	83,3	B
12	Setting perancah	Setting perancah dilakukan sebagai akses pekerja menuju pierhead. Akses ini	Kerusakan pada alat perancah	Terjatuh dari ketinggian	0	1	1	3	7	86,7	B
			Akses pekerja terhalang akibat besi yang berserakan	Tertusuk besi	0	3	5	2	2	65,0	B
		sangat dibutuhkan untuk melepas bekisting pada pier head sebelum proses erection girder, lalu memudahkan rigger dan pekerja lainnya saat perletakan girder pada bearing pad	Material perancah tidak terpasang dengan benar	Tertimpa material perancah yang terjatuh	0	2	1	1	8	85,0	B

#### 4.6.2 Penilaian Tingkat Kejadian (*Occurance*)

Tingkat kejadian dinilai berdasarkan penyebab dari suatu kegagalan pada item pekerjaan yang teridentifikasi mode kegagalannya. Skala penilaian yang digunakan untuk *occurrence* ini mengacu pada Tabel 3.7. Hasil penilaian dalam penelitian ini yang dinilai oleh responden berdasarkan skala sesuai dengan Tabel 3.7 untuk tingkat kejadian dapat dilihat pada Tabel 4.4. Contoh perhitungan *severity index* untuk penilaian *occurrence* yaitu sebagai berikut:

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i x_i}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \times 100\%$$

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 (1 \times 1) + (6 \times 2) + (5 \times 3) + (0 \times 4) + (0 \times 5)}{5 \sum_{i=1}^5 (12)} \times 100\%$$

$$SI = 47\%$$

Dimana:

a = konstanta penilaian (1 s/d 5)

$x_i$  = probabilitas responden

i = 1,2,3,4,5

Tabel 4.4 Hasil Penilaian *Occurance*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> )					SI (%)	Kategori
					(O)						
					1	2	3	4	5		
<b>A. Pekerjaan Pier</b>											
1	Galian dan timbunan tanah	Proses galian dan timbunan tanah pada lokasi proyek menggunakan alat berat excavator dan bulldozer	Tanah galian longsor	Cuaca hujan pada lokasi proyek	1	6	5	0	0	47	S
			Alat berat tergelincir/terguling	Lokasi galian tergenang air sehingga jalan untuk akses kerja licin dan tidak rata	2	9	1	0	0	38	S

Lanjutan Tabel 4.4 Hasil Penilaian *Occurance*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> )					SI (%)	Kategori
					(O)						
					1	2	3	4	5		
2	Pekerjaan pabrikan rebar	Pemotongan besi menggunakan mesin <i>bar cutter</i> , pembengkokan besi menggunakan <i>bar bender</i> , diameter besi yang digunakan yaitu D32 dan D16	Mesin tidak bekerja dengan baik/mengalami kerusakan	Mesin tertimpa benda keras	1	9	1	1	0	43	S
			Tumpukan besi terjatuh saat proses pengambilan	Penempatan besi tidak sesuai prosedur	3	3	4	2	0	48	S
			Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Kabel mengalami gesekan dengan benda kasar seperti beton	3	5	3	1	0	43	S
			Akses pekerja terhalang akibat besi yang berserakan	Penempatan besi tidak sesuai prosedur	2	5	3	1	1	50	S
				Penempatan besi tidak sesuai prosedur	2	5	3	1	1	50	S
			Penempatan rebar tidak sesuai dan menumpuk	Tempat workshop yang terbatas	4	4	2	2	0	43	S
3	Pekerjaan mobilisasi Rebar	Pekerjaan mobilisasi rebar dilakukan dari Workshop menuju lokasi proyek konstruksi	Truk pengangkut rebar menabrak kendaraan lain	Pengaturan lalu lintas alat berat tidak baik	3	6	2	1	0	42	S
			Truk terguling	Alat berat tidak layak digunakan/overload	2	9	0	1	0	40	S
			Material terjatuh	Tidak ada pembatas pada alat berat dan beban yang dibawa melebihi batas yang ditentukan	3	5	3	1	0	43	S
4	Pekerjaan Unloading Rebar	Pekerjaan Loading Unloading dilakukan pada proyek konstruksi menggunakan alat berat <i>dumtruck</i> dan crane	Alat kerja ( <i>crane</i> ) terguling	Tempat pijakan crane tidak rata dan perkerasan tanah tidak mendukung	2	8	0	1	1	45	S
			Sling terputus	Beban yang diangkat melebihi kapasitas	2	6	2	1	1	48	S
5	Install Rebar	Pemasangan rebar dengan diameter rata-rata D32 dan	Area kerja tidak rapi akibat tumpukan rebar yang berantakan	Penempatan rebar tidak sesuai prosedur	0	7	3	2	0	52	S

Lanjutan Tabel 4.4 Hasil Penilaian *Occurance*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> )					SI (%)	Kategori	
					(O)							
					1	2	3	4	5			
		D16 ke titik sesuai shop drawing, pemasangan rebar atau tulangan ini meliputi tulangan footing (termasuk pengikatan tulangan mini pile dengan tulangan footing), pier, dan pier head	Body harness tidak digunakan dengan benar	Hook pada body harness tidak dikaitkan pada besi		2	4	2	3	1	55	S
6	Pekerjaan Bekisting	Bekisting yang digunakan yaitu bekisting kayu triplek phenolic, dibantu dengan lock beam serta push pull sebagai pengikat dan penyangga bekisting pier. Pengangkatan bekisting dilakukan menggunakan crane	Posisi crane tidak seimbang	Tanah timbunan mengalami penurunan akibat beban crane dan cuaca hujan		1	8	2	0	1	47	S
			Akses pekerja terhalang akibat bekisting yang berserakan	Penempatan bekisting tidak sesuai prosedur		1	5	4	2	0	52	S
			Jalan akses pekerja terganggu akibat paku yang berserakan	Penempatan material bukan pada tempatnya		4	3	2	3	0	47	S
			Palu terlepas dari pegangan	Kurangnya konsentrasi pekerja		3	5	4	0	0	42	S
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Material perancah tidak berfungsi dengan baik/mengalami kerusakan (korosi)		5	4	2	1	0	38	S
7	Pengecoran Pier	Pekerjaan pengecoran footing, pier dan pier head dilakukan secara in situ menggunakan alat berat <i>concrete pump</i>	Concrete pump terguling	Pengaruh angin dan pijakan tanah yang tidak rata		1	8	1	2	0	47	S

Lanjutan Tabel 4.4 Hasil Penilaian *Occurance*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> )					SI (%)	Kategori
					(O)						
					1	2	3	4	5		
		<i>truck</i> dan <i>mixer truck</i> , dan menggunakan vibrator untuk memadatkan beton segar	Keluarnya semen sisa pengecoran melalui hose/pump saat pemindahan alat	Tidak ada cover/penutup pada hose pump	3	6	1	2	0	43	S
			Hose pump bergerak diluar kendali	Kuatnya tekanan dari dari dalam hose pump	1	9	1	1	0	43	S
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Material perancah tidak berfungsi dengan baik/mengalami kerusakan (korosi)	4	5	1	2	0	42	S
			Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Peletakan dan penggunaan kabel yang tidak sesuai standar	3	8	1	0	0	37	K
<b>B. Pekerjaan Erection Girder</b>											
1	Mobilisasi crane	Proses mobilisasi crane dari workshop ke lokasi proyek menggunakan kendaraan angkut truk	Arus lalu lintas yang padat dan tidak lancar saat proses mobilisasi	Mobilisasi dilakukan pada <i>peak hour</i> , dan banyaknya kendaraan lain yang berada pada area blind spot truk pengangkut	1	5	5	0	1	52	S
2	Penurunan crane dan aksesoris, serta install crane	Crawler crane berjumlah dua unit dan aksesorisnya diturunkan pada lokasi proyek	Crane turguling	Pengaruh angin dan pijakan tanah yang tidak rata	1	4	7	0	0	50	S
4	Mobilisasi girder	Mobilisasi girder dilakukan menggunakan truck multi axle. Panjang girder berkisar antara 16,6 m hingga 40,8 m, dan berat girder berkisar	Kerusakan pada kendaraan (ban pecah)	Truk mengangkut beban melebihi kapasitas dan hilang kendali	2	4	4	1	1	52	S

Lanjutan Tabel 4.4 Hasil Penilaian *Occurance*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> )					SI (%)	Kategori
					(O)						
					1	2	3	4	5		
		antara 23,5 ton hingga 82,9 ton tergantung pada tipe girder yang digunakan.	Arus lalu lintas yang padat dan tidak lancar saat proses mobilisasi	Kendaraan lain berada pada area blind spot truk pengangkut	2	7	1	1	1	47	S
5	Penurunan girder	Proses penurunan girder dilakukan menggunakan crane, dan ditempatkan di atas tumpuan agar memudahkan saat proses erection	Sling terputus	Kondisi sling tidak baik	2	7	2	0	1	45	S
				Beban yang diangkat melebihi kapasitas	3	5	3	0	1	45	S
6	Joint girder	Perletakan segmen girder diatas tumpuan dan membentuk layout girder sebelum dilakukannya proses stressing	Penurunan girder kurang presisi dan terlalu cepat	Kurangnya koordinasi antara operator dan pekerja	3	5	3	0	1	45	S
7	Stressing girder	Stressing girder merupakan proses pemberian tegangan pada struktur PCI girder dengan menarik untaian strand yang berada di dalam tendon dan menyatukan struktur segmental girder menjadi satu bentang PCI girder yang utuh. Alat yang digunakan yaitu generator set, compressor, dan jacking force	Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Penyimpanan alat tidak baik dan tidak dilakukan perbaikan	3	5	3	0	1	45	S
			Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	Penempatan kabel strand tidak teratur	4	6	1	1	0	38	S

Lanjutan Tabel 4.4 Hasil Penilaian *Occurance*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> )					SI (%)	Kategori
					(O)						
					1	2	3	4	5		
8	Pemotongan strand dan grouting	Pemotongan strand dilakukan setelah proses stressing selesai. Pemotongan strand ini menggunakan bar cutter. Grouting yaitu proses mengisi rongga udara antara strand dengan duct yang bertujuan untuk mencegah bahaya korosi serta mengikat strand dengan beton hingga menjadi satu kesatuan. Grouting dilakukan dengan memasukkan pasta dari ujung ke ujung girder. Lalu kedua ujung girder ditutup dengan proses patching	Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	Penempatan kabel strand tidak teratur	3	7	1	1	0	40	S
9	Pemasangan bearing pad	Pemasangan bearing pad di atas pier head sebagai dudukan girder, pengangkatan dan pemasangan bearing pad dibantu dengan menggunakan crane	crane roboh akibat angin kencang	Kondisi cuaca yang tidak baik	1	6	4	0	1	50	S
			Sling crane terlepas saat pengangkatan bearing pad	Sling tidak mengikat kuat bearing pad	3	8	0	0	1	40	S
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Material perancah tidak berfungsi dengan baik/mengalami kerusakan (korosi)	4	3	4	1	0	43	S
10	Erection girder	Erection girder dilakukan menggunakan	Posisi pekerja yang terlalu dekat dengan girder	Area kerja yang terbatas	2	5	4	1	0	47	S

Lanjutan Tabel 4.4 Hasil Penilaian *Occurance*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> )					SI (%)	Kategori
					(O)						
					1	2	3	4	5		
		crane dan launcher girder tergantung pada lokasi proyek. Proses awal erection girder yaitu mengaitkan sling baja di girder, lalu proses pengangkatan girder menuju bearing pad, dan perletakan girder di atas bearing pad.	Zona bebas sekitar area putaran pengangkatan terganggu	Pekerja berada pada zona bebas dan area blind spot	3	7	1	0	1	42	S
			Kegagalan pengangkatan girder oleh crane (sling terputus)	Beban girder melebihi kapasitas	5	4	2	0	1	40	S
11	Perkuatan girder	Girder yang sudah berada diatas bearing pad diperkuat dengan menggunakan bracing samping ke pierhead untuk menopang girder agar stabil dan kokoh. Setelah itu juga dilakukan pemasangan besi ulir dan diafragma antar girder	Alat kerja yang terlalu dekat dengan pekerja saat pengelasan bracing	Area kerja yang terbatas	4	5	2	1	0	40	S
			<i>Body harness</i> tidak terpasang dengan benar	Kerusakan pada body harness (konektor dan webbing)	2	7	2	0	1	45	S
12	Setting perancah	Setting perancah dilakukan sebagai akses pekerja menuju pierhead. Akses ini sangat dibutuhkan untuk melepas bekisting pada pier head sebelum proses erection girder, lalu	Kerusakan pada alat perancah	Penggunaan alat perancah tidak sesuai standar	2	6	3	1	0	45	S
			Akses pekerja terhalang akibat besi yang berserakan	Penempatan besi tidak sesuai prosedur	0	9	2	0	1	48	S
			Material perancah tidak terpasang dengan benar	Pekerjaan setting perancah dilakukan tidak sesuai prosedur	3	6	1	2	0	43	S

Lanjutan Tabel 4.4 Hasil Penilaian *Occurance*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian ( <i>Occurance</i> )					SI (%)	Kategori
					(O)						
					1	2	3	4	5		
		memudahkan rigger dan pekerja lainnya saat perletakan girder pada bearing pad									

#### 4.6.3 Penilaian Tingkat Deteksi (*Detection*)

Tingkat kejadian yang dinilai berdasarkan design control atau bentuk pencegahan dalam mode kegagalan dalam tiap item pekerjaan. Penilaian *detection* didasarkan pada pengendalian yang dilakukan pada proses pekerjaan, potensi *failure mode* dan *potential cause*. Pengendalian ini digunakan sebagai dasar dalam penilaian deteksi yang bertujuan untuk mengetahui apakah *failure mode* pada pekerjaan tersebut dapat terdeteksi sebelum terjadinya kegagalan dan apakah pengendalian yang digunakan dapat mengurangi kegagalan yang terjadi. Skala penilaian yang digunakan untuk *detection* ini mengacu pada Tabel 3.8. Hasil penilaian dalam penelitian ini yang dinilai oleh responden berdasarkan skala sesuai dengan Tabel 3.8 untuk tingkat kejadian dapat dilihat pada Tabel 4.5. Contoh perhitungan *severity index* untuk penilaian *detection* yaitu sebagai berikut:

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i x_i}{5 \sum_{i=1}^5 x_i} \times 100\%$$

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^5 (5 \times 1) + (4 \times 2) + (3 \times 3) + (0 \times 4) + (0 \times 5)}{5 \sum_{i=1}^5 (12)} \times 100\%$$

$$SI = 37\%$$

Dimana:

a = konstanta penilaian (1 s/d 5)

$x_i$  = probabilitas responden

i = 1,2,3,4,5

Tabel 4.5 Hasil Penilaian *Detection*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Design Control	Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> )					SI (%)	Kategori
					(D)						
					1	2	3	4	5		
<b>A. Pekerjaan Pier</b>											
1	Galian dan timbunan tanah	Proses galian dan timbunan tanah pada lokasi proyek menggunakan alat berat excavator dan bulldozer	Tanah galian longsor	Membuat pembatas (sheetpile) dan rambu peringatan	5	4	3	0	0	37	K
			Alat berat tergelincir/terguling	Pemasangan pompa dan mengatur elevasi tanah agar air dapat mengalir	4	3	4	1	0	43	S
2	Pekerjaan pabrikasi rebar	Pemotongan besi menggunakan mesin <i>bar cutter</i> , pembengkokan besi menggunakan <i>bar bender</i> , diameter besi yang digunakan yaitu D32 dan D16	Mesin tidak bekerja dengan baik/mengalami kerusakan	Melakukan inspeksi/pengecekan pada alat sebelum digunakan	6	3	2	1	0	37	K
			Tumpukan besi terjatuh saat proses pengambilan	Pemberian batasan dan membuat design layout penyimpanan yang sesuai	4	5	3	0	0	38	S
			Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Melakukan pergantian kabel secara berkala	7	3	2	0	0	32	K
			Akses pekerja terhalang akibat besi yang berserakan	Inspeksi penataan material secara berkala	6	4	1	1	0	35	K
				Benda tajam ditutup atau di berikan proteksi	7	2	2	1	0	35	K
			Penempatan rebar tidak sesuai dan menumpuk	Pembuatan SOP tata letak material	8	4	0	0	0	27	K
3	Pekerjaan mobilisasi Rebar	Pekerjaan mobilisasi rebar dilakukan dari Workshop menuju lokasi proyek konstruksi	Truk pengangkut rebar menabrak kendaraan lain	Penggunaan rambu peringatan pada kendaraan, dan operator wajib memiliki SIO	7	5	0	0	0	28	K
			Truk terguling	Melakukan pengecekan dan perhitungan kesesuaian beban dengan alat berat yang digunakan	7	4	1	0	0	30	K

Lanjutan Tabel 4.5 Hasil Penilaian *Detection*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Design Control	Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> )					SI (%)	Kategori
					(D)						
					1	2	3	4	5		
			Material terjatuh	Menambah pembatas/penutup pada sisi truk	6	6	0	0	0	30	K
4	Pekerjaan Unloading Rebar	Pekerjaan Loading Unloading dilakukan pada proyek konstruksi menggunakan alat berat dumtruck dan crane	Alat kerja (crane) terguling	Pengecekan penurunan tanah secara berkala, dan menambahkan plat baja sebagai pijakan crane	8	4	0	0	0	27	K
			Sling terputus	Perhitungan beban maksimum yang dapat diikat oleh sling	7	5	0	0	0	28	K
5	Install Rebar	Pemasangan rebar dengan diameter rata-rata D32 dan D16 ke titik sesuai shop drawing, pemasangan rebar atau tulangan ini meliputi tulangan footing (termasuk pengikatan tulangan mini pile dengan tulangan footing), pier, dan pier head	Area kerja tidak rapi akibat tumpukan rebar yang berantakan	Membuat SOP tata letak material	5	6	1	0	0	33	K
			Body harness tidak digunakan dengan benar	Melakukan pengawasan terhadap penggunaan body harness	7	4	1	0	0	30	K
6	Pekerjaan Bekisting	Bekisting yang digunakan yaitu bekisting kayu triplek phenolic, dibantu dengan lock beam serta push pull sebagai pengikat dan penyangga bekisting pier. Pangkatan bekisting dilakukan menggunakan crane	Posisi crane tidak seimbang	Pengecekan penurunan tanah secara berkala, dan menambahkan plat baja sebagai pijakan crane	7	5	0	0	0	28	K
			Akses pekerja terhalang akibat bekisting yang berserakan	Membuat design layout penempatan material	5	6	1	0	0	33	K

Lanjutan Tabel 4.5 Hasil Penilaian *Detection*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Design Control	Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> )					SI (%)	Kategori
					(D)						
					1	2	3	4	5		
			Jalan akses pekerja terganggu akibat paku yang berserakan	Inspeksi penataan material secara berkala	5	4	2	1	0	38	S
			Palu terlepas dari pegangan	Pengecekan kesehatan secara berkala	5	5	2	0	0	35	K
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Pergantian material /jenis perancah yang lebih kokoh	4	6	2	0	0	37	K
7	Pengecoran Pier	Pekerjaan pengecoran footing, pier dan pier head dilakukan secara in situ menggunakan alat berat <i>concrete pump truck</i> dan <i>mixer truck</i> , dan menggunakan vibrator untuk memadatkan beton segar	Concrete pump terguling	Meratakan tanah pada area kendaraan dan memasang windsock	4	7	1	0	0	35	K
			Keluarnya semen sisa pengecoran melalui hosepump saat pemindahan alat	Melakukan pengecekan kelengkapan alat yang digunakan	7	4	1	0	0	30	K
			Hose pump bergerak diluar kendali	Penempatan pekerja pada end hose pump	5	5	2	0	0	35	K
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Pergantian material /jenis perancah yang lebih kokoh	4	7	1	0	0	35	K
			Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Melakukan penggantian kabel secara berkala	7	4	1	0	0	30	K
<b>B. Pekerjaan Erection Girder</b>											
1	Mobilisasi crane	Proses mobilisasi crane dari workshop ke lokasi proyek menggunakan kendaraan angkut truk	Arus lalu lintas yang padat dan tidak lancar saat proses mobilisasi	Pembatasan waktu pelaksanaan proses mobilisasi yaitu hanya dilakukan pada jam-jam tertentu	4	6	2	0	0	37	K

Lanjutan Tabel 4.5 Hasil Penilaian *Detection*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Design Control	Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> )					SI (%)	Kategori
					(D)						
					1	2	3	4	5		
2	Penurunan crane dan aksesoris, serta install crane	Crawler crane berjumlah dua unit dan aksesorisnya diturunkan pada lokasi proyek	Crane turguling	Meratakan tanah pada area kendaraan dan memasang windsock	4	8	0	0	0	33	K
4	Mobilisasi girder	Mobilisasi girder dilakukan menggunakan truck multi axle. Panjang girder berkisar antara 16,6 m hingga 40,8 m, dan berat girder berkisar antara 23,5 ton hingga 82,9 ton tergantung pada tipe girder yang digunakan.	Kerusakan pada kendaraan (ban pecah)	Perhitungan beban kendaraan dan penentuan jenis kendaraan yang digunakan	3	9	0	0	0	35	K
			Arus lalu lintas yang padat dan tidak lancar saat proses mobilisasi	Pembatasan waktu pelaksanaan proses mobilisasi yaitu hanya dilakukan pada jam-jam tertentu	6	4	2	0	0	33	K
5	Penurunan girder	Proses penurunan girder dilakukan menggunakan crane, dan ditempatkan di atas tumpuan agar memudahkan saat proses erection	Sling terputus	Melakukan pergantian sling	8	2	2	0	0	30	K
				Perhitungan beban maksimum balok girder yang dapat diikat sling	6	5	1	0	0	32	K
6	Joint girder	Perletakan segmen girder diatas tumpuan dan membentuk layout girder sebelum dilakukannya proses stressing	Penurunan girder kurang presisi dan terlalu cepat	Melakukan TBM dan memperhatikan sinyal yang diberikan oleh flagman	6	5	1	0	0	32	K
7	Stressing girder	Stressing girder merupakan proses pemberian tegangan pada struktur PCI girder dengan menarik untaian strand yang	Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Melakukan penggantian kabel secara berkala	8	2	2	0	0	30	K

Lanjutan Tabel 4.5 Hasil Penilaian *Detection*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Design Control	Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> )					SI (%)	Kategori
					(D)						
					1	2	3	4	5		
		berada di dalam tendon dan menyatukan struktur segmental girder menjadi satu bentang PCI girder yang utuh. Alat yang digunakan yaitu generator set, compressor, dan jacking force	Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	Membuat rambu area kerja dan SOP tata letak material	8	3	1	0	0	28	K
8	Pemotongan strand dan grouting	Pemotongan strand dilakukan setelah proses stressing selesai. Pemotongan strand ini menggunakan bar cutter. Grouting yaitu proses mengisi rongga udara antara strand dengan duct yang bertujuan untuk mencegah bahaya korosi serta mengikat strand dengan beton hingga menjadi satu kesatuan. Grouting dilakukan dengan memasukkan pasta dari ujung ke ujung girder. Lalu kedua ujung girder ditutup dengan proses patching	Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	Membuat SOP tata letak material	5	5	2	0	0	35	K

Lanjutan Tabel 4.5 Hasil Penilaian *Detection*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Design Control	Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> )					SI (%)	Kategori
					(D)						
					1	2	3	4	5		
9	Pemasangan bearing pad	Pemasangan bearing pad di atas pier head sebagai dudukan girder, pengangkatan dan pemasangan bearing pad dibantu dengan menggunakan crane	crane roboh akibat angin kencang	Membuat larangan melakukan pekerjaan di saat kondisi cuaca buruk (angin kencang/hujan)	9	2	0	1	0	28	K
			Sling crane terlepas saat pengangkatan bearing pad	Pengecekan kondisi <i>hook</i> dan kaitan bearing pad	5	6	1	0	0	33	K
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Pergantian material /jenis perancah yang lebih kokoh	4	5	3	0	0	38	S
10	Erection girder	Erection girder dilakukan menggunakan crane dan launcher girder tergantung pada lokasi proyek. Proses awal erection girder yaitu mengaitkan sling baja di girder, lalu proses pengangkatan girder menuju bearing pad, dan perletakan girder di atas bearing pad.	Posisi pekerja yang terlalu dekat dengan girder	Memasang rambu-rambu peringatan dan inspeksi kelengkapan <i>Body Harness</i>	3	6	3	0	0	40	S
			Zona bebas sekitar area putaran pengangkatan terganggu	Memasang rambu-rambu area kerja, memasang brikade dan mengisolir daerah kerja	7	4	1	0	0	30	K
			Kegagalan pengangkatan girder oleh crane (sling terputus)	Perhitungan beban dengan kapasitas crane serta melakukan tes load sebelum pekerjaan	7	4	1	0	0	30	K
11	Perkuatan girder	Girder yang sudah berada diatas bearing pad diperkuat dengan menggunakan bracing samping ke pierhead untuk menopang girder agar stabil dan kokoh. Setelah itu juga dilakukan pemasangan besi ulir dan diafragma antar girder	Alat kerja yang terlalu dekat dengan pekerja saat pengelasan bracing	Membuat rambu peringatan	5	6	0	1	0	35	K
			<i>Body harness</i> tidak terpasang dengan benar	Inspeksi kelengkapan dan kelayakan APD ( <i>Body Harness</i> )	8	2	2	0	0	30	K

Lanjutan Tabel 4.5 Hasil Penilaian *Detection*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Design Control	Tingkat Deteksi ( <i>Detection</i> )					SI (%)	Kategori
					(D)						
					1	2	3	4	5		
12	Setting perancah	Setting perancah dilakukan sebagai akses pekerja menuju pierhead. Akses ini sangat dibutuhkan untuk melepas bekisting pada pier head sebelum proses erection girder, lalu memudahkan rigger dan pekerja lainnya saat perletakan girder pada bearing pad	Kerusakan pada alat perancah	Penggantian jenis perancah yang digunakan	5	4	3	0	0	37	K
		Akses pekerja terhalang akibat besi yang berserakan	Inspeksi penataan material secara berkala	7	3	2	0	0	32	K	
		Material perancah tidak terpasang dengan benar	Membuat SOP pemasangan material dan melakukan pengawasan saat pemasangan	6	6	0	0	0	30	K	

#### 4.6.4 Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Pada metode FMEA digunakan perhitungan RPN yang bertujuan untuk mengetahui tingkatan risiko kecelakaan kerja dengan skala yang telah ditentukan sebelumnya. Nilai RPN didapatkan dari perkalian nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* dari masing-masing variabel risiko berdasarkan penilaian yang dilakukan oleh responden pada kuesioner utama. Nilai yang diberikan oleh responden untuk *severity*, *occurance*, dan *detection* terlebih dahulu dihitung menggunakan *severity index* kemudian diklasifikasikan. Perhitungan untuk penilaian *occurance* dan *detection* menggunakan cara yang sama dengan *severity index*. Setelah didapatkan *severity index* untuk masing-masing penilaian *severity*, *occurance*, dan *detection*, maka tahapan selanjutnya yaitu mengalikan nilai SI tersebut menggunakan metode FMEA atau perhitungan RPN. Variabel risiko yang mendapatkan nilai RPN tertinggi merupakan variabel risiko dengan prioritas paling utama. Hasil penilaian *severity* dapat dilihat pada Tabel 4.3, hasil penilaian *occurance* dapat dilihat pada Tabel 4.4, dan hasil penilaian *detection* dapat dilihat pada Tabel 4.5. Adapun contoh perhitungan RPN yaitu sebagai berikut.

$$RPN = \textit{severity} \times \textit{occurance} \times \textit{detection}$$

$$RPN = 80 \times 46,7 \times 36,7$$

$$RPN = 136.888,9$$

Dimana nilai 80 pada *severity*, nilai 46,7 pada *occurance*, dan nilai 36,7 pada *detection* didapatkan dari hasil perhitungan *severity index* pada masing-masing variabel. Perhitungan nilai RPN dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN
<b>A. Pekerjaan Pier</b>							
1	Galian dan timbunan tanah	Proses galian dan timbunan tanah pada lokasi proyek menggunakan alat berat excavator dan bulldozer	Tanah galian longsor	80,0	46,7	36,7	136888,9
			Alat berat tergelincir/terguling	81,7	38,3	43,3	135657,4
2	Pekerjaan pabrikasi rebar	Pemotongan besi menggunakan mesin <i>bar cutter</i> , pembengkakan besi menggunakan <i>bar bender</i> , diameter besi yang digunakan yaitu D32, D16	Mesin tidak bekerja dengan baik/ mengalami kerusakan	66,7	43,3	36,7	105925,9
			Tumpukan besi terjatuh saat proses pengambilan	66,7	48,3	38,3	123518,5
			Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	75,0	43,3	31,7	102916,7
			Akses pekerja terhalang akibat besi yang berserakan	53,3	50,0	35,0	93333,3
				50,0	50,0	35,0	87500,0

Lanjutan Tabel 4.6 Perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN
			Penempatan rebar tidak sesuai dan menumpuk	71,7	43,3	26,7	82814,8
3	Pekerjaan mobilisasi Rebar	Pekerjaan mobilisasi rebar dilakukan dari Workshop menuju lokasi proyek konstruksi	Truk pengangkut rebar menabrak kendaraan lain	75,0	41,7	28,3	88541,7
			Truk terguling	85,0	40,0	30,0	102000,0
			Material terjatuh	56,7	43,3	30,0	73666,7
4	Pekerjaan Unloading Rebar	Pekerjaan Loading Unloading dilakukan pada proyek konstruksi menggunakan alat berat dumtruck dan crane	Alat kerja (crane) terguling	80,0	45,0	26,7	96000,0
			Sling terputus	78,3	48,3	28,3	107273,1
5	Install Rebar	Pemasangan rebar dengan diameter rata-rata D32 dan D16 ke titik sesuai shop drawing, pemasangan rebar atau tulangan ini meliputi tulangan footing (termasuk pengikatan tulangan mini pile dengan tulangan footing), pier, dan pier head	Area kerja tidak rapi akibat tumpukan rebar yang berantakan	50,0	51,7	33,3	86111,1
			Body harness tidak digunakan dengan benar	83,3	55,0	30,0	137500,0

Lanjutan Tabel 4.6 Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN
6	Pekerjaan Bekisting	Bekisting yang digunakan yaitu bekisting kayu triplek phenolic, dibantu dengan lock beam serta push pull sebagai pengikat dan penyangga bekisting pier. Pengangkatan bekisting dilakukan menggunakan crane	Posisi crane tidak seimbang	81,7	46,7	28,3	107981,5
			Akses pekerja terhalang akibat bekisting yang berserakan	51,7	51,7	33,3	88981,5
			Jalan akses pekerja terganggu akibat paku yang berserakan	53,3	46,7	38,3	95407,4
			Palu terlepas dari pegangan	55,0	41,7	35,0	80208,3
			Perancah tidak terpasang dengan benar	83,3	38,3	36,7	117129,6
			Concrete pump terguling	81,7	46,7	35,0	133388,9
7	Pengecoran Pier	Pekerjaan pengecoran footing, pier dan pier head dilakukan secara in situ menggunakan alat berat <i>concrete pump truck</i> dan <i>mixer truck</i> , dan menggunakan vibrator untuk memadatkan beton segar	Keluarnya semen sisa pengecoran melalui hosepump saat pemindahan alat	38,3	43,3	30,0	49833,3
			Hose pump bergerak diluar kendali	53,3	43,3	35,0	80888,9

Lanjutan Tabel 4.6 Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN
			Perancah tidak terpasang dengan benar	85,0	41,7	35,0	123958,3
			Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	73,3	36,7	30,0	80666,7
<b>B. Pekerjaan Erection Girder</b>							
1	Mobilisasi crane	Proses mobilisasi crane dari workshop ke lokasi proyek menggunakan kendaraan angkut truk	Arus lalu lintas yang padat dan tidak lancar saat proses mobilisasi	78,3	51,7	36,7	148398,1
2	Penurunan crane dan aksesoris, serta install crane	Crawler crane berjumlah dua unit dan aksesorisnya diturunkan pada lokasi proyek	Crane turguling	93,3	50,0	33,3	155555,6
4	Mobilisasi girder	Mobilisasi girder dilakukan menggunakan truck multi axle. Panjang girder berkisar antara 16,6 m hingga 40,8 m, dan berat girder berkisar antara 23,5 ton hingga 82,9 ton tergantung pada tipe girder yang digunakan.	Kerusakan pada kendaraan (ban pecah)	81,7	51,7	35,0	147680,6
			Arus lalu lintas yang padat dan tidak lancar saat proses mobilisasi	80,0	46,7	33,3	124444,4

Lanjutan Tabel 4.6 Perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN
5	Penurunan girder	Proses penurunan girder dilakukan	Sling terputus	76,7	45,0	30,0	103500,0
		menggunakan crane, dan ditempatkan di atas tumpuan agar memudahkan saat proses erection		90,0	45,0	31,7	128250,0
6	Joint girder	Perletakan segmen girder diatas tumpuan dan membentuk layout girder sebelum dilakukannya proses stressing	Penurunan girder kurang presisi dan terlalu cepat	81,7	45,0	31,7	116375,0
7	Stressing girder	Stressing girder merupakan proses pemberian tegangan pada struktur PCI girder dengan menarik untaian strand yang berada di dalam tendon dan menyatukan struktur segmental girder menjadi satu bentang PCI girder yang utuh. Alat yang	Kabel penghantar listrik terkelupas/ terbuka	76,7	45,0	30,0	103500,0

Lanjutan Tabel 4.6 Perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN
		digunakan yaitu generator set, compressor, dan jacking force	Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	50,0	38,3	28,3	54305,6
8	Pemotongan strand dan grouting	Pemotongan strand dilakukan setelah proses stressing selesai. Pemotongan strand ini menggunakan bar cutter. Grouting yaitu proses mengisi rongga udara antara strand dengan duct yang bertujuan untuk mencegah bahaya korosi serta mengikat strand dengan beton hingga menjadi satu kesatuan. Grouting dilakukan dengan memasukkan pasta dari ujung ke ujung girder. Lalu kedua ujung girder ditutup dengan proses patching	Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	63,3	40,0	35,0	88666,7
9	Pemasangan bearing pad	Pemasangan bearing pad di atas pier head sebagai	crane roboh akibat angin kencang	88,3	50,0	28,3	125138,9

Lanjutan Tabel 4.6 Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN
		dudukan girder, pengangkatan dan pemasangan bearing pad dibantu dengan menggunakan crane	Sling crane terlepas saat pengangkatan bearing pad	70,0	40,0	33,3	93333,3
			Perancah tidak terpasang dengan benar	85,0	43,3	38,3	141194,4
10	Erection girder	Erection girder dilakukan menggunakan crane dan launcher girder tergantung pada lokasi proyek. Proses awal erection girder yaitu mengaitkan sling baja di girder, lalu proses pengangkatan girder menuju bearing pad, dan perletakan girder di atas bearing pad.	Posisi pekerja yang terlalu dekat dengan girder	85,0	46,7	40,0	158666,7
			Zona bebas sekitar area putaran pengangkatan terganggu	80,0	41,7	30,0	100000,0
			Kegagalan pengangkatan girder oleh crane (sling terputus)	90,0	40,0	30,0	108000,0
11	Perkuatan girder	Girder yang sudah berada diatas bearing pad diperkuat dengan menggunakan bracing samping ke	Alat kerja yang terlalu dekat dengan pekerja saat pengelasan bracing	60,0	40,0	35,0	84000,0

Lanjutan Tabel 4.6 Perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN
		pierhead untuk menopang girder agar stabil dan kokoh. Setelah itu juga dilakukan pemasangan besi ulir dan diafragma antar girder	<i>Body harness</i> tidak terpasang dengan benar	83,3	45,0	30,0	112500,0
12	Setting perancah	Setting perancah dilakukan sebagai akses pekerja menuju pierhead. Akses ini sangat dibutuhkan untuk melepas bekisting pada pier head sebelum proses erection girder, lalu memudahkan rigger dan pekerja lainnya saat perletakan girder pada bearing pad	Kerusakan pada alat perancah	86,7	45,0	36,7	143000,0
			Akses pekerja terhalang akibat besi yang berserakan	65,0	48,3	31,7	99486,1
			Material perancah tidak terpasang dengan benar	85,0	43,3	30,0	110500,0

Setelah menghitung nilai RPN dari masing-masing SI *severity*, *occurance*, dan *detection*, maka langkah selanjutnya yaitu mengurutkan prioritas variabel risiko yang memerlukan

penanganan lebih lanjut. Urutan prioritas ini didasarkan pada peringkat RPN. Nilai RPN tertinggi adalah 158.667 pada variabel 39, yaitu pekerja terjatuh dari ketinggian untuk pekerjaan *erection girder*. Urutan peringkat RPN dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.10 Peringkat RPN

No	Kode Variabel	Variabel	Severity Index (SI)			RPN	Peringkat RPN
			S	O	D		
1	V39	Pekerja terjatuh dari ketinggian	85,0	46,7	40,0	158667	1
2	V27	Crane menimpa pekerja	93,3	50,0	33,3	155556	2
3	V26	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	78,3	51,7	36,7	148398	3
4	V28	Kecelakaan pada saat mobilisasi girder	81,7	51,7	35,0	147681	4
5	V44	Terjatuh dari ketinggian	86,7	45,0	36,7	143000	5
6	V38	Pekerja terjatuh dari ketinggian	85,0	43,3	38,3	141194	6
7	V15	Pekerja terjatuh pada saat pemasangan rebar di ketinggian	83,3	55,0	30,0	137500	7
8	V1	Tertimbun tanah galian yang longsor	80,0	46,7	36,7	136889	8
9	V2	Tertimpa alat berat	81,7	38,3	43,3	135657	9
10	V21	Terkena alat berat	81,7	46,7	35,0	133389	10
11	V31	Tertimpa balok girder	90,0	45,0	31,7	128250	11
12	V36	Tertimpa crane yang roboh	88,3	50,0	28,3	125139	12
13	V29	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	80,0	46,7	33,3	124444	13
14	V24	Pekerja terjatuh dari ketinggian	85,0	41,7	35,0	123958	14

Lanjutan Tabel 4.10 Peringkat RPN

No	Kode Variabel	Variabel	Severity Index (Si)			RPN	Peringkat RPN
			S	O	D		
15	V4	Pekerja terjepit alat kerja atau terjepit besi	66,7	48,3	38,3	123519	15
16	V20	Pekerja terjatuh dari ketinggian	83,3	38,3	36,7	117130	16
17	V32	Terjepit girder	81,7	45,0	31,7	116375	17
18	V43	Terjatuh dari ketinggian	83,3	45,0	30,0	112500	18
19	V46	Tertimpa material perancah yang terjatuh	85,0	43,3	30,0	110500	19
20	V41	Kejatuhan material (girder)	90,0	40,0	30,0	108000	20
21	V16	Tertimpa material yang jatuh	81,7	46,7	28,3	107981	21
22	V13	Pekerja tertimpa material	78,3	48,3	28,3	107273	22
23	V3	Pekerja terjepit mesin	66,7	43,3	36,7	105926	23
24	V30	Tertimpa sling crane yg putus	76,7	45,0	30,0	103500	24
25	V33	Tersengat listrik	76,7	45,0	30,0	103500	25
26	V5	Pekerja terkena arus bertegangan tinggi	75,0	43,3	31,7	102917	26
27	V10	Truk dan muatan menimpa pengguna jalan	85,0	40,0	30,0	102000	27
28	V40	Terkena manuver alat berat	80,0	41,7	30,0	100000	28
29	V45	Tertusuk besi	65,0	48,3	31,7	99486	29
30	V12	Terkena alat kerja	80,0	45,0	26,7	96000	30
31	V18	Pekerja tertusuk paku	53,3	46,7	38,3	95407	31
32	V6	Pekerja tersayat besi	53,3	50,0	35,0	93333	32

Lanjutan Tabel 4.10 Peringkat RPN

No	Kode Variabel	Variabel	Severity Index (Si)			RPN	Peringkat RPN
			S	O	D		
33	V37	Tertimpa bearing pad yang terjatuh	70,0	40,0	33,3	93333	33
34	V17	Pekerja tergores material bekisting (Kayu atau logam)	51,7	51,7	33,3	88981	34
35	V35	Tertusuk kabel strand	63,3	40,0	35,0	88667	35
36	V9	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas	75,0	41,7	28,3	88542	36
37	V7	Pekerja tertusuk besi bendrat	50,0	50,0	35,0	87500	37
38	V14	Pekerja tersandung rebar	50,0	51,7	33,3	86111	38
39	V42	Terkena peralatan kerja	60,0	40,0	35,0	84000	39
40	V8	Rebar terjatuh dan menimpa pekerja	71,7	43,3	26,7	82815	40
41	V23	Terkena manuver end hose pump	53,3	43,3	35,0	80889	41
42	V25	Terkena arus listrik dari kabel vibrator beton	73,3	36,7	30,0	80667	42
43	V19	Pekerja terpukul palu	55,0	41,7	35,0	80208	43
44	V11	Membahayakan pengguna jalan dan mengganggu lalu lintas	56,7	43,3	30,0	73667	44
45	V34	Tersandung kabel strand	50,0	38,3	28,3	54306	45
46	V22	Pekerja terkena percikan semen /sisa semen dari hose pump	38,3	43,3	30,0	49833	46

#### 4.7 Upaya Pengendalian Risiko

Upaya pengendalian risiko dilakukan untuk mencegah terjadinya *failure mode* dengan melakukan tindakan preventif

sehingga dampak dari risiko kecelakaan dapat dikurangi. Tindakan preventif yang dilakukan yaitu dengan cara mengubah desain (ukuran, material, spesifikasi teknis) dan mengembangkan peralatan deteksi. Pengendalian risiko yang ditentukan pada penelitian ini didapatkan dari hasil studi literatur dan wawancara dengan pihak proyek yang memiliki pengetahuan mengenai keselamatan kerja.

Pada penelitian ini, upaya pengendalian risiko difokuskan pada pekerjaan dengan peringkat RPN tertinggi. Hasil urutan prioritas penanganan dapat dilihat pada Tabel 4.7. Hasil RPN tersebut menunjukkan bahwa pekerja terjatuh dari ketinggian (V39) pada pekerjaan *erection* girder menempati peringkat tertinggi dengan total nilai RPN yaitu 158.667. Pekerjaan *erection* girder memiliki tiga *failure mode*, yaitu posisi pekerja yang terlalu dekat dengan girder, zona bebas sekitar area putaran pengangkatan terganggu, dan kegagalan pengangkatan girder oleh *crane*. Namun nilai RPN tertinggi yaitu pada *failure mode* dengan posisi pekerja yang terlalu dekat dengan girder, memiliki dampak yaitu pekerja terjatuh dari ketinggian (V39), penyebab nya yaitu area kerja yang terbatas, dan design control yang dilakukan yaitu memasang rambu-rambu peringatan dan inspeksi kelengkapan *body harness*.

Penjelasan mengenai metode pada pekerjaan *erection* girder secara lebih detail akan membantu dalam menentukan upaya pengendalian risiko yang diperlukan. Metode *erection* girder yang dilakukan pada proyek ini yaitu *mobile crane* dengan jenis *crawler crane*. Dalam pelaksanaannya, *crawler crane* berada pada sisi pier/abutment sesuai dengan posisi yang telah ditentukan untuk memudahkan dalam mengangkat girder dan manuver alat. Proses *erection* menggunakan *crawler crane* dimulai dengan mengaitkan sling pada girder dibantu oleh *helper* pada kedua sisi ujung girder. Jika sling sudah dipastikan terpasang dengan sempurna, maka proses selanjutnya yaitu *lifting* atau pengangkatan. Saat proses *lifting*, operator *crawler crane* mengangkat girder secara bersamaan, dan untuk mencegah girder *swing* maka proses *lifting* ini dibantu oleh *helper* yang mengarahkan *tagline*. Selanjutnya

*crawler crane* bergerak menuju titik dudukan girder, lalu saat dirasa posisi sudah sesuai titik, maka girder pun perlahan diturunkan sesuai aba-aba dari flagman. Penempatan girder pada dudukan girder (*bearing pad*) dibantu oleh beberapa pekerja yang berada di atas pierhead dan atau abutment.

Beberapa faktor yang mempengaruhi adanya *failure mode* yaitu faktor manusia, faktor manajemen, faktor teknis, dan faktor lingkungan. Pada pekerjaan *erection* girder dengan *failure mode* posisi pekerja yang terlalu dekat dengan girder, faktor manusia atau individu yang menyebabkan adanya *failure mode* pada variabel risiko tersebut yaitu:

1. Kondisi fisik yang kelelahan akibat lembur kerja dan minimnya waktu istirahat.
2. Pekerjaan dilakukan dengan terburu-buru.
3. Kelalaian saat bekerja karena tidak konsentrasi.
4. Stress akibat pekerjaan lain yang menumpuk dan masalah pribadi.
5. Penggunaan APD tidak sesuai prosedur.

Adapun faktor manajemen yang menyebabkan adanya *failure mode* yaitu:

1. Kurangnya penggunaan rambu-rambu K3 pada lokasi proyek.
2. Penyuluhan K3 tidak maksimal.
3. Minimnya pengawasan dalam pelaksanaan pekerjaan akibat kurangnya jumlah pengawas dalam pelaksanaan dan area kerja yang luas.

Faktor-faktor teknis yang menyebabkan adanya *failure mode* tersebut dalam pekerjaan *erection* girder yaitu:

1. Pekerjaan dilakukan tidak sesuai prosedur.
2. Material yang digunakan tidak sesuai standar.
3. Alat yang digunakan tidak sesuai spesifikasi teknis.

Faktor lingkungan yang menjadi penyebab adanya *failure mode* tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Area kerja yang terbatas
2. Tempat pijakan tidak rata

3. Tempat pijakan licin
4. Cuaca ekstrem (hujan deras, cuaca panas, dan angin kencang)

Berdasarkan faktor-faktor yang telah disebutkan, maka upaya pengendalian yang dapat dilakukan untuk Variabel 39 (pekerja terjatuh dari ketinggian) dengan *failure mode* posisi pekerja terlalu dekat dengan girder yaitu dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Upaya pengendalian risiko

Untuk mengurangi	Tindakan yang Dapat Dipertimbangkan
Severity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan <i>body harness</i> dan <i>safety shoes</i></li> <li>• Menggunakan <i>safety net</i> dan railing</li> </ul>
Occurrence	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membatasi jumlah pekerja yang berada di area kerja pada ketinggian karena terbatasnya area pijakan.</li> <li>• Penambahan area pijakan pada area pekerjaan yang terbatas (penggunaan scaffolding untuk memperluas area pijakan)</li> <li>• Membatasi jam kerja dan memberikan waktu istirahat yang cukup (maksimal 8 jam per hari).</li> <li>• Menunda pekerjaan hingga cuaca mendukung</li> <li>• Memberikan penyuluhan mengenai K3 secara rutin dan terjadwal</li> <li>• Melakukan <i>toolbox meeting</i> sebelum pekerjaan dimulai.</li> <li>• Penambahan rambu-rambu bahaya ketinggian pada lokasi proyek.</li> </ul>

Lanjutan Tabel 4.8 Upaya pengendalian risiko

<b>Untuk mengurangi</b>	<b>Tindakan yang Dapat Dipertimbangkan</b>
<i>Detection</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan drone untuk melakukan inspeksi kelengkapan penggunaan APD pekerjaan di ketinggian</li> <li>• Memastikan kondisi cuaca aman untuk melakukan pekerjaan</li> <li>• Penggunaan <i>windsock</i> untuk mengetahui arah angin ketika pelaksanaan <i>erection</i> girder</li> <li>• Penggunaan HT antara operator, flagman, dan pekerja yang berada pada area pekerjaan <i>erection</i> di ketinggian</li> </ul>

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Secara keseluruhan hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Analisis risiko menggunakan metode FMEA menunjukkan bahwa variabel risiko dengan nilai RPN tertinggi yaitu pekerja terjatuh dari ketinggian (V39) untuk pekerjaan *erection girder* dengan nilai RPN yaitu 158.667.
2. Upaya pengendalian risiko pada kegiatan yang memiliki RPN tertinggi yaitu berupa penghilangan failure mode dengan mempertimbangkan kelengkapan penggunaan APD, penggunaan peralatan K3 dan rambu-rambu, membatasi jumlah pekerja dan jam kerja, memberikan penyuluhan mengenai K3, melakukan inspeksi pekerjaan dan peralatan, serta penggunaan peralatan tambahan seperti windsock, HT (*Handy Talky*), dan drone.

#### **5.2 Saran**

Saran dari penelitian ini yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Analisis risiko kecelakaan kerja yang dilakukan pada penelitian ini hanya untuk struktur *elevated* yaitu pekerjaan pier dan *erection girder*, kedepannya diharapkan analisis risiko yang dilakukan mencakup pekerjaan struktur bawah, arsitektur, dan MEP.
2. Analisis risiko kecelakaan kerja juga dapat menggunakan metode lain yaitu *Risk Based Inspection* (RBI) yang fokus pada pengoperasian peralatan dan House of Risk yang membantu mengurutkan *preventive action*.

”halaman ini sengaja dikosongkan”

**DAFTAR PUSTAKA**

- Austen dan Neale. 1991. **Manajemen Proyek Konstruksi**. Jakarta: PPM.
- Bird, F.E., Germain, G.L., 1990. **Practical Loss Control Leadership**. Georgia: International Loss Control Institute.
- Carlson, C. 2012. **Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effect Analysis**. Canada
- Darmawi, H. 2008. **Manajemen Risiko**. Jakarta: Bumi Aksara
- Dipusoho, I. 1995. **Manajemen Proyek & Konstruksi Jilid 1**. Yogyakarta: Badan Penerbit Kanisius.
- Djoko, T. 2004. **Hubungan Kerja di Perusahaan Jasa Konstruksi**. Bandung: Mandar Maju.
- Ervianto, I.W. 2005. **Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi**. Yogyakarta: Andi.
- Endroyo, B. 2010. "Faktor-faktor yang Berperan Terhadap Peningkatan Sikap Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Para Pelaku Jasa Konstruksi di Semarang". **Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang** 12, 2:111-120.
- Flanagan, R dan Norman, G. 1993. **Risk Management and Construction**. Blackwell Science.
- Gaspersz, V. 2002. **Total Quality Management**. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

- Gita, M.A. 2015. Analisa Risiko Kecelakaan Kerja Proyek Marvell City Linden Tower Surabaya Dengan Metode FMEA (Failure Mode And Analysis) Dan FTA (Fault Tree Analysis). Surabaya : ITS
- Hanafi, M.M. 2016. **Manajemen Risiko**. Yogyakarta: Badan Penerbit UPP STIM YKPN.
- Heinrich, H.W., Peterson, and Roos, N. 1980. **Industrial Accident Prevention**. New York: Mc. Grow-Hill Book Company.
- Hutasoit, E.O. 2016. Analisa Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Pembangunan Jembatan THP Kenjeran Surabaya. Surabaya: ITS
- Indrayani, R. 2017. “Analisis Risiko Keselamatan Kerja pada Proyek Pengembangan Bandara Internasional Juanda Terminal 2 Surabaya”. **Jurnal IKESMA** 13, 82-85
- Komaraningsih, A. 2013. Manajemen risiko Keselamatan Kerja Pada Pekerjaan Bangunan Atas di Proyek Pembangunan Jalan Layang Tol Bogor Outer Ring Road (BORR) Seksi 2A Oleh PT. Wijaya Karya Tahun 2013. Jakarta: UI
- Marimin, Djatna, T., Suharjito, Hidayat, S., Utama, D.N., Astuti, R., dan Martini, S., 2013. **Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan FUZZY Dalam Manajemen Rantai Pasok**. Bogor: IPB Press.
- Milen, A.E. 2016. **Analisis Level Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Proyek Konstruksi Terhadap Resiko dan Manajemen K3**. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Rahmawati, I.K., 2008. **Manajemen Sumber Daya Manusia**. Yogyakarta: CV Andi Offset.

- Ramli, S. 2010. **Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja OHSAS 18001**. Jakarta: Dian Rakyat.
- Safitri, N., dan Widowati, E. 2017. “Penerapan Risk Management pada Pekerjaan di Ketinggian Berdasar SNI ISO 31000:2011”. **Journal of Public Health Research and Development (HIGEIA)** 1(2), 77-78.
- Salami, I.R.S., dkk. 2016. **Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja**. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Schexnayder, C.J., dan Mayo, R.E. 2003. **Construction Management Fundamentals**. New York: McGraw Hill Construction.
- Silalahi, B. 1995. **Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja**. Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- Sinaga, Y.Y. 2014. **Identifikasi dan Analisa Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan FTA (Fault Tree Analysis) di Proyek Jalan Tol Surabaya – Mojokerto**. Surabaya: ITS
- Soeharto, I. 1995. **Manajemen Proyek dari Konseptual sampai dengan Operasional**. Jakarta: Erlangga.
- Soehendradjati, R.J.B. 1987. **Manajemen Konstruksi**. Yogyakarta: UGM.
- Suardi, R. 2007. **Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja: Panduan Penerapan Berdasarkan OHSAS 18001 & Permenaker 05/1996**. Jakarta: PPM.

- Suma'mur. 1981. **Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan**. Jakarta: CV Haji Mas Agung.
- Supriyadi., Muntohar. 2007. **Jembatan (Edisi IV)**. Yogyakarta: Beta Offset.
- Susilo, dkk. 2010. **Manajemen Risiko Berbasis ISO 31000 untuk Industry Non Perbankan**. Jakarta: PPM.
- Ramli, S. 2009. **Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001**. Jakarta: PT. Dian Rakyat.
- Tay, K.M., dan Lim, C.P., 2006. "Fuzzy FMEA with Guided Rule Reduction System for Prioritization of Failures". **International Journal of Quality and Reliability Management** 23, 1047-1066.
- Teng, S.H., Ho, S.Y., 1996. "Failure Mode and Effect Analysis: An Integrated Approach For Product Design and Process Control". **International Journal of Quality and Reliability Management**, 13(5):8-26.
- Tjakra, J., dan Sangari, F., 2011. Analisis Risiko pada Proyek Konstruksi Perumahan di Kota Manado. **Jurnal Ilmiah Media Engineering**, 1:29-37.
- Triyanto, D. 2004. **Hubungan Kerja di Perusahaan Jasa Konstruksi**. Bandung: Mandar Maju.
- Wang, Y.M., dkk. 2009. "Risk Evaluation in Failure Mode and Effect Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean". **Expert Systems with Application** 36, 1195-1207.

- Widiyastuti, R. 2014. **Penilaian Risiko Keselamatan Kerja Pada Proses Pekerjaan Angkat Angkut Material/Bahan Menggunakan Tower Crane di Proyek Pembangunan Apartement XY Oleh PT.X.** Surabaya: ITS
- Wijaya, J. 2007. Analisis Risiko Kegagalan Sistem dan Desain pada Produk Multi Purpose Stretcher (MPS) di PT Mega Andalan Kalasan dengan Pendekatan Acceptance Criteria of Risk. *Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Industri 3*, 516-523.
- Yahya, K., Asilian, M.H., Ebrahim, H. 2014. "Factors Influencing Un- safe Behaviors and Accidents on Construc- tion Sites: A Review". **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)** 20, 1:111-125.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor 03/MEN/1998 tentang tata cara pelaporan dan pemeriksaan kecelakaan.
- AS/NZS 4801. 2001. Australian/New Zealand Standard Occupational Health and Safety Management System Scope Only.
- AS/NZS 4360. 1999. The Australian Standard/New Zealand Standard, 2004. Risk Management Guidelines.
- International Labour Organization (ILO). 2013. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Sarana untuk Produktivitas. Jakarta.
- National Incident Database Report, 2011. New Zealand Mountain Safety Council, New Zealand.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN

### Lampiran 1

#### A. Gambaran Umum Proyek

Jalan Tol Banda Aceh – Sigli merupakan salah satu ruas Tol Trans Sumatera yang termasuk ke dalam Proyek Strategis Nasional (PSN). Dibangunnya tol akan memangkas jarak dan waktu tempuh perjalanan dari Banda Aceh ke Sigli dari sekitar 2 hingga 3 jam dengan kondisi jalan yang berkelok-kelok melalui perbukitan menjadi hanya 1 jam perjalanan. Tol Banda Aceh-Sigli merupakan bagian dari penugasan Pemerintah kepada PT Hutama Karya (Persero) dengan nilai investasi sebesar Rp 12,35 triliun dan biaya konstruksi sekitar Rp 8,99 triliun. Bertindak selaku kontraktor pada ruas tersebut yakni PT Adhi Karya Tbk.

#### B. Lokasi Proyek

Dalam Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh terdapat 6 section yaitu:

1. Section 1 : Padang Tiji – Seulimum (STA 00+000 s/d 24+670)
2. Section 2 : Seulimum – Jantho (STA 24+670 s/d 30+930)
3. Section 3 : Jantho – Indrapuri (STA 30+930 s/d 47+995)
4. Section 4 : Indrapuri – Blang Bintang (STA 47+995 s/d 61+500)
5. Section 5 : Blang Bintang – Kutabaro (STA 61+500 s/d 69+200)
6. Section 6 : Kutabaro – Baitussalam (STA 69+200 s/d 74+214)

#### C. Data Umum Proyek

1. Nama Proyek : Pelaksanaan Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh

2. Lokasi : Kab. Aceh Besar dan Kab. Pidie
3. Pemilik Proyek : PT. Hutama Karya (Persero)
4. Waktu Pelaksanaan : 840 Hari Kalender dari Kontrak tanggal 30 November 2018
5. Waktu Pemeliharaan : 730 Hari kalender sejak PHO
6. Pembiayaan : CPF (Contractor Pre Financing)
7. Jenis Kontrak : Unit Price
8. Pengguna Jasa : PT. Hutama Karya (Persero)
9. Penyedia Jasa : PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
10. Jenis/Lingkup Pekerjaan: Pembangunan fisik meliputi
  - Pekerjaan Tanah
  - Pekerjaan Perkerasan
  - Pekerjaan Struktur
  - Pekerjaan Fasilitas Tol, dan
  - Pekerjaan Penunjang
11. Biaya Investasi : 12,354 T
12. Panjang Tol : 74 km

## Lampiran 2

### Kuesioner Pendahuluan

#### ANALISIS RISIKO KECELAKAAN KERJA MENGUNAKAN METODE FMEA PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS SIGLI – BANDA ACEH STRUKTUR ELEVATED

**Nama Mahasiswa** : Afra Faradilla Ihsan  
**NRP** : 0311184000002  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT

### KUESIONER PENDAHULUAN

#### 1. Identitas Responden

- a. Nama : .....
- b. Tingkat Pendidikan : .....
- c. Posisi Jabatan : .....
- d. Pengalaman Kerja : ..... Tahun
- e. Email/No. Hp : .....

#### 2. Petunjuk Pengisian

Kuesioner diisi dengan memberikan tanda check (√) pada kolom yang disediakan.

- a. Setuju : Variabel risiko pernah terjadi atau mungkin akan terjadi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh.
- b. Tidak Setuju : Variabl risiko tidak pernah terjadi dan tidak akan mungkin terjadi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh.

No	Aktivitas Pekerjaan	Variabel Risiko	Setuju	Tidak Setuju
<b>A.</b>	<b>Pekerjaan Pier</b>			
1	Pekerjaan Pabrikasi Rebar	Pekerja terjepit mesin		
		Pekerja terjepit alat kerja (tang) atau terjepit besi		
		Pekerja tersayat besi		
		Tertusuk besi bendrat		
2	Pekerjaan Unloading Rebar	Terkena alat kerja		
		Pekerja Tertimpa material		
3	Install Rebar	Pekerja tersandung rebar		
		Pekerja terjatuh pada saat pemasangan di ketinggian		
4	Pekerjaan Bekisting	Pekerja tergores material bekisting (kayu atau logam)		
		Pekerja terjatuh dari ketinggian		
		Pekerja tertusuk paku		
		Pekerja terpukul palu		

No	Aktivitas Pekerjaan	Variabel Risiko	Setuju	Tidak Setuju
5	Pegecoran Pier	Terkena percikan semen		
		Terjatuh dari ketinggian		
<b>B.</b>	<b>Pekerjaan Erection Girder</b>			
1	Mobilisasi Crane	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas		
2	Penurunan crane dan aksesoris, serta install crane	Terlindas alat berat		
3	Install Crane	Terkena manuver alat berat		
4	Mobilisasi Girder	Kecelakaan pada saat mobilisasi girder		
		Tertabrak kendaraan yang sedang melintas		
5	Penurunan Girder	Tertimpa sling crane yang putus		
		Tertimpa balok girder		
6	Joint Girder	Terjepit material (girder)		
7	Stressing Girder	Tersengat listrik		
		Tersandung kabel strand		
8	Pemotongan Strand dan Grouting	Tertusuk kabel strand		

No	Aktivitas Pekerjaan	Variabel Risiko	Setuju	Tidak Setuju
9	Pemasangan Bearing Pad	Tertimpa crane yang roboh		
		Tertimpa Bearing Pad yang terjatuh		
10	Erection Girder	Pekerja terjatuh dari ketinggian		
		Terkena manuver alat berat		
		Kejatuhan material (girder)		
11	Perkuatan Girder	Terkena peralatan kerja		
		Terjatuh dari ketinggian		
12	Setting Perancah	Terjatuh dari ketinggian		
		Tertusuk besi		
		Tertimpa material perancah yang terjatuh		

### Lampiran 3

#### Kuesioner Penelitian

## ANALISIS RISIKO KECELAKAAN KERJA MENGUNAKAN METODE FMEA PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS SIGLI – BANDA ACEH STRUKTUR ELEVATED

Bapak/Ibu yang terhormat,

Pernyataan dalam kuesioner ini hanya digunakan sebagai data penelitian dalam penyusunan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli - Banda Aceh Struktur *Elevated*”. Kuesioner ini berisi pernyataan yang berkaitan dengan risiko kecelakaan kerja. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian terhadap pernyataan dalam formulir kuesioner sesuai dengan pendapat dan pandangan Bapak/Ibu.

#### A. Identitas Responden

1. Nama : .....
2. Tingkat Pendidikan : .....
3. Posisi Jabatan : .....
4. Pengalaman Kerja : ..... Tahun
5. Email/No. Hp : .....

#### B. Penilaian *Severity* (Tingkat Keparahan), *Occurance* (Tingkat Kejadian), dan *Detection* (Tingkat Deteksi)

Responden dapat memberikan penilaian berdasarkan skala penilaian berikut.

Tabel 1. Tingkat Keparahan (*Severity*)

<b>Tingkat/Dampak</b>	<b>Nilai</b>
Kematian atau menyebabkan perubahan pada kehidupan individu	5
Dampak cukup serius (Individu tidak dapat melakukan aktivitas)	4
Dampak sedang (individu tidak beraktivitas selama 1-2 hari)	3
Dampak ringan (individu masih dapat melakukan aktivitas)	2
Tidak berdampak (individu tidak merasakan dampak yang signifikan)	1

Tabel 2. Tingkat Kejadian (*Occurance*)

Probabilitas Kejadian	Tingkat Kejadian	Nilai
Sangat tinggi dan tidak dapat dihindari	>1 per 2	5
Tinggi dan sering terjadi	1 per 8	4
Sedang dan kadang terjadi	1 per 80	3
Rendah dan relatif jarang terjadi	1 per 2.000	2
Sangat rendah dan hampir tidak mungkin terjadi	1 per 150.000	1

Tabel 3. Tingkat Deteksi (*Detection*)

Kemungkinan Terdeteksi	Tingkat	Nilai
Sangat kecil kemungkinan alat kontrol yang ada untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Sangat jarang	5
Alat kontrol memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Sangat rendah	4
Alat kontrol memiliki kemungkinan sedang untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Sedang	3
Alat kontrol memiliki kemungkinan yang tinggi untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	Tinggi	2
Alat kontrol dapat mendeteksi secara pasti bentuk dan penyebab kegagalan	Hampir pasti	1











No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahannya (Severity)					SI (%)	Kategori	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian (Occurance)					SI (%)	Kategori	Design Control	Tingkat Deteksi (Detection)					SI (%)	Kategori
					(S)								(O)								(D)						
					1	2	3	4	5				1	2	3	4	5				1	2	3	4	5		
<b>B. Pekerjaan Erection Girder</b>																											
3	Mobilisasi girder	Mobilisasi girder dilakukan menggunakan truck multi axle. Panjang girder berkisar antara 16,6 m hingga 40,8 m, dan berat girder berkisar antara 23,5 ton hingga 82,9 ton tergantung pada tipe girder yang digunakan.	Kerusakan pada kendaraan (ban pecah)	Kecelakaan pada saat mobilisasi girder							Truk mengangkut beban melebihi kapasitas dan hilang kendali									Perhitungan beban kendaraan dan penentuan jenis kendaraan yang digunakan							
			Arus lalu lintas yang padat dan tidak lancar saat proses mobilisasi	Tertabrak kendaraan yang sedang melintas							Kendaraan lain berada pada area blind spot truk pengangkut									Pembatasan waktu pelaksanaan proses mobilisasi yaitu hanya dilakukan pada jam-jam tertentu							
4	Penurunan girder	Proses penurunan girder dilakukan menggunakan crane, dan ditempatkan di atas tumpuan agar memudahkan saat proses erection	Sling terputus	Tertimpa sling crane yg putus							Kondisi sling tidak baik									Melakukan pergantian sling							
				Tertimpa balok girder							Beban yang diangkat melebihi kapasitas									Perhitungan beban maksimum balok girder yang dapat diikat sling							
5	Joint girder	Perletakan segmen girder diatas tumpuan dan membentuk layout girder sebelum dilakukannya proses stressing	Penurunan girder kurang presisi dan terlalu cepat	Terjepit girder							Kurangnya koordinasi antara operator dan pekerja									Melakukan TBM dan memperhatikan sinyal yang diberikan oleh flagman							
6	Stressing girder	Stressing girder merupakan proses pemberian tegangan pada struktur PCI girder dengan menarik untaian strand yang berada di dalam tendon dan menyatukan struktur segmental girder menjadi satu bentang PCI girder yang utuh. Alat yang digunakan yaitu generator set, compressor, dan jacking force	Kabel penghantar listrik terkelupas/terbuka	Tersengat listrik							Penyimpanan alat tidak baik dan tidak dilakukan perbaikan									Melakukan penggantian kabel secara berkala							
			Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	Tersandung kabel strand							Penempatan kabel strand tidak teratur									Membuat rambu area kerja dan SOP tata letak material							

No	Aktivitas Pekerjaan	Deskripsi	Failure Mode	Effect (dampak)	Tingkat Keparahannya (Severity)					SI (%)	Kategori	Cause (Penyebab)	Tingkat Kejadian (Occurance)					SI (%)	Kategori	Design Control	Tingkat Deteksi (Detection)					SI (%)	Kategori		
					(S)								(O)								(D)								
					1	2	3	4	5				1	2	3	4	5				1	2	3	4	5				
<b>B. Pekerjaan Erection Girder</b>																													
7	Pemotongan strand dan grouting	Pemotongan strand dilakukan setelah proses stressing selesai. Pemotongan strand ini menggunakan bar cutter. Grouting yaitu proses mengisi rongga udara antara strand dengan duct yang bertujuan untuk mencegah bahaya korosi serta mengikat strand dengan beton hingga menjadi satu kesatuan. Grouting dilakukan dengan memasukkan pasta dari ujung ke ujung girder. Lalu kedua ujung girder ditutup dengan proses patching	Area kerja yang dipenuhi dengan kabel yang berserakan	Tertusuk kabel strand								Penempatan kabel strand tidak teratur								Membuat SOP tata letak material									
8	Pemasangan bearing pad	Pemasangan bearing pad di atas pier head sebagai dukungan girder, pengangkatan dan pemasangan bearing pad dibantu dengan menggunakan crane	crane roboh akibat angin kencang	Tertimpa crane yang roboh								Kondisi cuaca yang tidak baik								Membuat larangan melakukan pekerjaan di saat kondisi cuaca buruk (angin kencang/hujan)									
			Sling crane terlepas saat pengangkatan bearing pad	Tertimpa bearing pad yang terjatuh										Sling tidak mengikat kuat bearing pad								Pengecekan kondisi hook dan kaitan bearing pad							
			Perancah tidak terpasang dengan benar	Pekerja terjatuh dari ketinggian										Material perancah tidak berfungsi dengan baik/mengalami kerusakan (korosi)								Pergantian material jenis perancah yang lebih kokoh							



**Lampiran 5**  
**Rekapan Kusioner Penelitian**

Tabel 1. Penilaian Tingkat Keparahan (*Severity*)

RESPONDEN	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23
CJA	4	5	4	4	5	4	3	2	5	5	3	5	5	3	5	4	4	4	4	5	5	2	3
BW	4	5	4	2	5	2	2	3	5	5	3	3	4	2	5	4	2	3	3	5	4	1	2
RSB	5	5	4	4	5	3	2	5	5	5	3	5	5	3	5	5	2	3	2	4	5	2	2
HA	4	5	3	3	5	2	2	3	5	5	1	4	4	3	5	5	2	3	2	5	4	2	1
SI	5	5	4	5	5	4	3	5	3	4	3	5	5	3	5	5	2	3	3	5	5	2	4
SGR	1	1	2	2	1	3	4	3	1	1	2	2	1	3	2	1	3	2	3	1	1	3	2
IN	5	5	3	3	4	2	2	4	5	5	5	5	5	3	5	5	3	3	3	5	5	2	5
AY	5	5	4	4	4	3	2	5	2	5	2	5	5	2	5	5	2	2	2	5	5	2	2
TM	3	3	4	2	2	2	2	2	3	3	4	3	2	2	1	1	2	1	3	2	3	2	2
AJ	5	5	3	4	3	2	2	4	3	5	3	5	5	2	5	5	2	3	2	5	5	1	4
YP	2	1	2	2	1	2	2	2	3	3	2	3	2	2	4	4	3	2	2	4	3	2	3
AW	5	4	3	5	5	3	4	5	5	5	3	3	4	2	3	5	4	3	4	4	4	2	2

Tabel 2. Lanjutan Penilaian Tingkat Keparahan (*Severity*)

RESPONDEN	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V40	V41	V42	V43	V44	V45	V46
CJA	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5
BW	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5	2	3	5	3	5	5	4	5	4	5	5	3	5
RSB	5	4	4	5	4	4	4	5	5	4	3	5	5	4	5	5	5	5	2	4	5	5	5
HA	5	4	5	5	3	4	3	5	4	3	1	2	4	4	4	4	4	5	2	4	4	2	4
SI	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	3	2	5	5	5	5	5	5	4	5	5	3	5
SGR	1	1	2	3	3	3	2	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2
IN	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4	5
AY	5	4	4	5	4	4	4	5	5	4	3	5	5	3	5	5	5	5	2	5	5	5	5
TM	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2
AJ	5	3	3	5	5	5	5	5	5	4	3	2	5	5	5	5	5	5	3	5	5	3	5
YP	4	2	3	5	4	3	3	5	4	3	2	3	5	3	4	4	3	5	3	4	4	3	3
AW	4	3	5	5	4	4	5	5	5	5	3	5	5	4	4	4	5	5	3	5	4	3	5

Tabel 3. Penilaian Tingkat Kejadian (*Occurance*)

RESPONDEN	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23
CJA	2	2	2	3	3	5	5	1	4	4	4	4	5	4	5	3	4	4	3	4	4	4	4
BW	2	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	3	4	4	3	3	4	3	3	2	3	2
RSB	2	3	4	4	2	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HA	3	2	2	3	4	3	3	2	2	2	3	5	4	3	4	5	4	4	1	3	4	2	2
SI	3	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2
SGR	3	2	2	4	3	4	4	4	3	2	2	2	3	3	4	2	3	3	3	2	2	2	2
IN	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	3	1	3	3	2	1	2	1	2
AY	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TM	2	1	2	1	3	2	2	1	1	2	3	2	2	2	1	2	1	1	2	1	3	2	3
AJ	1	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	3	2	3	2	3	1	1	4	2
YP	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1
AW	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2	1	1	1	2	1	2

Tabel 4. Lanjutan Penilaian Tingkat Kejadian (*Occurance*)

RESPONDEN	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V40	V41	V42	V43	V44	V45	V46
CJA	4	3	5	3	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	4	5	4	5	4
BW	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2
RSB	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
HA	4	2	3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	1	2	3	3	2	1	1	2	2	3	4
SI	2	2	3	3	3	2	2	3	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2
SGR	1	1	3	3	3	2	3	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2	2	3	3	3
IN	2	2	1	3	3	4	3	1	3	3	2	2	3	2	1	2	3	1	3	3	3	2	2
AY	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TM	2	2	3	3	4	2	2	3	2	3	2	1	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
AJ	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
YP	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2
AW	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1



## BIODATA PENULIS



Afra Faradilla Ihsan,  
Penulis dilahirkan di Banda Aceh, 17 Desember 2000. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis yaitu MIN Model Banda Aceh (2006-2012), MTsN Model Banda Aceh (2012-2015), SMAN Modal Bangsa (2015-2018). Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan studi di program studi S1 Teknik Sipil ITS pada tahun 2018 melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 03111840000002. Selain

aktif dalam kegiatan akademik, penulis juga aktif dalam kegiatan keorganisasian dan kepanitiaan pada masa perkuliahan. Penulis juga pernah menjadi Sekretaris Himpunan Mahasiswa Sipil Periode 2020-2021. Penulis mengambil tugas akhir pada bidang Manajemen Konstruksi dengan judul “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur *Elevated*”. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis dapat menghubungi melalui email: [afrafaradillaihsan@gmail.com](mailto:afrafaradillaihsan@gmail.com).