TUGAS AKHIR

ANALISIS KESELAMATAN KERJA PADA PEKERJAAN *LIFTING GIRDER* MENGGUNAKAN *LAUNCHER* DENGAN METODE *EVENT TREE ANALYSIS* (ETA)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

LUSHYVA FIRATRI KURNIA DEWI
22511216

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK DESAIN INOVASI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026

TUGAS AKHIR

ANALISIS KESELAMATAN KERJA PADA PEKERJAAN *LIFTING GIRDER* MENGGUNAKAN *LAUNCHER* DENGAN METODE *EVENT TREE ANALYSIS* (ETA)

Disusun oleh

Lushyva Firatri Kurnia Dewi

22511216

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada Tanggal 29 Juni 2026

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing :
Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM.
NIK : 005110101
Tanggal :

Penguji I :
Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 955110102
Tanggal :

Penguji II :
Rizki Budiman, S.T., M.T.
NIK : 245111203
Tanggal : 21 Agu 26

Mengesahkan,
Plt. Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK DESAIN INOVASI
YOGYAKARTA

24/8-26

Fitri Nugraheni, S.T., M.Eng.

NIK : 165110105

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Penyusun yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan jujur dan sadar bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil karya mandiri untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) di Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Bagian-bagian yang dikutip dari hasil karya orang lain telah diberi keterangan referensi secara transparan berdasarkan norma dan etika akademik. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiarisme pada Tugas Akhir ini, penulis bersedia menerima dan mendapatkan sanksi sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



Lushyva Firatri Kurnia Dewi

22511216

HALAMAN DEDIKASI

Bismillahirrahmanirrahim...

Tiada bagian yang paling menyentuh dari lembar dedikasi, penulis siapkan ruang istimewa di lembar ini untuk mengapresiasi mereka yang selama ini menjadi alasan dibalik selesainya Tugas Akhir ini. Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur, penulis dedikasikan kepada:

1. Allah SWT, Sang Pemilik Segala Kemudahan, yang telah melimpahkan rahmat, serta kesehatan kepada penulis, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh rasa syukur.
2. Kedua orang tua tercinta, mereka adalah pilar utama dan tempat terbaik untuk pulang. Terima kasih atas rentang doa yang tiada putus di setiap sujud malam, dukungan moral yang tidak pernah surut, serta pengorbanan yang tak ternilai harganya. Tugas akhir ini didedikasikan sebagai wujud bakti awal untuk membayar lunas segala kepercayaan dan harapan yang selalu menyertai setiap langkah penulis.
3. Kedua kakak perempuanku apt. Meilia Satria Perdani, S.Farm., khususnya, Arfenta Satria Nugraheni, S.Ak., M.Acc., memori saat kakak dengan penuh ketulusan dan antusiasmemu, beberapa kali mengantarkan penulis mendaftar di jurusan impian kala itu, saat penulis mengalami kebingungan kakak tidak pernah melepaskan genggaman itu, terima kasih atas masukan, arahan, dorongan yang tiada henti dan selalu menjadi motivator terbaik. Tugas akhir ini wujud persembahan atas ketulusan jasa yang kakak berikan.
4. Teman terbaikku Ardinda Desi Ilmawati Fahma dan Salwa Hafshah Fitria Anggraini, kesetiaan kalian yang luar biasa dalam membersamai dan menemani setiap jengkal perjalanan penulis, baik di saat suka maupun di titik paling duka sekalipun, telinga yang selalu mendengar keluh kesah, tangan yang selalu merangkul serta selalu ada tanpa pernah beranjak pergi.

5. Teman seperjuangan, Saphira Asha Aulia dan Liyen Putri Lestari. Yang memberikan waktu, tawa, dan dukungan selama kurang lebih tiga tahun sejak masa perkuliahan.
6. Teman- teman seperjuangan KKN, yang tidak pernah absen menghadirkan doa, serta tawa yang mencairkan segala lelah di masa-masa sulit. Ikatan kekeluargaan yang kita bangun adalah salah satu hadiah terindah di perjalanan perkuliahan penulis.
7. Lingkaran pertemanan terbaikku dari kecil hingga hari ini, Farhan Alqi Fahri, Laila Rahma Sakina, Sukma Ayu Kurnia Dewi, dan Audi Ikhfina Tantra Aji. Waktu akan terus berjalan dan mengubah banyak hal, tidak dengan ketulusan kalian yang selalu membersamai penulis, menjelma menjadi sistem pendukung yang luar biasa serta selalu berada di garda terdepan untuk menjadi pendengar serta penguat.
8. Kakak-kakak serta adik-adik tingkatku tercinta di Program Studi Teknik Sipil, yang memberikan dukungan teramat, energi positif, perhatian, suntikan semangat, dan kebaikan tulus. Kehadiran dan kepedulian kalian adalah dua aspek penyegar di tengah penatnya proses penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil Angkatan 2022, yang memberikam dukungan dan kerja sama selama bertahun-tahun serta menularkan energi agar penulis tetap konsisten dalam mengerjakan dan segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Keselamatan Kerja pada Pekerjaan *Lifting Girder* Menggunakan *Launcher* dengan Metode *Event Tree Analysis* (ETA)". Penulisan Tugas Akhir tersebut sebagai salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, masukan, serta dukungan dan motivasi melalui berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih terhadap pihak pihak berikut.

1. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng. selaku Plt. Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana Universitas Islam Indonesia, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
2. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan bimbingan, arahan ilmiah, saran, kritik konstruktif, serta motivasi kepada penulis sehingga penelitian Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Para dosen penguji, yang telah memberikan evaluasi, masukan, serta arahan yang bermanfaat dalam penyempurnaan Tugas Akhir melalui sidang akhir.
4. Bapak Ali Tugiono, S.T. Selaku *Health, Safety, and Environment* (HSE), terima kasih telah memberikan ketersediaan dalam membantu proses verifikasi data penelitian Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 29 Juli 2026



Lushyva Firatri Kurnia Dewi

DAFTAR ISI

JUDUL TUGAS AKHIR
Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ii
HALAMAN DEDIKASI iv
KATA PENGANTAR
Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
ABSTRAK xiii
ABSTRACT xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Tinjauan Umum 6
2.2 Penelitian Sebelumnya 6
BAB III LANDASAN TEORI 16
3.1 Proyek Konstruksi 16
3.2 Manajemen Konstruksi 16
3.3 Jenis Proyek Konstruksi 17
3.4 *Girder* 17
3.4.1 Tipe – Tipe Girder 17

3.4.2 *Lifting Girder* 21
3.5 Manajemen Proyek 22
3.6 Kecelakaan Kerja 25
3.7 Risiko 25
3.8 Pengendalian Risiko 26
3.9 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) 28
3.9.1 Pengertian Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) 28
3.9.2 Manfaat Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) 28
3.9.3 Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) 29
3.10 Metode *Event Tree Analysis* (ETA) 32
3.10.1 Langkah-Langkah Metode *Event Tree Analysis* (ETA) 32
3.10.2 Kelebihan *Event Tree Analysis* (ETA) 33
3.10.3 Kekurangan ETA 34
BAB IV METODE PENELITIAN 36
4.1 Tinjauan Umum 36
4.2 Subjek Penelitian 36
4.3 Objek Penelitian 36
4.4 Data dan Metode Pengumpulan Data 36
4.5 Metode Analisis Data 38
4.6 Tahapan Penelitian 39
BAB V 43
ANALISIS DAN PEMBAHASAN 43
5.1 Pelaksanaan Penelitian 43
5.2 Pekerjaan *Lifting Girder* di Lokasi Penelitian 44
5.3 Analisis Data 45
5.4 Pelaksanaan *Even Tree Analysis* 46
5.4.1 Mengidentifikasi Kejadian Pemicu Terjadinya Kegagalan 46

5.4.2 Penyusunan Skenario Mitigasi Berdasarkan Peristiwa Risiko Awal (*Initiating Event*) 47
5.4.3 Menganalisis Dampak Potensi yang Timbul 53
5.4.4 Menghitung Nilai Probabilitas di Setiap Konsekuensi Percabangan 56
5.5 Mitigasi risiko berdasarkan hierarki Pengendalian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) 75
5.6 Pembahasan 75
BAB VI 80
KESIMPULAN DAN SARAN 80
6.1 Kesimpulan 80
6.2 Saran 81
DAFTAR PUSTAKA 82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu 10
Tabel 5. 1 Identitas dan Latar Belakang Responden 46
Tabel 5. 2 Deskripsi Verbal 57
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Data Hasil Kuesioner 59
Tabel 5. 4 Indeks Probabilitas Terjadinya Insiden Dasar Beserta Tingkat Keberhasilan Sistem Pengendalian Risiko 63
Tabel 5. 5 Keterangan Nilai Kuantitatif 68
Tabel 5. 6 Analisis Probabilitas dan Konsekuensi Skenario Kegagalan *Event Tree Analysis* (ETA) 71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 *I-Girder* 18
Gambar 3. 2 *Box Girder* 19
Gambar 3. 3 *T-Girder* 19
Gambar 3. 4 *U-Girder* 20
Gambar 3. 5 *Plate Girder* 21
Gambar 3. 6 Hirarki Pengendalian Risiko 28
Gambar 3. 7 Grafik Penggambaran Metode *Event Tree Analysis* (ETA) 35
Gambar 4. 1 Flowchart Proposal Tugas Akhir 41
Gambar 4. 2 Flowchart Proposal Tugas Akhir 42
Gambar 5. 1 Lokasi Penelitian 44
Gambar 5. 2 Diagram Mitigasi Risiko Jatuhnya Balok *Girder* Menggunakan Metode *Event Tree Analysis* (ETA) 52
Gambar 5. 3 Penilaian Tingkat Keparahan Dampak Menggunakan Metode *Event Tree Analysis* (ETA) 55
Gambar 5. 4 Diagram Alir Probabilitas Kejadian Akhir pada *Event Three Analysis* (ETA) 67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Transkip Izin Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir 85
Lampiran 2 Transkip Balasan Izin Penelitian dan Data Tugas Akhir 86
Lampiran 3 Transkip Hasil Wawancara 87
Lampiran 4 Transkip Lembar Checklist *Lifting Girder* 91
Lampiran 5 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Pertama 93
Lampiran 6 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Kedua 95
Lampiran 7 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Ketiga 97
Lampiran 8 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Keempat 99
Lampiran 9 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Kelima 102

ABSTRAK

Kecelakaan kerja hampir selalu terjadi pada Proyek Pembangunan Jalan, terutama pada pekerjaan-pekerjaan yang melibatkan aktivitas pengangkatan dan pemasangan elemen struktur berukuran besar. Contoh kecelakaan yang terjadi selama Poyek Pembangunan Jalan termasuk kecelakaan kerja saat *lifting girder*. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi berbagai risiko kecelakaan kerja yang mungkin muncul dalam pekerjaan *lifting girder*, menganalisis probabilitas terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *lifting girder*, mengkaji dan merumuskan langkah-langkah pencegahan kecelakaan kerja pada proses *lifting girder*.

Metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja secara sistematis adalah *Event Tree Analysis* (ETA). Metode ini dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif, digunakan untuk menentukan berbagai kemungkinan hasil setelah suatu kejadian terjadi. Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara dan kuesioner.

Hasil penelitian menunjukkan dampak yang terjadi dari kecelakaan kerja akibat jatuhnya *girder* mencakup spektrum yang luas, mulai dari trauma fisik ekstrem berupa cedera berat, cacat permanen, hingga risiko kematian di tempat kerja. Dari segi ekonomi, insiden ini secara langsung memicu krisis finansial bagi pekerja. Serta didapatkan nilai probabilitas kecelakaan kerja jatuh dari ketinggian dengan persentase yang sangat kecil, yaitu sebesar 0,8049% atau 0,008049.

Kata kunci: Kecelakaan Kerja, Pekerjaan *Lifting Girder*, Metode *Event Tree Analysis* (ETA)

ABSTRACT

Workplace accidents almost always occur in road construction projects, especially those involving the lifting and installation of large structural elements. The purpose of this study is to identify various work-related accident risks that may arise during girder lifting work, analyze the probability of work-related accidents during girder lifting work, and assess and formulate preventative measures for work-related accidents during the girder lifting process.

The research method used to systematically analyze work-related accident risks is Event Tree Analysis (ETA). This method, which can be both qualitative and quantitative, is used to determine various possible outcomes after an incident occurs. In this study, data collection was conducted through field observations, interviews, and questionnaires.

The results show that the impacts of work-related accidents resulting from girder falls cover a broad spectrum, ranging from extreme physical trauma in the form of serious injuries and permanent disability to the risk of workplace death. From an economic perspective, these incidents directly trigger a financial crisis for workers. Furthermore, the probability of work-related accidents involving falls from a height is very small, at 0.8049% or 0.008049.

***Keywords**: Workplace Accidents, Girder Lifting Work, Event Tree Analysis (ETA) Method*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, terutama pada sektor transportasi. Pembangunan jalan tol menjadi salah satu program strategis nasional yang bertujuan meningkatkan konektivitas antarwilayah, mempercepat distribusi barang dan jasa, serta mendorong pertumbuhan ekonomi. Keberhasilan suatu proyek konstruksi tidak hanya diukur dari penyelesaiannya yang tepat waktu, sesuai anggaran dan memenuhi standar mutu, akan tetapi juga dari keberhasilannya dalam menerapkan aspek keselamatan kerja. Meskipun demikian, kecelakaan kerja masih menjadi salah satu tantangan utama yang dapat menghambat pelaksanaan proyek, menurunkan produktivitas, menyebabkan kerugian, hingga berpotensi mengakibatkan kegagalan proyek.

Tingginya angka kecelakaan kerja tersebut salah satunya berasal dari sektor konstruksi, yang dikenal sebagai sektor dengan tingkat risiko keselamatan kerja yang tinggi. Pada tahun 2024 terdapat 462.241 kasus, yang lebih tinggi, dibandingkan dengan 370.747 kasus pada tahun 2023, 265.334 kasus pada tahun 2022, 234.270 kasus pada tahun 2021, serta Kementerian Ketenagakerjaan melaporkan 462.241 kecelakaan kerja pada tahun 2025. Angka ini menggambarkan kesulitan substansial dalam menerapkan langkah-langkah keselamatan kerja, yang memerlukan pertimbangan cermat dari semua pemangku kepentingan terkait (Meidyna, 2025). Kecelakaan kerja hampir selalu terjadi pada proyek pembangunan jalan, terutama pada pekerjaan-pekerjaan yang melibatkan aktivitas *lifting* dan erection elemen struktur berukuran besar. Gelagar jembatan atau *girder* adalah balok yang bertugas menopang seluruh beban pada jembatan dan meneruskannya ke struktur bawah jembatan (Budi, 2020).

Beberapa kasus kecelakaan kerja pada pekerjaan *lifting girder* telah terjadi pada proyek-proyek jalan tol di Indonesia. Sedangkan, salah satu contoh kecelakaan

kerja yang terjadi pada 20 Februari 2018 saat *erection girder* di proyek Jalan Tol Bekasi-Cawang-Kampung Melayu (Becakayu). Insiden ini disebabkan oleh berbagai faktor yang tidak diperhitungkan, salah satunya adalah kecepatan angin. Pada pekerjaan Tol Becakayu, perseroan menggunakan *girder* nonstandar yang lebih panjang dan tinggi, dengan dimensi panjang 51,6 meter, tinggi 2,3 meter, dan lebar 75 cm. *Girder* nonstandar ini diklasifikasikan sebagai yang lebih sensitif terhadap angin, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan. Akibatnya, kecelakaan kerja di proyek Tol Becakayu mengakibatkan tujuh pekerja mengalami luka-luka, dengan enam orang dirawat di RS UKI dan satu orang di RS Polri Kramat Jati, Jakarta Timur.

Menurut Nugraheni (2024) dalam rentang tahun 2017 hingga 2021, telah terjadi enam insiden kecelakaan kerja yang berkaitan dengan *lifting girder* pada berbagai proyek tol di Indonesia. Beberapa kasus menonjol di antaranya adalah runtuhnya *girder* pada proyek Tol Pasuruan-Probolinggo yang memakan korban jiwa, serta kegagalan pemosisian *girder* pada proyek Tol Pemalang-Batang yang menyebabkan struktur penyangga roboh.

Berdasarkan berbagai kejadian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pekerjaan *lifting girder* memiliki potensi bahaya yang signifikan dan memerlukan analisis keselamatan kerja yang sistematis. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja secara sistematis adalah *Event Tree Analysis* (ETA). Metode ini dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif, digunakan untuk menentukan berbagai kemungkinan hasil setelah suatu kejadian terjadi (Juanizar, 2022). Tujuan utama metode *Event Tree Analysis* (ETA) adalah untuk mengetahui apakah suatu kejadian dapat dikendalikan oleh sistem dan prosedur keselamatan yang telah dirancang dan diterapkan dalam sistem, atau apakah kejadian tersebut berkembang menjadi suatu kecelakaan serius atau tidak (Zefri, 2022).

Pada beberapa segmen, proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Seksi II Paket 2.1 menggunakan struktur tol layang yang disesuaikan dengan kondisi topografi dan tata guna lahan. Pada struktur tersebut, *girder* berfungsi sebagai elemen utama penopang pelat lantai sekaligus meneruskan beban ke struktur pendukung di bawahnya. Proses *lifting girder* yang mendominasi

tahapan konstruksi memiliki tingkat kompleksitas dan risiko keselamatan kerja yang tinggi karena melibatkan pekerjaan pada ketinggian, pengangkatan berat, serta penggunaan alat berat.

Berdasarkan uraian tersebut, proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo dipilih sebagai objek penelitian karena pekerjaan *lifting girder* menggunakan *launcher,* merupakan salah satu tahapan konstruksi yang memiliki tingkat risiko keselamatan kerja yang tinggi. Kegiatan ini melibatkan pengangkatan *girder* yang berukuran besar dengan menggunakan *launcher* serta didukung oleh alat berat dan pekerjaan pada ketinggian, sehingga memerlukan penerapan sistem keselamatan kerja yang efektif. Apabila potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan tidak diidentifikasi dan dikendalikan secara tepat, maka dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja yang berdampak pada keselamatan pekerja, kerusakan peralatan, maupun keterlambatan penyelesaian proyek.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keselamatan kerja pada pekerjaan *lifting girder* menggunakan *launcher* dengan metode *Event Tree Analysis* (ETA). Analisis tersebut dilakukan terhadap setiap tahapan pekerjaan *lifting grider,* untuk mengidentifikasi kemungkinan berkembangnya suatu kejadian awal menjadi berbagai skenario kecelakaan serta mengevaluasi efektivitas pengendalian yang telah diterapkan. Meskipun metode *Event Tree Analysis* (ETA) telah digunakan dalam berbagai penelitian mengenai analisis risiko dibidang konstruksi, penerapannya pada pekerjaan *lifting girder* menggunakan *launcher* di proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan serta menghasilkan rekomendasi pengendalian yang sesuai dengan kondisi proyek guna mendukung peningkatan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada pelaksanaan konstruksi. Penelitian ini memiliki nilai tambah karena menggunakan data aktual lapangan, hasil wawancara dengan teknisi proyek, dan rekomendasi mitigasi risiko yang sesuai dengan kondisi dan karakteristik proyek, sehingga diharapkan mampu memberikan kontribusi praktis dalam peningkatan keselamatan kerja pada pelaksanaan *lifting girder*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut

1. Apa saja dampak kecelakaan kerja yang dapat muncul dalam pekerjaan *lifting girder*?
2. Berapa probabilitas terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *lifting girder*?
3. Bagaimana cara mencegah terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *lifting girder*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengidentifikasi berbagai dampak kecelakaan kerja yang mungkin muncul dalam pekerjaan *lifting girder*.
2. Menganalisis probabilitas terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *lifting girder*.
3. Mengkaji dan merumuskan langkah-langkah pencegahan kecelakaan kerja pada pekerjaan *lifting girder*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat menjadi bahan masukan bagi pihak pelaksana proyek dalam mengidentifikasi potensi bahaya serta mengevaluasi probabilitas keselamatan kerja pada pekerjaan *lifting girder* menggunakan *launcher.* Hasil pada penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan maupun penyempurnaan prosedur kerja, penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), serta pengembangan strategi dalam pengendalian risiko yang lebih efektif dalam mendukung kelancaran pada pelaksanaan proyek.

Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi perusahaan dalam meningkatkan system manajemen keselamatan kerja melalui penerapan metode *Event Tree Analysis* (ETA) pada pekerjaan konstruksi yang berisiko tinggi. Dengan adanya identifikasi potensi bahaya dan rekomendasi pengendalian yang sesuai dengan kondisi lapangan, sehingga risiko kecelakaan kerja dapat

diminimalkan, produktivitas, efisiensi pekerjaan meningkat, serta keberhasilan proyek dapat tercapai tanpa mengabaikan aspek keselamatan kerja.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pekerjaan *lifting girder* menggunakan alat *launcher*
2. Menerapkan metode *Event Tree Analysis* (ETA) untuk menganalisis keselamatan kerja.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh langsung dari kontraktor proyek.
4. Pengolahan data dilakukan melalui Microsoft Excel dalam rangka menentukan probabilitas kecelakaan kerja.
5. Penelitian ini dijalankan dalam rentang waktu 3 jam per hari selama dua hari berturut-turut.
6. Kuesioner diberikan secara langsung kepada 5 teknisi lapangan proyek.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pada penelitian ini bertujuan mengembangkan kerangka kerja yang komprehensif untuk penilaian risiko kuantitatif pada proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon. Tujuan utamanya adalah untuk mengatasi ketidakpastian (*uncertainty*) dalam data risiko yang ada di *lifting girder*, dimana data statistik historis seringkali kurang atau tidak tepat.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Penelitian terdahulu merupakan hasil penelitian yang memiliki keterkaitan dengan topik yang dikaji dalam penelitian ini. Beberapa penelitian yang relevan dijadikan sebagai referensi dalam penyusunan tinjauan pustaka untuk memperkuat landasan teori serta menunjukkan posisi penelitian yang dilakukan. Adapun beberapa penelitian yang dijadikan rujukan dalam tinjauan pustaka adalah sebagai berikut.

1. Dalam studi yang dilakukan oleh Nugraheni dkk (2025) dengan judul "Analisis Pemilihan Metode *Erection Girder* Menggunakan *Crawler Crane* dan *Launcher* Berdasarkan Waktu dan Biaya" bertujuan untuk membandingkan hasil analisis pemilihan metode *erection girder* antara *crawler crane* dan *launcher* berdasarkan aspek waktu, biaya, efisiensi teknis dan non-teknis, serta kondisi lapangan pada setiap bentang guna menentukan metode yang paling optimal. Metode yang diterapkan dalam penelitian tersebut mencakup pendekatan kualitatif melalui analisis perbandingan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk mengevaluasi pemilihan metode *erection girder* berdasarkan aspek waktu dan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan metode *erection girder* pada proyek pembangunan Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 Seksi 1 dipengaruhi oleh lima kriteria utama, yaitu

jalan akses (11%), feeding point (31%), radius pekerjaan (34%), kondisi lingkungan (7%), dan risiko pekerjaan (17%).

2. Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2019) dengan judul "Kajian Waktu Penyelesaian Metode *Crane* dan Metode *Launcher* Dalam Pelaksanaan *Erection*" bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan waktu pelaksanaan pekerjaan *erection girder* menggunakan metode *crane* dan metode *launcher* pada pembangunan jembatan, sehingga dapat ditentukan metode yang paling efisien berdasarkan variasi panjang bentang *girder*. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui analisis perbandingan waktu pelaksanaan *erection girder* antara metode *crane* dan metode *launcher*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan analisis waktu pelaksanaan, metode *launcher* menunjukkan tingkat efisiensi yang lebih tinggi pada bentang dengan panjang tertentu karena proses pemasangan *girder* dapat dilakukan secara berkelanjutan tanpa memerlukan mobilisasi alat berat yang berulang. Hal ini menyebabkan waktu siklus pekerjaan *erection* menjadi lebih singkat dibandingkan metode *crane*.

   Sementara itu, metode *crane* dinilai lebih fleksibel dalam penerapannya pada kondisi lapangan tertentu, khususnya pada lokasi dengan keterbatasan ruang kerja atau akses alat *launcher*. Namun, metode ini membutuhkan waktu yang relatif lebih lama akibat proses mobilisasi *crane* dan pengaturan ulang posisi alat pada setiap tahapan pekerjaan *erection girder*. Oleh karena itu, pemilihan metode *erection girder* perlu disesuaikan dengan karakteristik bentang dan kondisi lapangan agar diperoleh hasil yang optimal.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Sriyana (2022) dengan judul "Analisis Probabilitas Kegagalan Bendungan Pacal Menggunakan Metode *Event Tree Analysis*" bertujuan untuk memetakan dan menilai tingkat risiko kegagalan Bendungan Pacal secara kuantitatif menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) dan *Fault Tree Analysis* (FMECA), sehingga dapat diperoleh nilai probabilitas kegagalan tahunan serta status risiko bendungan sebagai dasar penentuan prioritas pemeliharaan dan tindakan pengurangan risiko secara terencana. Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan pendekatan

studi kasus dengan analisis risiko berbasis *Event Tree Analysis* (ETA) dan *Fault Tree Analysis* (FMECA) terhadap data inspeksi besar Bendungan Pacal guna memperoleh probabilitas kegagalan tahunan dan status risiko bendungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai probabilitas kegagalan tahunan Pacal sebesar $1{,}29 \times 10^{-5}$, yang mengindikasikan bahwa secara probabilistik tingkat kegagalan struktur berada pada kisaran yang relatif kecil. Namun, tetap signifikan untuk diperhitungkan dalam manajemen keselamatan bendungan. Potensi bahaya dengan kontribusi risiko terbesar diidentifikasi berasal dari deformasi tubuh bendungan, sedangkan potensi bahaya lain seperti ketidakcukupan instrumen deformasi, longsoran pada saluran outlet, dan kerusakan beton pelindung *conduit* memberikan kontribusi risiko yang lebih rendah. Berdasarkan pemetaan hubungan antara probabilitas kegagalan tahunan dan jumlah jiwa potensial terdampak, status risiko Bendungan Pacal diklasifikasikan berada dalam kategori "batas yang ditoleransi untuk bendungan eksisting", sehingga secara fungsional masih dapat dinyatakan aman. Namun memerlukan penerapan langkah mitigasi yang sistematis. Oleh karena itu, di rekomendasikan untuk dilakukannya pelaksanaan analisis deformasi yang lebih rinci serta tindakan rehabilitasi terhadap keretakan pada plat beton (membran) dan elemen pelindung lainnya, dengan tujuan menurunkan tingkat risiko kegagalan dan meningkatkan tingkat keandalan serta keselamatan operasional bendungan dalam jangka panjang.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Ambartiyas (2025) dengan judul *"Causality Analysis of Construction Failure Using The Event Tree Analysis Method and Fault Tree Analysis"* bertujuan untuk menganalisis penyebab dan probabilitas kegagalan konstruksi pada bangunan terbengkalai terhadap bahaya gempa bumi menggunakan metode *Rapid Visual Screening* (RVS), *Event Tree Analysis* (ETA), dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bangunan Hotel Hadiningrat *Terrace Apartment* mengalami kerusakan struktural tingkat sedang dengan persentase kerusakan sebesar 43,67% berdasarkan metode *Rapid Visual Screening* (RVS). Analisis menggunakan *Event Tree Analysis* (ETA) menunjukkan bahwa skenario kegagalan paling berisiko adalah

keruntuhan bangunan yang memerlukan rekonstruksi, dengan probabilitas sebesar 0,1591 apabila terjadi gempa bumi. Selanjutnya, hasil *Fault Tree Analysis* (FTA) mengidentifikasi bahwa faktor dominan penyebab kegagalan konstruksi berasal dari kesalahan manusia dan lemahnya manajemen, yang memengaruhi kondisi struktur, fondasi, dan pemeliharaan bangunan secara keseluruhan.

5. Penelitian yang dilakukan oleh Jusuf (2025) dengan judul "Analisis Risiko Keselamatan Kerja Menggunakan Metode *Event Tree Analysis* (ETA) pada Pekerjaan *Blasting Quarry*" bertujuan untuk menganalisis risiko keselamatan kerja pada pekerjaan *blasting quarry* serta mengidentifikasi kemungkinan skenario kecelakaan dan tingkat probabilitasnya dengan menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA). Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan analisis risiko keselamatan kerja dengan menerapkan metode *Event Tree Analysis* (ETA) untuk mengidentifikasi skenario kejadian kecelakaan serta menentukan probabilitas terjadinya setiap kemungkinan risiko. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa kegiatan *blasting quarry* memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja yang relatif tinggi. Hal ini disebabkan oleh karakteristik pekerjaan yang melibatkan penggunaan bahan peledak dan peralatan berat, serta dilakukan pada kondisi lapangan yang kompleks. Risiko kecelakaan kerja tersebut dipengaruhi oleh faktor teknis, seperti kondisi peralatan dan penerapan prosedur peledakan, faktor lingkungan kerja, yang meliputi kondisi medan, cuaca serta faktor manusia, yang berkaitan dengan keterampilan pekerja, kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, dan pengawasan kerja. Metode *Event Tree Analysis* (ETA) digunakan untuk menganalisis berbagai skenario kerja beserta probabilitas terjadinya setelah suatu peristiwa awal. Melalui analisis ini, dapat diperoleh gambaran risiko keselamatan kerja pada kegiatan *blasting quarry* sebagai dasar penyusunan dan penerapan strategi pengendalian serta mitigasi risiko yang efektif guna meminimalkan kecelakaan kerja. Beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan topik ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian Sebelumnya					
Penelitian	**Nugraheni dkk (2025)**	**Kurniawan (2019)**	**Sriyana (2022)**	**Ambartiyas (2025)**	**Jusuf (2025)**
Judul	Analisis Pemilihan Metode *Erection Girder* Menggunakan *Crawler Crane* Dan *Launcher* Berdasarkan Waktu Dan Biaya	Kajian Waktu Penyelesaian Metode *Crane* Dan Metode *Launcher* Dalam Pelaksanaan *Erection*	Analisis Probabilitas Kegagalan Bendungan Pacal Menggunakan Metode *Event Tree Analysis* (ETA)	*Causality Analysis of Construction Failure Using The Event Tree Analysis Method and Fault Tree Analysis*	Analisis risiko keselamatan kerja menggunakan metode *event tree analysis* (ETA) pada pekerjaan *blasting quarry*
Tujuan	Melakukan perbandingan hasil pemilihan metode *erection girder* antara penggunaan *crawler crane* dan *launcher* berdasarkan aspek waktu pelaksanaan, biaya, efisiensi teknis, non-teknis, serta kondisi lapangan pada setiap bentang, sehingga dapat ditentukan metode *erection* yang paling optimal.	Menganalisis serta membandingkan durasi pelaksanaan pekerjaan *erection girder* pada pembangunan jembatan dengan menggunakan metode *crane* dan metode *launcher*, guna menentukan metode yang paling efisien berdasarkan perbedaan panjang bentang *girder*.	Melakukan pemetaan dan evaluasi tingkat risiko kegagalan Bendungan Pacal secara kuantitatif dengan menerapkan metode *Event Tree Analysis* (ETA) dan *Fault Tree Analysis* (FMECA), sehingga dapat ditentukan nilai probabilitas kegagalan tahunan serta tingkat risiko bendungan, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar penetapan	Mengkaji faktor penyebab serta tingkat probabilitas terjadinya kegagalan konstruksi pada bangunan terbengkalai akibat pengaruh bahaya gempa bumi dengan menerapkan metode *Rapid Visual Screening* (RVS), *Event Tree Analysis* (ETA),	Mengevaluasi secara menyeluruh risiko keselamatan kerja pada kegiatan *blasting quarry* yang berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja, serta mengidentifikasi

Lanjutan Tabel 2.1 Pebandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian Sebelumnya					
Penelitian	**Nugraheni dkk (2025)**	**Kurniawan (2019)**	**Sriyana (2022)**	**Ambartiyas (2025)**	**Jusuf (2025)**
Tujuan			prioritas pemeliharaan dan perencanaan langkah-langkah pengurangan risiko secara sistematis.	dan *Fault Tree Analysis* (FTA).	dan menganalisis berbagai skenario kemungkinan terjadinya kecelakaan beserta tingkat probabilitasnya dengan menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA). Hasil analisis tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan penetapan upaya pengendalian serta mitigasi risiko keselamatan kerja secara sistematis dan berkelanjutan.
Metode	*Analytical Hierarchy Process* (AHP)	Kuantitatif dengan pendekatan komparatif (studi perbandingan)	*Event Tree Analysis* (ETA) dan *Fault Tree Analysis* (FMECA),	*Rapid Visual Screening* (RVS), *Event Tree Analysis* (ETA), dan *Fault Tree Analysis* (FTA).	*Event Tree Analysis* (ETA)

Lanjutan Tabel 2.1 Pebandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian Sebelumnya					
Penelitian	**Nugraheni dkk (2025)**	**Kurniawan (2019)**	**Sriyana (2022)**	**Ambartiyas (2025)**	**Jusuf (2025)**
Hasil	Mendapatkan hasil bahwa pemilihan metode *erection girder* pada proyek pembangunan Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Paket 1 (Seksi 1) dipengaruhi oleh lima kriteria utama, yaitu jalan akses (11%), *feeding point* (31%), radius pekerjaan (34%), kondisi lingkungan (7%), dan risiko pekerjaan (17%), yang masing-masing memberikan tingkat pengaruh yang berbeda dalam proses pengambilan keputusan.	Mendapatkan hasil analisis waktu pelaksanaan menunjukkan bahwa metode *launcher* lebih efisien pada bentang dengan panjang tertentu karena proses pemasangan *girder* dapat dilakukan secara berkesinambungan tanpa mobilisasi alat berat yang berulang, sehingga waktu siklus pekerjaan menjadi lebih singkat dibandingkan metode *crane*. Sebaliknya, metode *crane* memiliki tingkat fleksibilitas yang	Mendapatkan hasil bahwa nilai probabilitas kegagalan tahunan Bendungan Pacal sebesar $1{,}29\times10^{-5}$, yang mengindikasikan tingkat kegagalan struktur relatif rendah. Namun tetap perlu diperhitungkan dalam pengelolaan keselamatan bendungan. Risiko terbesar berasal dari deformasi tubuh bendungan, sementara potensi bahaya lainnya memberikan kontribusi risiko yang lebih kecil. Berdasarkan hubungan antara probabilitas kegagalan dan jumlah jiwa terdampak,	Mendapatkan hasil bahwa bangunan Hotel *Hadiningrat Terrace Apartment* mengalami kerusakan struktural tingkat sedang dengan nilai kerusakan sebesar 43,67% berdasarkan metode *Rapid Visual Screening* (RVS). Analisis *Event Tree Analysis* (ETA) mengindikasikan bahwa skenario kegagalan dengan risiko tertinggi adalah keruntuhan bangunan yang memerlukan	Mendapatkan bahwa kegiatan *blasting quarry* memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja yang tinggi akibat penggunaan bahan peledak, peralatan berat, dan kondisi lapangan yang kompleks. Risiko tersebut dipengaruhi oleh faktor teknis, lingkungan kerja, dan faktor manusia. Penerapan

Lanjutan Tabel 2.1 Pebandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian Sebelumnya					
Penelitian	**Nugraheni dkk (2025)**	**Kurniawan (2019)**	**Sriyana (2022)**	**Ambartiyas (2025)**	**Jusuf (2025)**
Hasil		lebih tinggi pada kondisi lapangan tertentu, namun memerlukan waktu pelaksanaan yang relatif lebih lama akibat kebutuhan mobilisasi dan penyesuaian posisi alat pada setiap tahapan pekerjaan.	Bendungan Pacal berada pada kategori batas toleransi untuk bendungan eksisting, sehingga masih dinyatakan aman secara fungsional. Namun memerlukan penerapan langkah mitigasi, khususnya melalui analisis deformasi lanjutan dan tindakan rehabilitasi untuk meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional bendungan.	rekonstruksi dengan probabilitas 0,1591 akibat gempa bumi. Selanjutnya, hasil *Fault Tree Analysis* (FTA) menunjukkan bahwa faktor utama penyebab kegagalan konstruksi berasal dari kesalahan manusia dan kelemahan manajemen, yang berdampak pada kondisi struktur dan pemeliharaan bangunan.	metode *Event Tree Analysis* (ETA) memungkinkan identifikasi berbagai skenario kecelakaan beserta probabilitasnya secara sistematis, sehingga hasil analisis yang diperoleh diharapkan dapat dijadikan sebagai dasar yang komprehensif dalam penentuan dan perumusan strategi pengendalian serta mitigasi risiko keselamatan kerja secara sistematis dan terencana, yang tidak hanya berfokus pada upaya pencegahan terjadinya kecelakaan kerja, akan tetapi juga mencakup pengurangan tingkat risiko pada setiap tahapan pekerjaan, peningkatan kepatuhan terhadap prosedur dan standar keselamatan kerja, serta penguatan implementasi sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) guna

Lanjutan Tabel 2.1 Pebandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian Sebelumnya					
Penelitian	**Nugraheni dkk (2025)**	**Kurniawan (2019)**	**Sriyana (2022)**	**Ambartiyas (2025)**	**Jusuf (2025)**
Hasil					meminimalkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja selama pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

Dari hasil perbandingan jurnal-jurnal pada Tabel 2.1 di atas, dapat diketahui bahwa berdasarkan penelitian terdahulu menggunakan beragam metode analisis, antara lain pendekatan multi kriteria seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP), kuantitatif dengan pendekatan komparatif (studi perbandingan), *Event Tree Analysis* (ETA) dan *Fault Tree Analysis* (FMECA), *Rapid Visual Screening* (RVS) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode-metode tersebut digunakan untuk menilai efisiensi metode kerja, menganalisis probabilitas kegagalan, mengidentifikasi penyebab kecelakaan kerja, hingga mengkaji kausalitas kegagalan konstruksi pada berbagai proyek. Berdasarkan penelitian sebelumnya, objek kajian ini masih beragam dan mencakup berbagai proyek konstruksi dan infrastruktur. Sedangkan, penelitian spesifik yang membahas keselamatan kerja pada pekerjaan *lifting girder* dengan menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis risiko yang terkait dengan pekerjaan *lifting girder* pada proyek konstruksi yang sedang diteliti, guna memberikan rekomendasi mitigasi risiko dan pengendalian yang lebih optimal sesuai dengan kondisi lapangan.

Metode yang dikenal sebagai *Event Tree Analysis* (ETA) digunakan karena dapat menggambarkan rangkaian kejadian suatu risiko awal, menentukan efektivitas prosedur dan sistem keselamatan kerja yang diterapkan, serta menghitung probabilitas terjadinya kecelakaan kerja secara sistematis, terstruktur, dan terukur.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi

Proyek dapat diartikan sebagai serangkaian aktivitas yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan tertentu, di mana pelaksanaannya dibatasi oleh tiga aspek utama, yaitu biaya, waktu, dan mutu yang dikenal sebagai *triple constraint*. Konstruksi sendiri merupakan suatu hasil bangunan yang tersusun dari berbagai bagian yang saling terintegrasi sesuai dengan fungsi masing-masing. Secara umum, kegiatan konstruksi diklasifikasikan ke dalam dua jenis, yaitu konstruksi bangunan gedung dan konstruksi bangunan sipil (Ullah, 2023).

Pembangunan meliputi prasarana sipil (bandara, rel kereta, jembatan, bendungan, dan irigasi) dan pembangunan gedung (perumahan, apartemen, hotel, dan bertingkat).

Proyek konstruksi adalah kegiatan *temporer* (satu kali dilaksanakan berjangka pendek) yang mengolah sumber daya untuk menciptakan sebuah bangunan. Menjelaskan bahwa proses ini melibatkan banyak pihak dengan pola hubungan kerja dan fungsional yang berbeda, maka potensi terjadinya konflik dalam sebuah proyek menjadi sangat tinggi (Ervianto, 2006).

3.2 Manajemen Konstruksi

Menurut Rani (2016), manajemen konstruksi dapat dipahami sebagai sebuah sistem kendali proyek yang mengoptimalkan sumber daya melalui siklus perencanaan hingga pengawasan demi mencapai hasil yang efektif.

Dalam proyek konstruksi, manajemen berperan penting dalam mengintegrasikan banyak sumber daya untuk mencapai hasil berkualitas tinggi, termasuk pada pekerjaan *lifting girder* yang membutuhkan perencanaan dan pengendalian yang baik. Input tersebut meliputi sembilan elemen utama yaitu uang, bahan, mesin, tenaga kerja, pasar, metode, informasi, ruang, serta waktu.

3.3 Jenis Proyek Konstruksi

Klasifikasi proyek konstruksi dibedakan menjadi:

1. Bangunan gedung

   Kategori ini meliputi gedung perkantoran, hunian, dan industri. Beberapa poin utama yang menjadi ciri proyek gedung adalah:

   a. Mengutamakan aspek kenyamanan dan fungsionalitas bagi penghuninya.
   b. Area kerja cenderung terbatas dengan karakteristik fondasi yang umumnya sudah diketahui secara umum dalam praktiknya.
   c. Implementasi manajemen diperlukan untuk memonitor perkembangan pekerjaan secara berkelanjutan.

2. Bangunan sipil

   Bangunan sipil atau konstruksi ini meliputi pembangunan jalan, jembatan, dan bendungan. Ciri khas dari proyek-proyek ini antara lain:

   a. Menitikberatkan pada pemanfaatan dan modifikasi lingkungan alam demi kemaslahatan manusia.
   b. Area kerja biasanya bersifat *ekstensif* (luas) atau *linear* (memanjang), sehingga desain fondasi sering kali berubah-ubah mengikuti kondisi lapisan tanah yang tidak konsisten.
   c. Peran manajemen diutamakan untuk memitigasi serta memberikan solusi atas berbagai hambatan dinamis yang muncul selama proses konstruksi.

3.4 *Girder*

Dalam konstruksi jembatan, *girder* diposisikan membujur di antara dua tumpuan utama untuk memastikan distribusi beban yang optimal. Variasi bentuknya yang beragam mulai dari *I-girder* hingga *Box-girder* memberikan fleksibilitas desain. Selain itu, teknologi beton pratekan pada *girder* membuat struktur jembatan menjadi lebih ringan namun tetap kokoh, sekaligus mempermudah tahapan pelaksanaan di lapangan (Broto, 2020).

3.4.1 Tipe – Tipe Girder

Dunia konstruksi nasional mengenal berbagai variasi profil *girder*. Adapun jenis-jenis yang paling sering ditemukan di lapangan adalah sebagai berikut.

1. *I-Girder*

   Tipe *I-Girder* sangat dominan digunakan pada struktur jembatan karena sifatnya yang ekonomis dan praktis untuk dibangun. Balok ini tersedia dalam material beton atau baja. Penampang balok *I-Girder* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *I-Girder*

(Sumber: Waskita, 2024)

2. *Box Girder*

   Box girder merupakan komponen struktur jembatan berbentuk rongga (trapesium atau persegi) yang sering diaplikasikan pada konstruksi bentang panjang dan jalan layang. Walaupun proses fabrikasi dan biayanya lebih tinggi dibandingkan *I-girder*, komponen ini memiliki kekakuan torsi yang sangat baik. Kemampuan dalam menahan beban puntir inilah yang menjadikan *box girder* sebagai pilihan paling andal untuk jembatan dengan desain melengkung. Penampang *Box Girder* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 *Box Girder*

(Sumber: Wika, 2018)

3. *T-Girder*

Secara struktural*, T-Girder* berbeda dari *I-Girder* karena bagian badan gelagar dan pelat lantai jembatannya dibuat secara *monolit* (menyatu). Sebaliknya, pada sistem *I-Girder*, balok dan pelat lantai merupakan komponen terpisah yang baru dihubungkan melalui instalasi *shear connector* sebelum proses pengecoran akhir. Karakteristik ini membuat *T-Girder* sangat efektif digunakan pada konstruksi jembatan penyeberangan orang (JPO). Penampang *T-Girder* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3.

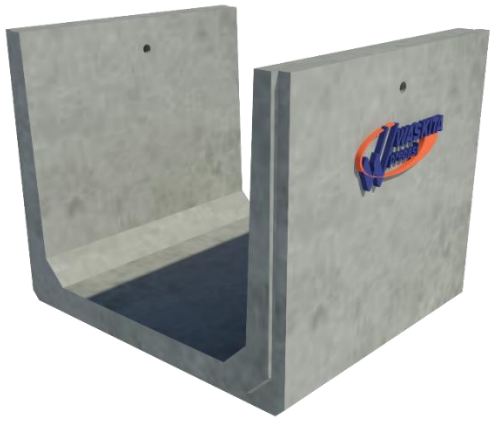


Gambar 3. 3 *T-Girder*

(Sumber: Waskita Beton, 2023)

4. *U-Girder*

   Rongga di dalam penampang *U-Girder* dapat dimanfaatkan sebagai jalur kabel utilitas, pipa drainase, atau instalasi lainnya. Hal ini membuat manajemen ruang di bawah struktur jembatan menjadi lebih efisien tanpa mengganggu pemandangan dari luar. Penampang *U-Girder* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 *U-Girder*

(Sumber: Waskita Beton, 2023)

5. *Plate Girder*

   Berbeda dengan balok profil baja standar (seperti *I-Beam* atau *H-Beam* buatan pabrik) yang memiliki ukuran terbatas, *plate girder* memungkinkan insinyur untuk menentukan sendiri tinggi, lebar, dan ketebalan setiap pelatnya. Hal ini sangat berguna ketika sebuah struktur harus menahan beban yang sangat ekstrem atau memiliki bentang yang sangat panjang di mana profil standar sudah tidak mampu lagi memikul beban tersebut. Salah satu contoh penggunaan komponen ini diperlihatkan pada Gambar 3.5 di bawah ini



Gambar 3. 5 *Plate Girder*

(Sumber: *Structuralguide.com*)

3.4.2 *Lifting Girder*

Lifting girder adalah kegiatan pengangkatan menggunakan alat *launcher* untuk memindahkan *girder* dari posisi awal ke posisi akhirnya pada tumpuan struktur. Prosedur ini merupakan salah satu tahapan terpenting dalam pekerjaan *erection girder* yang memiliki potensi risiko bahaya, seperti jatuhnya *girder*, kegagalan alat angkat, putusnya *sling*, atau ketidakstabilan *girder* selama proses *lifting*. Kondisi lapangan secara langsung memengaruhi efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan *lifting girder*, sehingga pemilihan metode pelaksanaan menjadi aspek yang sangat krusial. Masing-masing metode *lifting girde*r memiliki kelebihan dan kekurangan metode yang umum digunakan dalam pekerjaan *lifting girder* antara lain metode *crawler crane* dan metode *launching gantry*.

Pada *lifting girder* dilakukan dengan memanfaatkan sistem *launcher* yang diposisikan di atas struktur yang telah terpasang sebelumnya, sehingga *girder* dapat dipindahkan dan dipasang pada bentang berikutnya tanpa memerlukan perancah atau alat angkat dari bawah. Metode pelaksanaan *lifting girder* menggunakan *launcher* diawali dengan tahap persiapan alat dan pengecekan sistem *launching gantry*, termasuk pemeriksaan stabilitas struktur penopang dan kapasitas angkat alat. Selanjutnya, *girder* pracetak diangkat dari area penyimpanan atau titik pengangkutan menggunakan sistem *hoist* pada *launcher*, kemudian dipindahkan secara longitudinal menuju bentang yang akan dipasang. Setelah mencapai posisi

rencana, *girder* diturunkan secara bertahap dan diposisikan secara presisi pada *rubber bearin*g, diikuti dengan penguncian posisi dan pemeriksaan kestabilan sebelum *launcher* dipindahkan ke bentang berikutnya.

Metode *crawler crane* menawarkan fleksibilitas tinggi dalam mengangkat *girder* berukuran besar, namun memerlukan lahan luas untuk operasi *crane* dan berpotensi menimbulkan getaran yang memengaruhi stabilitas tumpuan sementara. Sebaliknya, *launcher* lebih efisien untuk proyek jembatan panjang karena dapat bergerak secara bertahap sepanjang struktur, mengurangi ketergantungan pada alat berat *eksternal* meskipun memerlukan investasi awal yang lebih tinggi untuk perakitan sistem.

Dalam penelitian ini, metode *lifting girder* yang dikaji dan dianalisis lebih lanjut adalah metode *lifting girder* menggunakan *launcher*, mengingat metode ini memiliki tingkat kompleksitas dan risiko keselamatan kerja yang tinggi. Pemilihan metode *lifting girder* yang tepat sangat berpengaruh terhadap upaya meminimalkan risiko kecelakaan kerja dan menjamin keselamatan pekerja, sesuai dengan prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada konstruksi jembatan sebagaimana diatur dalam Permen PUPR No. 26 Tahun 2018. Oleh karena itu, diperlukan analisis risiko yang sistematis menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) untuk mengidentifikasi potensi bahaya, seperti kegagalan *rigging* maupun kolaps struktur sementara, yang dapat terjadi pada setiap tahapan pekerjaan *lifting girder* menggunakan *launcher*.

3.5 Manajemen Proyek

Manajemen adalah seni memimpin organisasi mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan dengan baik. Tujuan dari manajemen adalah untuk menemukan metode atau teknik terbaik untuk mencapai hasil maksimal dalam hal ketetapan, kecepatan, penghematan, dan keselamatan kerja dengan sumber daya yang terbatas (Chakim, 2024). Menurut Rani (2016), manajemen proyek adalah pengaplikasian ilmu pengetahuan, keahlian, keterampilan, dan peralatan yang digunakan pada kegiatan proyek untuk memenuhi segala kebutuhan dalam sebuah pekerjaan proyek. Dalam memastikan bahwa hasil proyek mencapai tujuan dan sasarannya, harus

dipertimbangkan masalah yang muncul selama pelaksanaan proyek. Berikut beberapa aspek yang dapat menjadi masalah dalam manajemen proyek konstruksi jembatan, seperti keterlambatan pengadaan material *girder*, konflik antar-stakeholder, serta *fluktuasi* harga bahan bakar untuk alat berat. Ketidaksesuaian jadwal pemasok, konflik antar pemangku kepentingan karena perbedaan interpretasi spesifikasi teknis, dan fluktuasi harga sumber daya biasanya menjadi penyebab kegagalan proyek. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan kontrak penalti, pemantauan jadwal secara berkala, media manajemen proyek standar, dan biaya pengendalian untuk meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek.

Analisis risiko *Event Tree Analysis* (ETA) di awal proyek membantu mengantisipasi masalah ini dengan mengidentifikasi potensi *hazard*, menetapkan mitigasi, memastikan pencapaian tujuan efisiensi, keamanan, dan kualitas. Berikut merupakan aspek yang dapat menjadi masalah dalam manajemen proyek.

1. Aspek keuangan

   Aspek keuangan mencakup pembiayaan dan pengelolaan biaya proyek yang memerlukan analisis cepat dan menyeluruh, terutama untuk proyek besar dan kompleks.

2. Aspek anggaran

   Perencanaan dan pengendalian biaya proyek dimasukkan dalam aspek anggaran, penyusunan anggaran yang cermat memudahkan pengawasan, dan pencapaian target, sedangkan kesalahan perencanaan dapat mengakibatkan biaya pembengkakan.

3. Aspek manajemen sumber daya manusia

   Manajemen sumber daya manusia mencakup penentuan dan penyediaan tenaga kerja yang dibutuhkan sepanjang pelaksanaan proyek, perencanaan SDM dilakukan berdasarkan struktur organisasi yang telah ditetapkan agar tidak terjadi hambatan, meliputi pengaturan langkah-langkah penyediaan tenaga kerja, uraian tugas, perhitungan beban kerja, pembagian wewenang, tanggung jawab, penjelasan mengenai tujuan dan sasaran proyek.

4. Aspek manajemen produksi

Dalam pekerjaan *lifting girder*, manajemen produksi sangat penting untuk memastikan hasil berkualitas tinggi melalui perencanaan dan pelaksanaan yang efisien. Ketidaktepatan dalam pengelolaan dapat menurunkan kualitas hasil, sehingga perlu meningkatkan produktivitas pekerja, efisiensi proses, dan mutu pengendalian secara sistematis.

5. Aspek harga

   Tekanan dari persaingan harga di luar kendali internal perusahaan sering menimbulkan masalah pada penetapan harga, karena jika produk yang dihasilkan memiliki biaya produksi yang tinggi, perusahaan bisa mengalami kerugian dan kalah bersaing di pasar dibandingkan produk lain yang lebih murah.

6. Aspek efektivitas dan efisiensi

   Aspek efektivitas dan efisiensi menjadi masalah serius jika keluaran produk tidak sesuai dengan tujuan yang diharapkan atau prosesnya tidak optimal, kondisi seperti ini juga akan berujung pada penggunaan sumber daya yang lebih besar dari seharusnya sehingga biaya produksi meningkat tajam.

7. Aspek pemasaran

   Aspek pemasaran melibatkan berbagai faktor dari lingkungan luar perusahaan yang memengaruhi strategi penjualan, termasuk tekanan persaingan harga, perencanaan promosi yang tepat, mutu produk yang ditawarkan, serta ketepatan analisis pasar yang bisa menentukan keberhasilan produk di pasar.

8. Aspek mutu

   Kualitas produk yang tinggi berperan penting dalam memperkuat kemampuan bersaing suatu perusahaan sekaligus memastikan tingkat kepuasan konsumen terpenuhi.

9. Aspek waktu

   Permasalahan jadwal proyek bisa menimbulkan kerugian finansial jika penyelesaian pekerjaan melewati batas waktu yang telah direncanakan, sementara menyelesaikan pekerjaan lebih cepat dari jadwal dapat memberikan keuntungan.

3.6 Kecelakaan Kerja

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor 03/MEN/1998, sebagaimana dikutip dalam literatur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) FT UNY, kecelakaan kerja didefinisikan sebagai sebuah peristiwa yang tidak diinginkan dan tidak terduga yang berpotensi menimbulkan korban jiwa maupun kerugian harta benda.

Berdasarkan berbagai definisi yang dikaji, Menurut Aswar (2020) menyatakan bahwa terdapat tiga unsur utama yang menjadi ciri kecelakaan kerja, yaitu kejadian yang tidak terduga, tidak diharapkan, dan mengakibatkan kerugian:

1. Tidak terduga karena kejadian kecelakaan kerja tidak terjadi secara sengaja atau sesuai rencana sebelumnya.
2. Dalam penelitian ini, kecelakaan kerja digambarkan sebagai peristiwa yang menyebabkan kerugian dalam pekerjaan *lifting girder*, sehingga pengendalian harus dilakukan untuk meminimalkan risikonya.
3. Kecelakaan kerja hampir selalu berdampak merugikan karena dapat menyebabkan kerusakan pada pekerja, gangguan pada proses produksi, kerusakan peralatan, serta menimbulkan dampak negatif pada lingkungan dan masyarakat di sekitarnya.

Berdasarkan uraian sebelumnya, Menurut Aswar (2020) menjelaskan bahwa kejadian kecelakaan kerja dapat berupa:

1. Kecelakaan kerja industri adalah insiden yang terjadi di lingkungan pabrik atau tempat kerja lainnya akibat adanya potensi bahaya, sehingga mengakibatkan kecelakaan bagi pekerja atau proses kerja.
2. Kecelakaan kerja perjalanan adalah insiden yang terjadi di luar lokasi kerja, misalnya saat dalam perjalanan menuju atau kembali dari tempat kerja, namun tetap terjadi karena aktivitas yang berhubungan dengan pekerjaan yang dijalankan.

3.7 Risiko

Risiko merupakan kemungkinan terjadinya peristiwa yang tidak diharapkan atau terjadi secara alami yang dapat mengancam aset dan pendapatan finansial (Labombang, 2011), sedangkan menurut Vaughan (2014), dalam *Fundamental of*

Risk and Insurances menjelaskan bahwa risiko adalah suatu kondisi di mana terdapat peluang penyimpangan merugikan dari hasil yang diharapkan. Berikut merupakan pengertian lain dari definisi.

1. Dalam penelitian ini, risiko didefinisikan sebagai kemungkinan terjadinya kerugian selama pekerjaan *lifting girder*, sehingga pencegahan diperlukan untuk meminimalkan dampaknya.
2. Risiko menggambarkan peluang terjadinya suatu kerugian, di mana istilah '*possibility'* menunjukkan bahwa probabilitas peristiwa tersebut berada di antara nol dan satu, bila tidak ada kerugian yang terjadi, ada pula potensi untuk memperoleh keuntungan, sehingga aspek ini perlu dipertimbangkan saat menjalankan aktivitas bisnis.
3. Dalam penelitian ini, risiko didefinisikan sebagai suatu hal yang berpotensi menimbulkan kerusakan pada pekerjaan *lifting girder*, baik secara subjektif maupun objektif.
4. Dalam konteks statistik, risiko menunjukkan sejauh mana hasil yang benar-benar terjadi menyimpang dari hasil yang diharapkan, di mana besarnya variasi tersebut mencerminkan derajat ketidakpastian di sekitar nilai rata-rata.
5. Risiko dapat dipahami sebagai peluang munculnya hasil yang tidak sesuai dengan apa yang diperkirakan, di mana ini mencakup probabilitas berbagai kemungkinan hasil yang berbeda dari ekspektasi awal.

Dari uraian tentang risiko di atas, dapat disimpulkan bahwa risiko berkaitan dengan kemungkinan terjadinya peristiwa yang berdampak buruk yaitu sesuatu yang tidak diharapkan maupun tidak terduga yang dapat mengganggu pencapaian tujuan.

3.8 Pengendalian Risiko

Menurut Nuary (2025), Pengendalian risiko dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan upaya sistematis mengidentifikasi bahaya potensial, menilai tingkatnya melalui matriks probabilitas dan keparahan, lalu menerapkan hirarki kontrol mulai dari eliminasi hingga Alat Pelindung Diri (APD) untuk meminimalkan kecelakaan.

Penilaian risiko dilakukan dengan menggunakan metode pengendalian hirarki, yang merupakan pendekatan sistematis berdasarkan efektivitas

pengendalian dari tertinggi ke terendah. Berikut merupakan hirarki rencana pengendalian.

1. *Elimination* (Eliminasi)

   Langkah pertama dalam pengendalian risiko melakukan eliminasi terhadap sumber bahaya yang ada, yaitu menghapus atau menghilangkan potensi bahaya tersebut sepenuhnya jika memungkinkan.

2. *Substitution* (Substitusi)

   Tahapan kedua dalam pengendalian risiko adalah substitusi, yaitu mengganti bahan, peralatan atau proses yang berpotensi berbahaya dengan alternatif yang memiliki tingkat bahaya lebih rendah atau lebih aman.

3. *Engineering control* (Rekayasa Teknik)

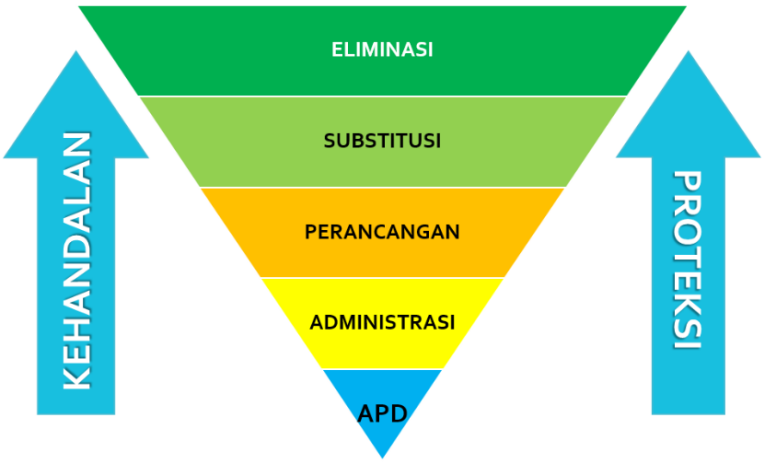
   Tahap ketiga dalam pengendalian risiko adalah penerapan rekayasa teknik, yaitu melakukan perubahan desain atau struktur objek kerja untuk mencegah paparan terhadap bahaya, misalnya dengan memasang pelindung pada mesin atau penutup pada bagian-bagian berbahaya.

4. *Administration control* (Pengendalian Administrasi)

   Langkah berikutnya dalam pengendalian risiko adalah menerapkan sistem kerja yang dirancang untuk menurunkan kemungkinan paparan terhadap bahaya dengan memperhatikan perilaku pekerja, misalnya melalui pengaturan jadwal kerja dan waktu istirahat yang seimbang serta prosedur kerja yang jelas.

5. Alat Pelindung Diri (APD)

   Langkah terakhir dalam hirarki pengendalian risiko adalah pemakaian alat pelindung diri, yaitu perlengkapan yang dikenakan untuk membatasi kontak langsung tubuh dengan potensi bahaya ketika kontrol lain tidak cukup untuk menghilangkan atau mengurangi risiko. Adapun urutan tingkatan pengendalian tersebut dapat dilihat pada gambar hirarki pengendalian risiko di bawah ini.



Gambar 3. 6 Hirarki Pengendalian Risiko

(Sumber: OHSAS 18001:2007)

3.9 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) ini menjadi standar wajib dalam operasional proyek konstruksi untuk menjamin perlindungan tenaga kerja.

3.9.1 Pengertian Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor 05/MEN/1996, Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah sistem manajemen untuk mengurangi risiko di tempat kerja guna mendorong lingkungan kerja yang aman dan produktif.

3.9.2 Manfaat Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Menurut Pangkey (2012), menyatakan bahwa manfaat penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah sebagai berikut.

1. Dengan menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), manajemen perusahaan dapat mengidentifikasi titik-titik kelemahan dalam sistem operasional lebih awal sebelum munculnya gangguan operasional, kecelakaan, insiden atau kerugian lainnya.

2. Dengan menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), perusahaan dapat memperoleh gambaran yang komprehensif dan terperinci tentang bagaimana pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) berjalan dalam organisasi.
3. Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) membantu perusahaan untuk lebih patuh terhadap semua ketentuan dan peraturan keselamatan serta kesehatan kerja yang berlaku, sehingga wajib hukumnya dapat dipenuhi dengan lebih baik oleh perusahaan.
4. Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) bisa meningkatkan wawasan, kesadaran, dan kemampuan karyawan dalam melaksanakan audit Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) secara lebih efektif dan terampil.
5. Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dapat mendorong peningkatan produktivitas kerja karena lingkungan kerja yang lebih aman dan teratur membuat pekerja merasa nyaman, fokus, dan termotivasi untuk bekerja secara optimal.

3.9.3 Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia Nomor 05/MEN/1996, pedoman penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) yang berlaku di Indonesia adalah sebagai berikut.

1. Komitmen dan kebijakan

Pengusaha dan pengurus tempat kerja wajib menetapkan komitmen serta kebijakan mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan mengelola seluruh administrasinya, yang mencakup tiga aspek utama yaitu kepemimpinan, komitmen, dan pelaksanaan tinjauan awal Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), serta perumusan kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) itu sendiri.

2. Perencanaan

   Dalam fase perencanaan ini, ada sejumlah aspek penting yang harus dipertimbangkan dengan cermat sebelum melanjutkan ke tahapan berikutnya.

a. Perencanaan harus mencakup proses mengenali potensi bahaya , mengevaluasi, dan mengendalikan risiko yang mungkin timbul dari aktivitas, produk, barang maupun jasa sebagai bagian dari upaya memenuhi kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja.
b. Kewajiban untuk memenuhi peraturan perundang-undangan berarti memastikan bahwa seluruh ketentuan hukum dan regulasi yang berlaku terkait Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dipatuhi secara konsisten oleh perusahaan.
c. Perusahaan harus merumuskan tujuan dan sasaran yang jelas serta terukur sebagai bagian dari kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk menjadi indikator pencapaian serta arah.
d. Penilaian kinerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) perlu dilakukan dengan menetapkan indikator yang terukur sehingga dapat memberikan informasi yang jelas mengenai sejauh mana pencapaian keberhasilan pelaksanaan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) di lingkungan kerja.
e. Perusahaan perlu menyusun mekanisme pertanggungjawaban serta menyediakan masukan strategis yang jelas untuk memastikan tujuan, sasaran kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang dapat tercapai dengan efektif.
f. Keberhasilan dalam menerapkan dan melaksanakan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) perlu dirumuskan secara jelas dan dilengkapi dengan ukuran-ukuran yang dapat diukur sehingga pencapaian tujuan dan efektivitas Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dapat dinilai secara obyektif.

3. Penerapan

Hal-hal yang harus dipertimbangkan oleh perusahaan dalam tahap ini meliputi beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan secara seksama sebelum melanjutkan ke langkah berikutnya.

a. Jaminan Kemampuan
   1) Sumber daya manusia, fisik, dan finansial

2) Integrasi
3) Tanggung jawab dan tanggung gugat.
4) Konsultasi, motivasi, dan kesadaran.
5) Pelatihan dan keterampilan.

b. Dukungan tindakan
1) Komunikasi
2) Pelaporan
3) Dokumentasi
4) Pengendalian dokumen
5) Pencatatan manajemen operasi

c. Identifikasi sumber bahaya, dan pengendalian risiko
1) Identifikasi sumber bahaya
2) Penilaian risiko
3) Tindakan pengendalian
4) Perencanaan dan rekayasa
5) Pengendalian administrative
6) Tinjauan ulang kontrak
7) Pembelian
8) Prosedur tanggap darurat atau bencana
9) Prosedur menghadapi insiden
10) Prosedur rencana pemulihan

d. Pengukuran dan evaluasi
1) Inspeksi dan pengujian
2) Audit Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)
3) Tindakan perbaikan dan pencegahan

e. Tinjauan oleh pihak manajemen
1) Evaluasi penerapan kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
2) Tujuan, sasaran, dan kinerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
3) Hasil temuan audit Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

4) Evaluasi efektivitas Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3)

3.10 Metode *Event Tree Analysis* (ETA)

Metode *Event Tree Analysis* (ETA) adalah teknik pemodelan logika yang dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif untuk mengevaluasi berbagai kemungkinan hasil yang muncul dari suatu *initial event* (kejadian awal), dengan tujuan menilai apakah kejadian tersebut dapat dikendalikan oleh sistem dan prosedur keselamatan yang ada atau akan berkembang menjadi kecelakaan serius.

Dalam praktiknya, *Event Tree Analysis* (ETA) tidak hanya mengidentifikasi kejadian negatif, akan tetapi juga mengevaluasi peluang yang dapat dicapai melalui strategi pengendalian, baik pencegahan sebelum terjadi (preventif) maupun perlindungan saat bahaya mengancam (protektif).

Dalam penelitian ini, metode *Event Tree Analysis* (ETA) digunakan dalam penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisis risiko untuk mengevaluasi berbagai kemungkinan dampak yang mungkin timbul dari suatu *initial event* (kejadian awal), dengan menggambarkan urutan skenario peristiwa berdasarkan respon sistem atau kegagalannya sehingga membantu menilai konsekuensi yang mungkin terjadi.

3.10.1 Langkah-Langkah Metode *Event Tree Analysis* (ETA)

Menurut Alijoyo (2021), penerapan metode *Event Tree Analysis* (ETA) melibatkan serangkaian tahapan yang harus diikuti secara sistematis untuk memetakan kemungkinan hasil dari suatu peristiwa awal sebagai bagian dari identifikasi dan analisis risiko.

1. Identifikasi peristiwa risiko awal (*initial event*)
   a. Kesalahan manusia
   b. Kegagalan peralatan atau mesin dalam menjalankan fungsinya
   c. Peristiwa eksternal, seperti bencana alam dan lainnya
   d. Kegagalan system
2. Menentukan skenario suatu peristiwa

Setelah peristiwa risiko awal diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah menyusun berbagai skenario penanganan untuk memitigasi kejadian tersebut dan kemudian mengurutkan langkah-langkah pemitigasi tersebut secara horizontal dalam diagram untuk menunjukkan bagaimana peristiwa dapat dikendalikan atau diminimalkan.

3. Untuk setiap langkah mitigasi yang dipilih dalam *Event Tree Analysis* (ETA), perlu ditetapkan nilai probabilitas baik untuk keberhasilan maupun kegagalannya, yang dapat ditentukan berdasarkan estimasi para ahli atau data dari perangkat lunak khusus, penting diingat bahwa probabilitas yang digunakan dalam diagram pohon kejadian bersifat bersyarat, artinya probabilitas suatu kejadian berikutnya tergantung pada kejadian-kejadian sebelumnya dan untuk menghitung probabilitas jalur tertentu, nilai probabilitas keberhasilan dan kegagalan dari tiap langkah dikalikan secara berurutan.
4. Setelah menetapkan probabilitas keberhasilan atau kegagalan setiap tindakan mitigasi, langkah berikutnya adalah memperkirakan besarnya konsekuensi yang mungkin timbul dari masing-masing skenario penilaian dampak ini harus didasarkan pada kriteria dampak yang telah ditetapkan dalam proses manajemen risiko dan didukung oleh data historis serta pendapat para ahli, dan bisa dilakukan melalui pendekatan kualitatif maupun kuantitatif.
5. Melakukan evaluasi dan memberikan rekomendasi

   Setelah menyelesaikan analisis menggunakan *Event Tree Analysis (*ETA), hasil akhirnya harus ditinjau kembali untuk memastikan semua skenario penanganan telah dicakup dan dianalisis dengan benar, serta untuk memilih tindakan mitigasi yang paling efektif dalam mengurangi peluang terjadinya peristiwa risiko dan dampak negatifnya.

3.10.2 Kelebihan *Event Tree Analysis* (ETA)

Adapun kelebihan dari metode *Event Tree Analysis* (ETA) adalah sebagai berikut:

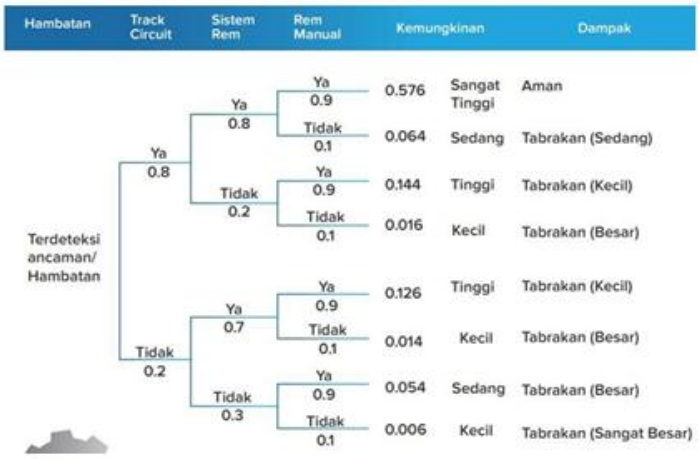
1. Metode *Event Tree Analysis* (ETA) cocok digunakan dalam sistem yang rumit dengan berbagai lapisan proteksi untuk mengevaluasi bagaimana setiap tingkat perlindungan berperan dalam pengendalian risiko setelah suatu *initial event* (kejadian awal) terjadi.

2. Metode *Event Tree Analysis* (ETA) memberikan gambaran visual yang jelas tentang berbagai jalur peristiwa yang mungkin terjadi, sehingga pengguna dapat dengan lebih mudah memahami langkah-langkah mitigasi yang diperlukan dan mengambil keputusan yang lebih tepat untuk mencegah atau mengurangi konsekuensi risiko.
3. Metode *Event Tree Analysis* (ETA) memungkinkan identifikasi dan pemetaan berbagai kemungkinan konsekuensi dari suatu peristiwa awal, sehingga berbagai skenario hasil yang berbeda dapat dianalisis secara sistematis.
4. Meskipun perangkat lunak dapat mempermudah analisis, *Event Tree Analysis* (ETA) juga dapat dilakukan secara manual dengan cara menyusun diagram skenario dan probabilitasnya tanpa harus bergantung pada aplikasi komputer.

3.10.3 Kekurangan *Event Tree Analysis* (ETA)

Meskipun memiliki berbagai kelebihan, metode *Event Tree Analysis* (ETA) juga memiliki beberapa keterbatasan, antara lain sebagai berikut:

1. Metode *Event Tree Analysis* (ETA) tidak mampu menangkap setiap *initial event* (peristiwa awal) risiko secara lengkap, sehingga ada peluang bahwa beberapa kejadian risiko penting tidak teridentifikasi oleh metode ini.
2. Metode *Event Tree Analysis* (ETA) hanya memodelkan keadaan berhasil atau gagal dari setiap elemen sistem, sehingga peristiwa keberhasilan yang tertunda atau proses pemulihan yang kompleks sulit dimasukkan dalam analisisnya.
3. Metode *Event Tree Analysis* (ETA) juga berpotensi membuat analisis terlalu cepat menarik kesimpulan optimis, karena beberapa upaya perlindungan atau penanganan risiko mungkin terlewatkan atau kurang diperhitungkan dalam diagram. Diagram *Event Tree Analysis* (ETA) berikut menggambarkan percabangan kejadian yang mungkin terjadi berdasarkan keberhasilan atau kegagalan sistem pengendalian risiko serta dampaknya.



Gambar 3. 7 Grafik Penggambaran Metode *Event Tree Analysis* (ETA)

(Sumber: Alijoyo, 2021)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian adalah serangkaian langkah yang dirancang untuk menemukan kebenaran penelitian, yang dimulai dengan perumusan masalah dan berakhir pada pembentukan hipotesis. Dengan memanfaatkan pengetahuan sebelumnya, data dikumpulkan, dianalisis, dan diolah hingga dapat ditarik kesimpulan. Intinya, metode penelitian adalah suatu aktivitas sistematis untuk mengumpulkan dan mengolah data agar menghasilkan gambaran menyeluruh tentang permasalahan yang diteliti (Syafrida, 2022).

4.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian kualitatif terdiri dari partisipan yang berkontribusi data melewati wawancara, survei, dan observasi. Subjek dalam penelitian ini adalah para pekerja di proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1.

4.3 Objek Penelitian

Secara umum, objek penelitian adalah fokus utama yang ingin dipelajari, termasuk aspek sosial, perilaku, atau konsep-konsep tertentu yang dianalisis secara sistematis dalam rangka menjawab pertanyaan penelitian atau menguji hipotesis yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2017). Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada penerapan metode *Event Tree Analysis* (ETA) dalam pekerjaan *lifting girder.*

4.4 Data dan Metode Pengumpulan Data

Data merupakan catatan fakta atau informasi yang menjadi dasar dalam pengambilan keputusan atau menarik kesimpulan. Data ini bisa berupa angka, kata, atau simbol yang dikumpulkan menggunakan berbagai teknik penelitian (Sugiyono, 2017). Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dari wawancara dan kuesioner serta data sekunder dari dokumen proyek dan literatur terkait. Agar data tentang objek penelitian diperoleh secara lengkap,

komunikasi dan koordinasi yang baik sangat diperlukan. Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan di Proyek Pembangunan Jalan Tol Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1, dengan objek studi menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA).

1. Data primer

   Data primer dalam sebuah penelitian adalah data yang diperoleh secara langsung dari narasumber atau responden (Syafrida, 2022). Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara, dan kuesioner.

   a. Pengumpulan data melalui wawancara

      Dalam penelitian ini wawancara dilakukan dengan pihak-pihak terkait melalui jawab tanya secara langsung untuk memperoleh informasi yang mendalam.

   b. Pengumpulan data melalui angket atau kuesioner

      Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan memberikan kuesioner kepada responden yang terlibat dalam pekerjaan *lifting girder*.

      Jumlah responden dalam penelitian ini terdiri dari lima teknisi lapangan yang dipilih berdasarkan kriteria, memiliki etos kerja yang kuat serta keterlibatan langsung dalam pelaksanaan pekerjaan *lifting girder*. Jumlah responden yang relatif terbatas disebabkan oleh penelitian menggunakan pendekatan ahli *(expert judgment)*, yang mengarah pada penekanan yang lebih besar pada kualitas, kompetensi, dan pengalaman responden dibandingkan dengan jumlah responden. Oleh karena itu, responden yang dipilih mampu memberikan penilaian yang representatif dan relevan dalam analisis probabilitas pada *Event Tree Analysis* (ETA).

2. Data sekunder

   Data sekunder merupakan data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui pihak ketiga, berbagai artikel, jurnal, dan dokumen (Hikmawati, 2017). Data ini bertanggung jawab untuk memperkuat hasil data primer dan tidak langsung dari responden. Sumber data sekunder pada penelitian ini berupa studi

literatur berupa analisis teori dan referensi yang berhubungan dengan norma, budaya, dan nilai dalam situasi sosial yang sedang dikaji (Sugiyono, 2017).

4.5 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara mengelompokkan data berdasarkan variabel dan kategori responden, membuat tabel data tiap variabel, menyajikan hasil masing-masing variabel, serta melakukan perhitungan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menguji hipotesis (Syafrida, 2022). Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Event Tree Analysis* (ETA) untuk memprediksi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja selama *lifting girder*. Metode ini diimplementasikan dengan menggambarkan rangkaian kejadian suatu risiko awal, menentukan efektivitas prosedur dan sistem keselamatan kerja yang diterapkan, serta menghitung probabilitas terjadinya kecelakaan kerja secara sistematis, terstruktur, dan terukur.

Sedangkan, Penentuan nilai probabilitas dalam analisis *Event Tree Analysis* (ETA) pada penelitian ini didasarkan pada hasil kuesioner *(expert judgment)* yang diberikan kepada responden tersebut. Instrumen kuesioner dalam penelitian ini menggunakan skala likert 1 hingga 5 untuk mengukur persepsi responden guna menilai kemudahan dan efektivitas kerja para praktis, untuk membandingkan hasil penelitian dengan matriks risiko standar nasional, data dikonversi ke dalam parameter probabilitas Kementerian Pekerjaan Umum (Kementerian PU), yang memiliki tujuh tingkat persentase (dari 0,1% hingga 99,9%).

Probabilitas hasil konversi tersebut digunakan sebagai data masukan dalam *Event Tree Analysis* (ETA) atau diagram pohon kejadian. Proses analisis dilakukan dengan mengombinasikan probabilitas keberhasilan dan kegagalan pada setiap tahapan pengendalian keselamatan, dengan tujuan akhir untuk menentukan probabilitas dari setiap skenario dampak kecelakaan kerja.

Hasil analisis risiko yang diperoleh dari metode *Event Tree Analysis* (ETA) ini selanjutnya akan digunakan sebagai dasar utama untuk merekomendasikan penilaian risiko. Pembahasan mendalam mengenai usulan tindakan pencegahan (preventif) dan perbaikan (korektif) akan disajikan pada sub-bab pembahasan.

4.6 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah rangkaian langkah yang disusun secara sistematis dan terstruktur untuk melaksanakan proses penelitian dari awal hingga selesai.

Kerangka berpikir, meliputi:

1. Fokus dan tujuan penelitian

   Penelitian ini menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja pada pekerjaan *lifting girder*. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi potensi kecelakaan, menganalisis kemungkinan terjadinya kecelakaan, dan menilai efektivitas strategi mitigasi.

2. Studi literatur

   Studi literatur dilakukan untuk memperoleh dasar teori terkait risiko kecelakaan kerja, metode *Event Tree Analysis* (ETA), konsep Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang digunakan sebagai dasar analisis.

3. Pengumpulan data

   Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan:

   a. Data primer: wawancara dan kuesioner kepada teknisi proyek untuk memperoleh informasi tentang strategi mitigasi dan nilai probabilitas kejadian.
   b. Data sekunder: studi literatur berupa jurnal dan dokumen pendukung yang relevan.

4. Analisis data menggunakan *Event Tree Analysis* (ETA)

   Tahapan analisis disajikan sesuai alur *flowchart* sebagai berikut.

   1. Menentukan risiko awal

      Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, risiko awal diartikan sebagai kejadian *girder* pada saat proses *lifting*.

   2. Merancang skenario mitigasi

      Menentukan langkah-langkah pengendalian seperti penggunaan koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder*, *bearing pad*, kesiapan area pemasangan, pemeriksaan, verifikasi alat dan uji beban (*load test*),

pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pelindung Kerja (APK), dan pengawasan kondisi serta jam kerja personel.

3. Menentukan konsekuensi

   Mengidentifikasi potensi dampak, seperti dampak ringan, sedang, dan berat.

4. Menentukan probabilitas kejadian

   Nilai probabilitas diperoleh dengan menggunakan hasil kuesioner untuk menentukan kemungkinan keberhasilan atau kegagalan setiap langkah mitigasi.

5. Menyusun diagram *Event Tree Analysis* (ETA)

   Hasil analisis disajikan dalam bentuk diagram *Event Tree Analysis* (ETA) untuk menggambarkan alur kejadian dan kemungkinan dampaknya.

6. Evaluasi dan rekomendasi

   Evaluasi hasil analisis untuk menentukan langkah mitigasi yang paling efektif.

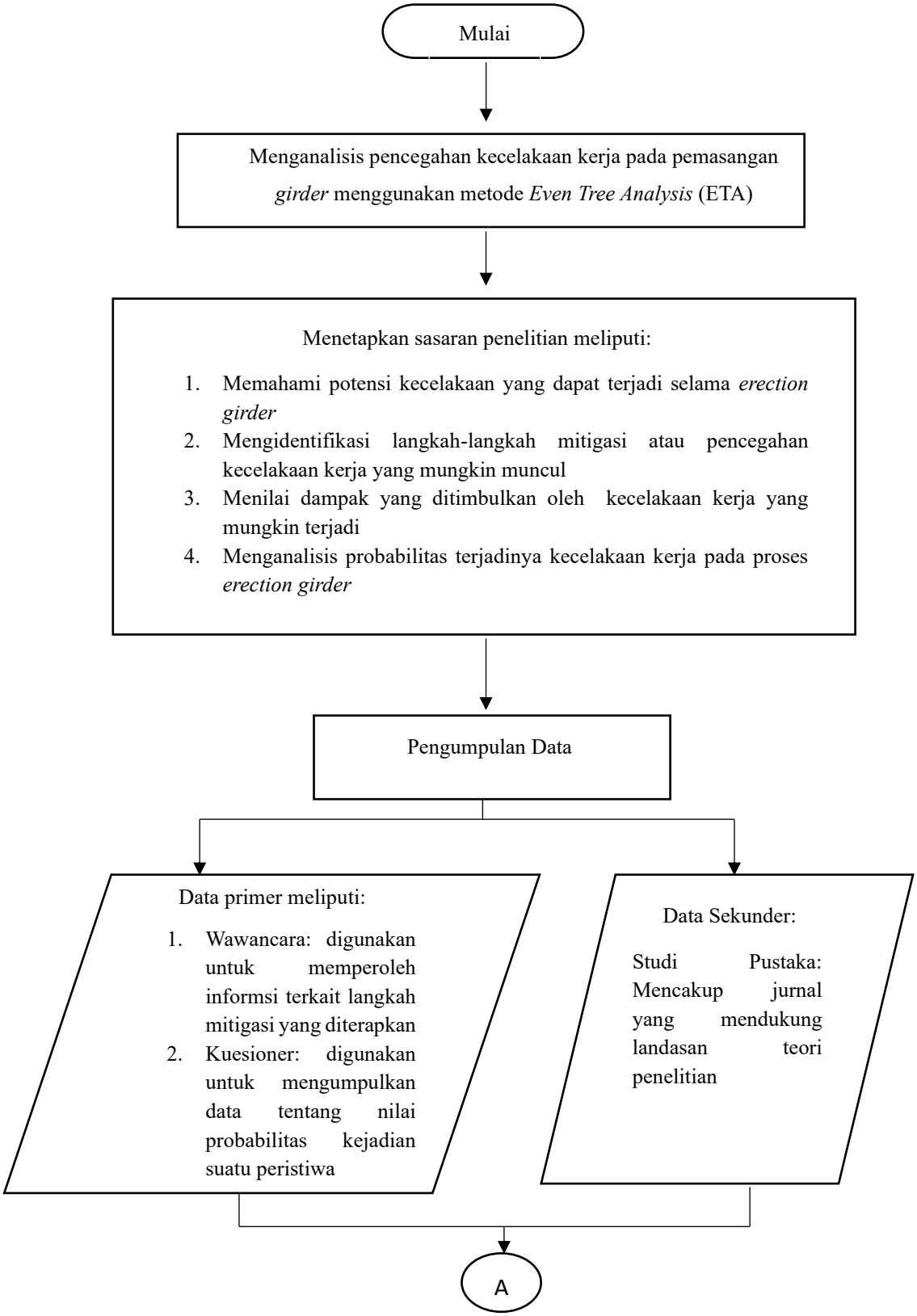
5. Verifikasi oleh ahli Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

   Hasil analisis diverifikasi oleh ahli Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk memastikan keselarasan dengan standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Jika hasilnya tidak konsisten, dilakukan perbaikan pada analisis hingga kriteria yang ditentukan terpenuhi.

6. Pembahasan dan kesimpulan

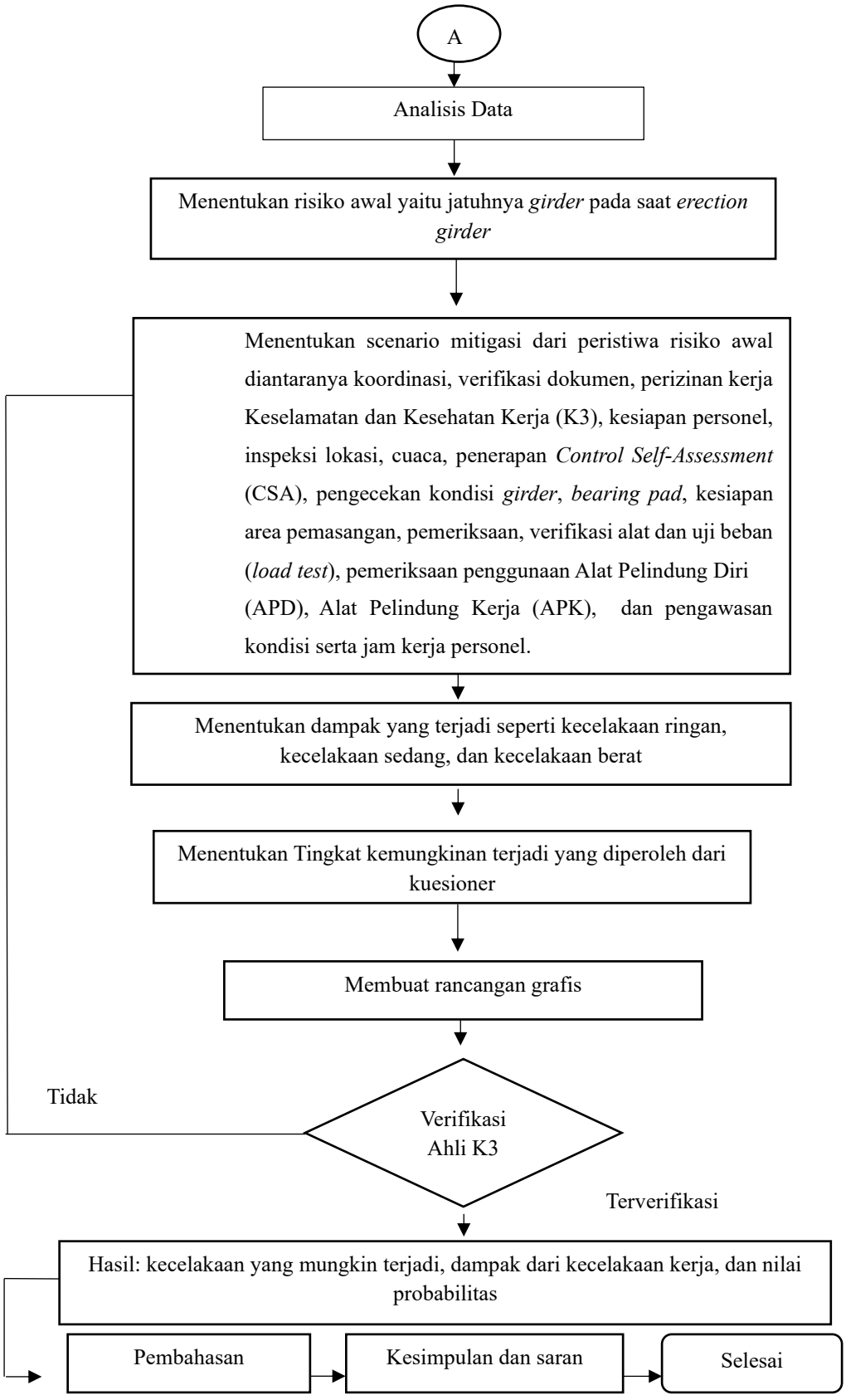
   Hasil analisis dibahas untuk menjawab tujuan penelitian, dilanjutkan dengan kesimpulan dan rekomendasi terkait upaya pencegahan kecelakaan kerja pada pekerjaan *lifting girder*.

Bagan alir pelaksanaan Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Bagan Alir Tugas Akhir

Bagan alir pelaksanaan Proposal Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Bagan Alir Proposal Tugas Akhir

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menerapkan metodologi studi kasus pada proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1. Lokasi Proyek tersebut memanjang dari Desa Purwomartani sampai dengan Monjali STA 42+375 s/d 51+800. Pembangunan jalan tol tersebut dimulai pada tahun 2024 dan masih berlangsung hingga saat ini.

Pengumpulan data primer untuk penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik wawancara mendalam bersama pihak praktisi PT. Jasamarga Jogja Solo. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh data kualitatif komprehensif mengenai kondisi lapangan. Tujuan wawancara ini adalah untuk mengidentifikasi potensi kecelakaan kerja yang mungkin timbul selama proses *lifting girder*, serta untuk menerapkan strategi mitigasi yang telah dilakukan untuk mengurangi risiko tersebut pada proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1. Untuk memastikan kredibilitas informasi, data diperoleh langsung dari narasumber yang kompeten, yaitu Bapak Ali Tugiono, yang memegang posisi sebagai *Health, Safety, and Environment* (HSE) di proyek tersebut. Keterlibatan aktif beliau dalam pengawasan teknis harian memberikan validitas yang kuat terhadap data risiko dan mitigasi yang dianalisis.



Gambar 5. 1 Lokasi Penelitian

(Sumber: PT. Jasamarga Jogja Solo)

5.2 Pekerjaan *Lifting Girder* di Lokasi Penelitian

Salah satu elemen struktural utama adalah *girder*, yang berfungsi sebagai massa horizontal balok yang memikul dan mendistribusikan beban hidup atau mati dari pelat lantai jembatan menuju sub-struktur di bawahnya, seperti *pierhead*, kolom, dan pondasi. Selama *lifting girder* berlangsung, struktur *girder* ini disusun memanjang untuk menjembatani dua tumpuan utama, baik antara abutmen, *pierhead,* atau kombinasi keduanya. Berdasarkan hasil wawancara menggunakan narasumber dan observasi langsung di lapangan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1, jatuhnya komponen *precast* saat pengangkatan (*lifting)* merupakan jenis pekerjaan berisiko tinggi.

Konsekuensi dari risiko ini sangat fatal dapat mengakibatkan kegagalan struktur secara keseluruhan selain itu, memicu korban jiwa. Meskipun identifikasi bahaya tersebut memiliki tingkat signifikansi yang tinggi, observasi data historis menunjukkan bahwa tidak terjadi kecelakaan selama pelaksanaan pekerjaan ini di lokasi proyek.

5.3 Analisis Data

Tahapan penelitian ini diawali dengan identifikasi potensi kecelakaan terkait pekerjaan pengangkatan (*lifting girder)* sebagai *initial event* (kejadian awal). Selanjutnya dilakukan pengumpulan informasi (*inventarisasi)* terhadap langkah-langkah mitigasi yang telah diterapkan pada proyek tersebut. Berdasarkan data yang diperoleh berupa mitigasi dan kecelakaan, kemudian menyusun analisis diagram struktur pohon kejadian (*Event Tree Analysis*), dimana *initial event* (kejadian awal) dicatat pada bagian dasar dan dikembangkan menjadi beberapa cabang (*representatif)* sesuai dengan kemungkinan hasil yang mungkin terjadi. Setelah memperoleh akar dan percabangan tersebut, langkah selanjutnya adalah menghitung probabilitas setiap jalur konseptual untuk menentukan tingkat risiko serta efektivitas sistem kendali yang ada. Data probabilitas dalam penelitian ini diperoleh secara langsung melalui kuesioner penyebaran kepada pihak-pihak terkait. Instrumen penelitian ini diberikan kepada lima teknisi lapangan yang bekerja pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1. Metode ini digunakan untuk melakukan sinkronisasi dan memvalidasi probabilitas terjadinya risiko di lapangan berdasarkan praktik masa lalu. Tujuan penelitian ini adalah untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan meningkatkan kondisi keseluruhan proyek. Tabel 5.1 berikut menampilkan identitas dan latar belakang kelima responden.

Tabel 5. 1 Identitas dan Latar Belakang Responden

Nama	**Gender Responden**	**Tingkat pendidikan**	**Posisi Jabatan**	**Lama Bekerja**
Farid	Laki-laki	S2	Inspektor Konsultan K3	15
Bachtiar	Laki-laki	SMA	Logistik	10
Bayu	Laki-laki	S1	Rigger	7
Ali Tugiono	Laki-laki	S1	HSE (*Health, Safety, and Environment)*	11
Mutaqim	Laki-laki	S1	Pelaksana	8

5.4 Pelaksanaan *Event Tree Analysis*

5.4.1 Mengidentifikasi Kejadian Pemicu Terjadinya Kegagalan

Penerapan metode *Event Tree Analysis* (ETA) harus diikuti dengan kejadian pemicu (*initiating event*). Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1. Pekerjaan *lifting girder* dievaluasi secara langsung untuk menentukan seluruh spektrum potensi bahaya dan risiko di lapangan. Berdasarkan kombinasi observasi empiris dan konfirmasi narasumber ahli di lokasi proyek, penelitian ini menunjukkan bahwa fokus utama analisis adalah insiden jatuhnya *girder* selama proses *lifting*.

5.4.2 Penyusunan Skenario Mitigasi Berdasarkan Peristiwa Risiko Awal (*Initiating Event*)

Secara konseptual, mitigasi mengacu pada langkah-langkah strategis yang diimplementasikan untuk meminimalkan, mengantisipasi, dan mengendalikan risiko kecelakaan di lingkungan kerja. Fokus utama dari penerapan tersebut adalah dapat memastikan bahwa semua aktivitas operasional dilakukan secara efisien dan aman.

Bagian ini membahas strategi mitigasi yang berfokus pada *initial event* (kejadian awal), dengan penekanan pada risiko sepanjang proses *lifting girder*. Intervensi yang disebutkan di atas dianggap sebagai kejadian kritis yang mewakili kerangka umum dalam mengurangi dan meminimalkan risiko kecelakaan kerja. Selanjutnya, setiap kejadian penting dianalisis ulang secara metodis untuk menentukan keberhasilan atau kegagalan fungsi mitigasi yang diterapkan. Untuk memastikan validitas analisis, tindakan mitigasi ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui komunikasi langsung dengan praktisi lapangan di lokasi proyek.

Tujuan dari penetapan mitigasi ini adalah untuk menekan probabilitas risiko dan mempermudah proses penyajian data (*visualisasi*) skenario dalam diagram pohon kejadian. Strategi mitigasi ini diutamakan sebagai upaya mencegah (*preventif*) untuk meminimalisir kecelakaan kerja, terutama guna mengurangi risiko terjadinya korban jiwa seperti jatuhnya *girder* selama proses instalasi berlangsung. Melalui pengintegrasian mitigasi ke dalam diagram pohon kejadian, kronologi dari waktu *initial event* (kejadian awal) hingga konsekuensi akhir dapat dipetakan. Evaluasi ini memungkinkan peneliti untuk memeriksa titik-titik kritis di mana tindakan pencegahan laju risiko berhasil, atau sebaliknya, di mana upaya mitigasi dapat menghasilkan dampak yang lebih merusak. Hasilnya, efektivitas setiap parameter keselamatan dapat dievaluasi secara visual dan terukur.

Data primer yang diperoleh dengan menggunakan narasumber ahli pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1, menunjukkan adanya beberapa skenario mitigasi yang efektif. Upaya ini adalah untuk mengurangi kemungkinan terjadinya insiden fatal selama proses *lifting*

girder. Beberapa rincian tindakan mitigasi yang dapat di rumuskan adalah sebagai berikut.

1. Koordinasi dan verifikasi dokumen

   Pelaksanaan rapat koordinasi (*pre-job briefing*) yang mencakup tim proyek, pengawas Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), dan subkontraktor dirancang khusus untuk menyamakan persepsi, mengidentifikasi potensi bahaya, dan menentukan metode kerja pelaksanaan *lifting girder* di lapangan. Rapat ini dibarengi dengan proses verifikasi dokumen secara ketat untuk memeriksa kembali dan memastikan bahwa seluruh dokumen teknis, mulai dari *Job Safety Analysis* (JSA), izin kerja (*Permit to Work*), hingga metode pengangkatan (*lifting plan*), telah mendapatkan persetujuan (*approved*) resmi dari pihak manajemen konstruksi dan pemilik proyek. Koordinasi integratif dan validasi administratif merupakan langkah krusial dalam meminimalisir risiko miskomunikasi sektoral serta mencegah malapraktik operasional di area kerja. Dengan memastikan bahwa seluruh ketentuan prosedural telah terpenuhi dan disepakati oleh semua pihak sebelum dimulainya aktivitas fisik, manajemen proyek dapat menciptakan garis pertahanan pertama yang kokoh dalam memotong potensi eskalasi bahaya fatal selama proses *lifting girder* berlangsung.
2. Perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), dan kesiapan personel

   Pelaksanaan *toolbox meeting*, penyelesaian dokumen izin kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), serta sertifikasi kelayakan kerja (*fit to work*) bagi seluruh pekerja *lifting girder* dipadukan ke dalam satu tahapan proses kerja pada pagi hari sebelum aktivitas konstruksi berlangsung. Kegiatan ini bertujuan untuk memastikan efisiensi waktu koordinasi dan validitas data, dimana seluruh rangkaian aktivitas dilaksanakan secara sistematis, dimulai dari pemeriksaan kesehatan dasar oleh tenaga medis. Pekerja yang dinyatakan sehat kemudian mengikuti agenda *toolbox meeting* guna menerima pengarahan teknis, pembagian tugas, serta sosialisasi potensi bahaya berdasarkan *Job Safety Analysis* (JSA), hingga dokumen perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dapat ditandatangani bersama oleh pengawas lapangan, *safety officer*, dan manajemen sebagai otoritas resmi atau lampu hijau.

3. *Inspeksi* lokasi area, cuaca, dan penerapan *Control Self-Assessment* (CSA)
   Pelaksanaan *inspeksi* lokasi kerja dilakukan secara integrasi dengan pemantauan faktor cuaca dan pembuatan dokumen *Control Self-Assessment* (CSA) sebagai bagian dari memberikan aspek keselamatan lingkungan sebelum proses *lifting girder* berlangsung. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan fisik area untuk menjamin kestabilan tanah dan keberadaan sumber air, yang kemudian dilakukan verifikasi secara mandiri menggunakan instrumen *Control Self-Assessment* (CSA) guna mengetahui kelayakan kondisi tanah secara keseluruhan. Bersamaan dengan proses ini, pengukuran parameter cuaca secara *real time* dilakukan menggunakan anemometer untuk memastikan kecepatan angin di area proyek berada di bawah batas aman maksimum, yaitu 30 km/jam atau 8 m/s. Jika hasil pemeriksaan melampaui batas tersebut atau evaluasi *Control Self-Assessment* (CSA) mengindikasikan adanya bahaya, maka sistem kontrol manajemen keselamatan wajib harus menyatakan kondisi tidak aman serta menunda seluruh aktivitas.
4. Pengecekan kondisi g*irder*, *bearing pad*, dan kesiapan area pemasangan
   Aktivitas pengecekan kondisi fisik *girder* dilakukan secara menyeluruh untuk memastikan kualitas material sebelum instruksi pengangkatan final. Pada bagian ini, pemeriksaan teknis mikro berfokus pada pemastian kualitas fisik beton *girder* agar terbebas dari retakan struktur, serta posisi dan dimensi bantalan tumpuan (*bearing pad*). Rangkaian evaluasi ini ditutup pada *inspeksi* menyeluruh terhadap seluruh area landasan pilar (*pierhead*) atau *abutmen* untuk memastikan bahwa seluruh ruang pemasangan telah bersih dari material sisa, rata elevasinya, 100% siap menerima beban *girder* serta bebas dari cacat, sehingga meminimalisir risiko pergeseran atau kegagalan tumpuan struktur saat proses *lifting* berlangsung.
5. Pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya
   Pemeriksaan dan pengujian terhadap seluruh peralatan alat angkat-angkut dan alat bantu angkatnya (*lifting girder*) dilakukan secara menyeluruh untuk memastikan kelayakan operasional dan mekanis mesin digunakan di lapangan. Dalam hal ini, rangkaian uji teknis harus dilakukan secara legal oleh tenaga ahli

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bidang pesawat angkat dan pesawat angkut yang bersertifikat atau oleh Perusahaan Jasa Keselamatan dan Kesehatan Kerja (PJK3) yang telah mendapat izin dari Kementerian Ketenagaan. Proses verifikasi meliputi pemeriksaan struktur visual alat, pengujian fungsi sistem hidrolik dan pengereman, serta validasi dokumentasi kerja, seperti Surat Izin Alat (SIA) yang masih aktif, sehingga seluruh kapasitas alat angkat aman, dinyatakan valid dan bebas risiko kegagalan mekanis yang fatal.

6. Uji beban (*load test*)

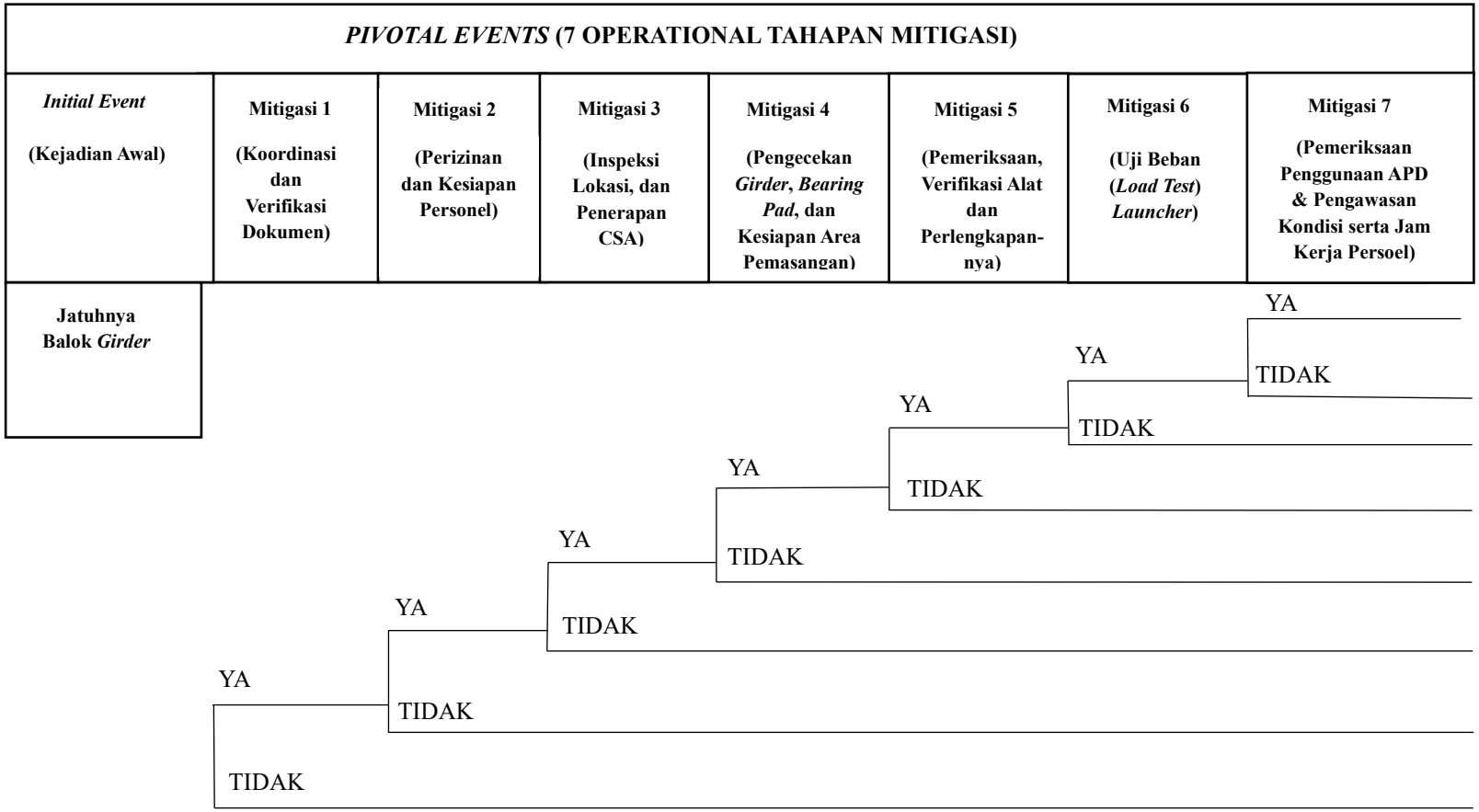
   Pelaksanaan uji beban (*load test*) dilakukan sebagai tahapan pengujian dinamis dan statis yang krusial untuk memvalidasi kinerja aktual dan kapasitas angkat aman (*safe working load*) dari alat berat sebelum eksekusi pekerjaan kritis. Dalam hal ini, *crane* diberi beban tinggi biasanya berkisar antara 100% hingga 125% dari kapasitas maksimum yang direncanakan untuk memastikan stabilitas struktural, stabilitas tumpuan, sistem hidrolik, dan pengereman. Melalui rangkaian pengujian yang terukur ini, segala jenis anomali mekanis atau penurunan struktural dapat dideteksi sejak awal, sehingga legalitas operasional alat dapat dipertanggungjawabkan dan risiko kecelakaan kerja akibat kegagalan kapasitas angkat saat mengangkan beban material utama dapat dieliminasi sepenuhnya.

7. Pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pelindung Kerja (APK), pengawasan kondisi, dan jam kerja personel

   Pemeriksaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Alat Pelindung Kerja (APK) dilakukan secara bersamaan dengan pengawasan tingkat daya tahan (*endurance*) fisik pekerja melalui jam kerja yang ketat selama aktivitas konstruksi berlangsung. Dalam pelaksanaan tahapan ini, tim Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) melakukan *inspeksi* menyeluruh di area kerja untuk memastikan bahwa seluruh pekerja telah memahami standar Alat Pelindung Diri (APD) seperti helm *safety*, *body harness*, dan *safety shoes*, serta Alat Pelindung Kerja (APK) seperti *barikade* dan jaring pengaman dalam keadaan baik. Selain itu, pemantauan kondisi kerja fisik dilakukan secara berkala dengan fokus pada jam kerja yang aman guna mencegah kelelahan ekstrem. Melalui penerapan waktu

istirahat yang teratur dan pembatasan durasi kerja lembur, tingkat konsentrasi saat bekerja dapat ditingkatkan, sehingga mengurangi risiko cedera akibat gangguan fisik maupun risiko kecelakaan akibat kelalaian fisik di area kerja.

Dalam pelaksanaan Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1, kontraktor utama menggunakan peraturan perundang-undangan standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan ketetapan departemen yang berwenang. Adapun efektivitas mitigasi risiko menggunakan analisis kejadian pohon disajikan di bawah ini.



Gambar 5. 2 Diagram Mitigasi Risiko Jatuhnya Balok Girder Menggunakan Metode *Event Tree Analysis* (ETA)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

5.4.3 Menganalisis Dampak Potensi yang Timbul

Dampak akibat jatuhnya *girder* saat *lifting girder* dapat mencakup cedera di tempat kerja, kerusakan peralatan, kerusakan *girder*, keterlambatan pekerjaan, serta kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja yang serius atau bahkan kematian. Tingkat dampaknya bergantung pada efektivitas langkah-langkah mitigasi yang diterapkan dan situasi saat insiden terjadi. Oleh karena itu, dampak dari setiap skenario harus diidentifikasi untuk menentukan potensi tingkat keparahannya apabila insiden awal tidak dapat dipastikan.

Berdasarkan hasil identifikasi, dampak kecelakaan pada penelitian ini dibagi menjadi tiga kondisi yaitu aman, sedang, dan berat kecelakaan. Kondisi aman menunjukkan bahwa upaya mitigasi dapat mencegah dampak kecelakaan terhadap pekerjaan. Kecelakaan kerja sedang menunjukkan bahwa meskipun kejadian menyebabkan cedera atau gangguan pada pekerja, dampaknya masih dapat dikurangi. Sebaliknya, kecelakaan kerja berat menunjukkan bahwa kejadian tersebut dapat mengakibatkan cedera serius, kehilangan fungsi anggota tubuh, kerugian besar terhadap pekerjaan, hingga kemungkinan kematian.

Dalam pekerjaan *lifting girder*, insiden terkait *girder* diklasifikasikan memiliki potensi dampak tinggi karena *girder* memiliki berat dan ukuran yang besar, serta proses pengangkatannya memengaruhi pekerjaan dan peralatan. Jika langkah-langkah mitigasi yang tepat diterapkan, kemungkinan berkembangnya insiden dapat dikurangi, sehingga menghasilkan kondisi akhir yang aman. Sebaliknya, jika beberapa strategi mitigasi gagal, insiden tersebut dapat berkembang menjadi insiden dengan tingkat keparahan sedang atau bahkan berat.

Dampak penilaian yang telah disebutkan sebelumnya kemudian dikombinasikan dengan tujuan mitigasi yang telah ditetapkan. Setiap strategi mitigasi memiliki dua kemungkinan yaitu, ya untuk mitigasi yang berhasil dan tidak untuk mitigasi yang tidak berhasil. Kombinasi antara keberhasilan dan kegagalan dari setiap mitigasi menghasilkan jalur kejadian yang berbeda. Selanjutnya, setiap jalur tersebut berujung pada kecelakaan kerja dengan tingkat keparahan aman, sedang, atau berat.

Menurut Tjandra (2008), kecelakaan kerja merupakan suatu jenis kecelakaan yang terjadi pada saat seseorang sedang bekerja selain itu, adalah peristiwa yang tidak direncanakan yang disebabkan oleh tindakan lalai, keadaan lalai, atau keadaan kedua.

1. Kecelakaan kerja ringan

   Kecelakaan kerja ringan ini adalah suatu jenis kejadian di tempat kerja yang dapat berkembang secara singkat (selama kurang dari dua jam) atau langsung, dapat juga terjadi pada hari tersebut tanpa mengganggu aktivitas pekerjaan. Contoh pada kategori ini adalah terpeleset, tergores, terkena pecahan kaca, terjatuh, dan terkilir.

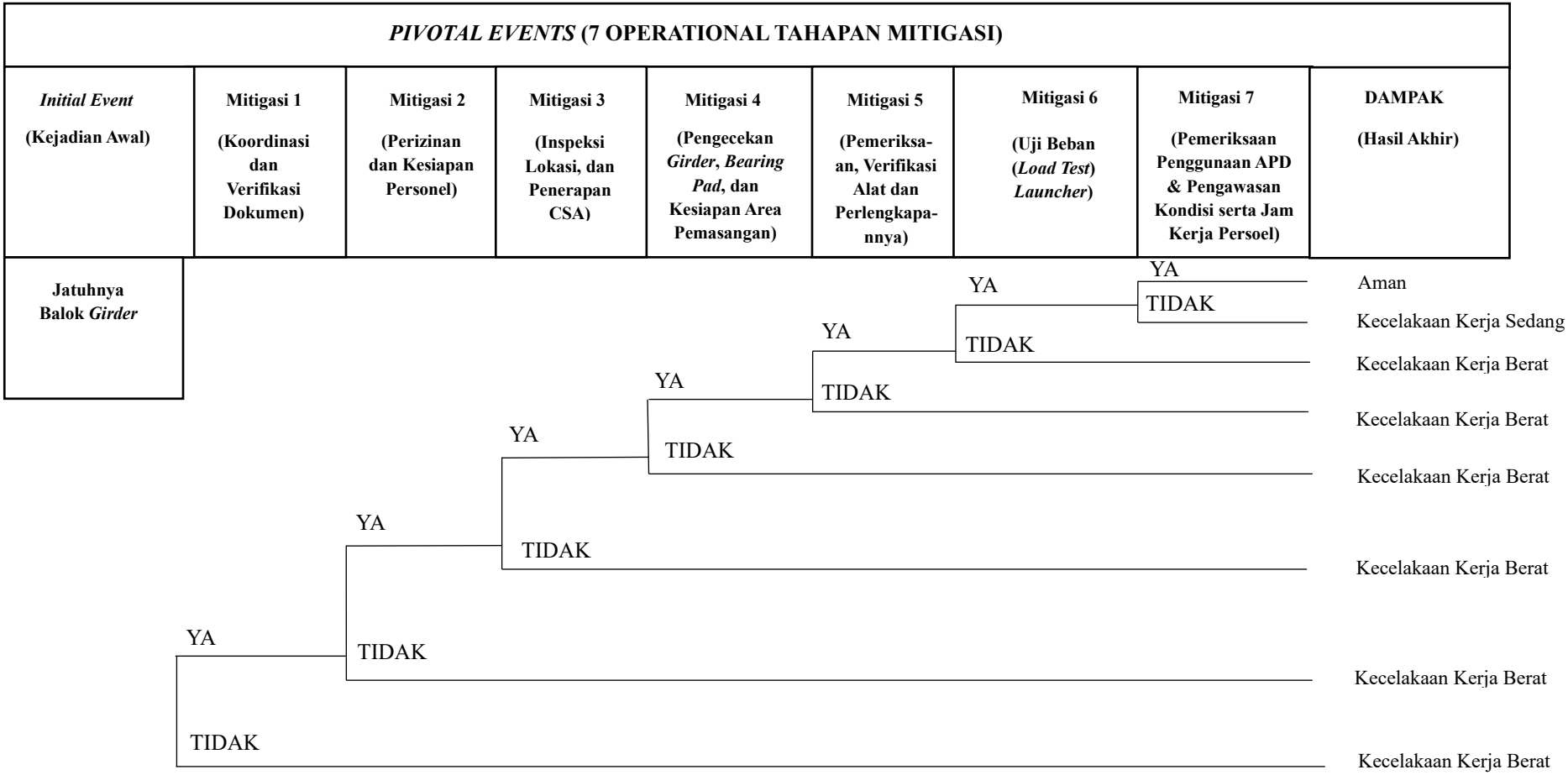
2. Kecelakaan kerja sedang

   Insiden ini diklasifikasikan sebagai kecelakaan sedang jika seorang pekerja mengalami cedera yang memerlukan medis dan istirahat selama lebih dari dua jam. Ini adalah sementara pemulihan, di mana pekerja dapat kembali berproduktifitas setiap hari setelah periode dua jam tersebut.

3. Kecelakaan kerja berat

   Jika cedera di tempat kerja menyebabkan kematian dan disfungsi organ pada pekerja, maka harus diklasifikasikan ke dalam kategori yang berbeda. Situasi ini memengaruhi kemampuan seluruh tenaga kerja untuk melanjutkan pekerjaan mereka, yang mengakibatkan terjadinya kehilangan mata pencaharian.

Evaluasi struktural terhadap insiden jatuhnya *girder* saat *lifting girder* dilakukan menggunakan metode analisis pohon kejadian, atau yang juga dikenal sebagai *Event Tree Analysis* (ETA), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Penilaian Tingkat Keparahan Dampak Menggunakan Metode *Event Tree Analysis* (ETA)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan Gambar 5.3 di atas, Menggambarkan struktur penalaran logis dari sistem pertahanan berlapis pada operasi *lifting girder* ini digambarkan melalui 7 tahapan operasional mitigasi (*pivotal events*) yang berfungsi mengendalikan potensi bahaya awal (*initial event*) dengan menggunakan skema logika biner, kondisi ya untuk mitigasi yang berhasil dan tidak untuk mitigasi yang tidak berhasil, jika tahapan tersebut gagal dieksekusi. Berdasarkan diagram alur kerja dari kiri ke kanan, sistem pengendalian manajemen dimulai dengan koordinasi antarpekerja dan verifikasi dokumen (Mitigasi 1), perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan kesiapan personel (Mitigasi 2), *inspeksi* lokasi, area, cuaca, dan penerapan *Control Self-Assessment* (CSA) (Mitigasi 3), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* dan kesiapan area pemasangan (Mitigasi 4), pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya (Mitigasi 5), uji beban (*load test*) (Mitigasi 6) secara langsung meruntuhkan perlindungan keselamatan dan berujung pada dampak fatal berupa kecelakaan kerja berat karena berkaitan langsung dengan integritas struktural yang mencakup makro. Sebaliknya, jika kegagalan hanya terjadi pada fase hilir, yang berkaitan dengan pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), pengawasan kondisi dan jam kerja pada (Mitigasi 7), dampak akhir dapat disebut sebagai "kecelakaan kerja sedang" karena parameter teknis peralatan dan material telah dipastikan aman dan benar pada tahap sebelumnya, sehingga menghasilkan hasil visual dari metode *event tree analysis* (ETA) ini menegaskan bahwa kondisi aman sebagai hasil yang ideal, hal ini hanya dapat dicapai melalui pemenuhan kesempurnaan operasional di seluruh lapisan tahapan, tanpa toleransi kelalaian kecil sedikit pun.

5.4.4 Menghitung Nilai Probabilitas di Setiap Konsekuensi Percabangan

Setelah mengidentifikasi risiko awal, melakukan mitigasi, dan meredam dampaknya menggunakan diagram *Event Tree Analysis* (ETA) di atas, langkah selanjutnya adalah menghitung probabilitas terjadinya kegagalan kerja. Estimasi probabilitas ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya suatu peristiwa melalui penerapan strategi mitigasi yang telah direncanakan. Nilai probabilitas dapat ditentukan berdasarkan data historis, penilaian ahli, atau standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang valid, data ini kemudian digunakan

untuk menetapkan tingkat risiko akhir serta memudahkan manajemen dalam menentukan prioritas lokasi pengendalian bahaya. Melalui pendekatan ini, fokus kajian dispesifikasikan pada fenomena jatuhnya balok *girder* selama proses *lifting girder* berlangsung.

Penentuan nilai probabilitas untuk setiap skenario dalam penelitian ini didasarkan pada data primer yang diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada para praktisi lapangan dalam pekerjaan *lifting girder*. Instrumen kuesioner yang diberikan kepada responden mengacu pada standar deskripsi verbal *verbal descriptors* yang diadopsi dari Kementerian Pekerjaan Umum (2021). Tujuan penggunaan deskripsi verbal yang dikonversi ke dalam skala numerik ini adalah untuk mengestimasi kemungkinan terjadinya kegagalan operasional, khususnya ketika menangani data historis atau data statistik yang relevan dengan proyek tersebut. Melalui pendekatan berbasis penilaian ahli ini, ketidakpastian parameter terkait pohon kerjadian dapat diminimalisir, sehingga menghasilkan model risiko yang lebih objektif dan kontekstual. Dengan demikian, data yang diperoleh tidak sekadar bersifat teoretis, melainkan juga mampu menggambarkan kondisi terkini serta dinamika lingkungan kerja. Berikut adalah tabel angka deskripsi yang sering disebut sebagai *verbal descriptors* yang digunakan sebagai acuan penilaian:

Tabel 5. 2 Deskripsi Verbal

Diskripsi Verbal	**Probabilitas Persen (%)**	**Nilai Desimal (*P*)**	**Nilai Desimal Kebalikan (1-*P*)**
Pasti (*virtually certain)*	99.9%	0.999	0.001
Sangat mungkin (*very likely*)	99%	0.990	0.010
Mungkin (*likely*)	90%	0.900	0.100
Sedang (*neutral*)	50%	0.500	0.500

Lanjutan Tabel 5.3 Deskripsi Verbal

Diskripsi Verbal	**Probabilitas Persen (%)**	**Nilai Desimal (*P*)**	**Nilai Desimal Kebalikan (1-*P*)**
Tidak mungkin (*unlikely*)	10%	0.100	0.900
Sangat tidak mungkin (*very unlikely)*	1%	0.010	0.990
Mustahil (*virtually impossible*)	0.1%	0.001	0.999

(Sumber: Permen PUPR No. 10, 2011)

Data primer diperoleh dari hasil analisis kuesioner yang dilakukan oleh tenaga ahli dan pelaksana pekerjaan *lifting girder* di lapangan, yang kemudian disajikan secara terstruktur dalam tabel di bawah ini:

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Data Hasil Kuesioner

Kondisi Fundamental Penyebab Insiden	**Probabilitas**									
	Responden 1		**Responden 2**		**Responden 3**		**Responden 4**		**Responden 5**	
	Ya	**Tidak**	**Ya**	**Tidak**	**Ya**	**Tidak**	**Ya**	**Tidak**	**Ya**	**Tidak**
Initial Event										
- Jatuhnya *girder* pada saat pekerjaan *lifting girder* berlangsung	90,0%	10,0%	90,0%	10,0%	90,0%	10,0%	99,0%	1,0%	90,0%	10,0%
Pivotal Event										
- Koordinasi dan verifikasi dokumen	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%
- Perizinan kerja K3 dan kesiapan personil	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%

Lanjutan Tabel 5.4 Rekapitulasi Data Hasil Kuesioner

Kondisi Fundamental Penyebab Insiden	**Probabilitas**									
	Responden 1		Responden 2		Responden 3		Responden 4		Responden 5	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
- Inspeksi lokasi, cuaca, dan penerapan CSA	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%
- Pengecekan kondisi *girder, bearing pad*, dan kesiapan area pemasangan	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%

Lanjutan Tabel 5.4 Rekapitulasi Data Hasil Kuesioner

Kondisi Fundamental Penyebab Insiden	**Probabilitas**									
	Responden 1		Responden 2		Responden 3		Responden 4		Responden 5	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
- Pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%
- Uji beban (*load test*)	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%
- Pemeriksaan penggunaan APD, pengawasan kondisi, serta jam kerja personel	99,9%	0,1%	99,0%	1,0%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,1%

Setelah pengumpulan data kuesioner, langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata penilaian responden, yang kemudian dikonversi menjadi probabilitas kecelakaan kerja dan mitigasi menggunakan kriteria berikut berdasarkan standar Kementerian PU:

Nilai rata-rata probabilitas kejadian *initial event*

$$= \frac{Responden_1 + Responden_2 + Responden_3 + Responden_4 + Responden_5}{5}$$

$$= \frac{90{,}0\% + 90{,}0\% + 90{,}0\% + 99{,}0\% + 90{,}0\%}{5}$$

= 91,80%

Nilai rata-rata probabilitas tidak terjadinya *initial event*

$$= \frac{Responden_1 + Responden_2 + Responden_3 + Responden_4 + Responden_5}{5}$$

$$= \frac{10{,}0\% + 10{,}0\% + 10{,}0\% + 1{,}0\% + 10{,}0\%}{5}$$

= 8,20%

Tabel di bawah ini menyajikan rekapitulasi nilai probabilitas akhir yang diperoleh berdasarkan hasil analisis kuesioner oleh lima responden pekerja.

Tabel 5. 4 Indeks Probabilitas Terjadinya Insiden Dasar Beserta Tingkat Keberhasilan Sistem Pengendalian Risiko

No	Kondisi Fundamental Penyebab Insiden	Probabilitas	
		Responden	
		Ya	Tidak
1	*Initial Event*		
	- Jatuhnya *girder* pada saat pekerjaan *lifting girder* berlangsung	91,80%	8,20%
2	*Pivotal Event*		
	- Koordinasi dan verifikasi dokumen	99,9%	0,1%
	- Perizinan dan kesiapan personel	99,9%	0,1%
	- Inspeksi lokasi, cuaca, dan penerapan CSA	99,9%	0,1%
	- Pengecekan kondisi *girder*, *bearing pad*, dan kesiapan area pemasangan	99,9%	0,1%
	- Pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya	99,9%	0,1%
	- Uji beban (*load test*)	99,9%	0,1%
	- Pemeriksaan penggunaan APD, pengawasan kondisi, serta jam kerja personel	99,72%	0,28%

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa nilai probabilitas terjadinya kejadian awal (*initial event)* terjadi sebesar 91,80%, sedangkan nilai probabilitas tidak terjadinya kejadian awal (*initial event)* hanya sebesar 8,20%. Oleh karena itu, penerapan langkah mitigasi dan kedisiplinan

terhadap peraturan kerja bagi pekerja di lapangan menjadi aspek krusial yang tidak dapat diabaikan dalam pelaksanaan pekerjaan *lifting girder*.

Langkah selanjutnya setelah menentukan probabilitas kejadian awal (*initial event)* serta mitigasinya adalah memasukkan nilai probabilitas tersebut ke dalam analisis diagram pohon kejadian. Probabilitas setiap mitigasi akan dikalikan dan ditentukan sesuai dengan skema kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja. Skema dari insiden terjadi didasarkan pada metode pohon kejadian berjumlah delapan. Kedelapan skema ini mencakup setiap spektrum hasil, dari kondisi aman ketika mitigasi berhasil, hingga skenario kegagalan total yang mengakibatkan kecelakaan. Detail perhitungan total probabilitas untuk masing-masing skema tersebut dapat dijabarkan di bawah ini.

Skema 1 = Prosedur koordinasi dan verifikasi dokumen tidak dilaksanakan

= PIE x P1T

= 91,80% x 0,1%

= 0,0918%

Skema 2 = Prosedur koordinasi dan verifikasi dokumen dilaksanakan, namun perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), dan kesiapan personel terabaikan

= PIE x P1Y x P2T

= 91,80% x 99,9% x 0,1%

= 0,0917%

Skema 3 = Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan kesiapan personel dilaksanakan dengan baik, namun inspeksi lokasi, cuaca, dan penerapan *Control Self-Assessment* (CSA) terabaikan.

= PIE x P1Y x P2Y x P3T

= 91,80% x 99,9% x 99,9% x 0,1%

= 0,0916%

Skema 4 = Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, dan penerapan *Control Self-Assessment* (CSA) dilaksanakan dengan baik, namun pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* dan kesiapan area pemasangan terabaikan.

= PIE x P1Y x P2Y x P3Y x P4T

= 91,80% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 0,1%

= 0,0915%

Skema 5 = Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* dan kesiapan area pemasangan dilaksanakan dengan baik, namun pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya terabaikan.

= PIE x P1Y x P2Y x P3Y x P4Y x P5T

= 91,80% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 0,1%

= 0,0914%

Skema 6 = Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* kesiapan area pemasangan, pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya dilaksanakan dengan baik, namun uji beban (*load* test) terabaikan.

= PIE x P1Y x P2Y x P3Y x P4Y x P5Y x P6T

= 91,80% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 0,1%

= 0,0913%

Skema 7 = Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* kesiapan area pemasangan, pemeriksaan, verifikasi alat, dan uji beban (*load* test) dilaksanakan dengan baik, namun pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pelindung Kerja (APK), pengawasan kondisi, dan jam kerja personel terabaikan.

= PIE x P1Y x P2Y x P3Y x P4Y x P5Y x P6Y x P7T

= 91,80% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 0,28%

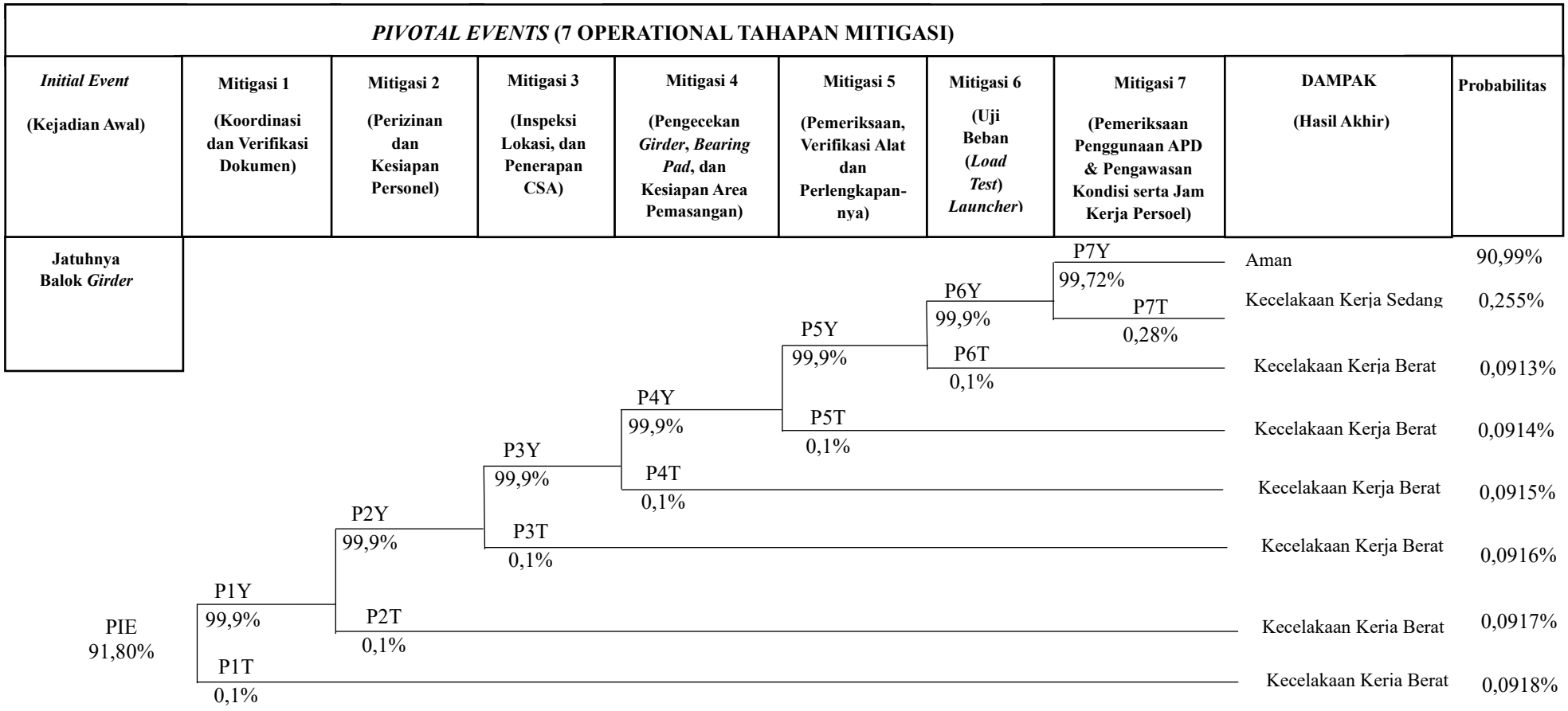
= 0,0255 %

Skema 8 = Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* kesiapan area pemasangan, pemeriksaan, verifikasi alat dan uji beban (*load* test), pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pelindung Kerja (APK), pengawasan kondisi, dan jam kerja personel dilaksanakan dengan baik

= PIE x P1Y x P2Y x P3Y x P4Y x P5Y x P6Y x P7Y

= 91,80% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,9% x 99,7%

= 90,9951%



Gambar 5. 4 Diagram Alir Probabilitas Kejadian Akhir pada *Event Three Analysis (ETA)*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Tabel 5. 5 Keterangan Nilai Kuantitatif

No	Kode Variabel	Keterangan Variabel
1	PIE	Probabilitas kejadian awal
2	P1Y	Probabilitas keberhasilan koordinasi dan verifikasi dokumen
3	P2Y	Probabilitas keberhasilan perizinan, dan kesiapan personel
4	P3Y	Probabilitas keberhasilan *inspeksi* lokasi, dan penerapan *Control Self-Assessment* (CSA)
5	P4Y	Probabilitas keberhasilan pengecekan *girder*, b*earing pad*, dan kesiapan area pemasangan
6	P5Y	Probabilitas keberhasilan pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya

Lanjutan Tabel 5.5 Keterangan Nilai Kuantitatif

No	Kode Variabel	Keterangan Variabel
7	P6Y	Probabilitas keberhasilan uji beban (*load test*) l*auncher*
8	P7Y	Probabilitas keberhasilan pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), pengawasan kondisi, dan jam kerja persoel
9	P1T	Probabilitas kegagalan atau tidak dilakukan koordinasi dan verifikasi dokumen
10	P2T	Probabilitas kegagalan atau tidak dilakukan perizinan dan kesiapan personel
11	P3T	Probabilitas kegagalan atau tidak dilakukan *inspeksi* lokasi, dan penerapan *Control Self-Assessment* (CSA)

Lanjutan Tabel 5.5 Keterangan Nilai Kuantitatif

No	Kode Variabel	Keterangan Variabel
12	P4T	Probabilitas kegagalan atau tidak dilakukan pengecekan *girder*, *bearing pad*, dan kesiapan area pemasangan
13	P5T	Probabilitas kegagalan atau tidak dilakukan pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya
14	P6T	Probabilitas kegagalan atau tidak dilakukan uji beban (*load test*) l*auncher*
15	P7T	Probabilitas kegagalan atau tidak dilakukan pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), pengawasan kondisi, dan jam kerja persoel

Hasil di atas menunjukkan bahwa persentase sistem yang aman atau bebas dari kecelakaan adalah 9,0995 x 10^{-1} atau 90,9951%. Angka terrsebut didasarkan pada situasi ideal, yaitu ketika seluruh pekerja mematuhi peraturan dan prosedur

mitigasi proyek secara konsisten. Penelitian ini menyoroti adanya korelasi linear yang kuat antara disiplin kerja dan diagram kecelakaan proyek. Berikut adalah ringkasan hasil analisis menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai potensi kegagalan dan alur mitigasi tersebut.

Tabel 5. 6 Analisis Probabilitas dan Konsekuensi Skenario Kegagalan *Event Tree Analysis* (ETA)

No	**Upaya Mitigasi yang Diterapkan**	**Dampak**	**Probabilitas**
1	Prosedur koordinasi dan verifikasi dokumen tidak dilaksanakan	Kecelakaan kerja berat	0,0918%
2	Prosedur koordinasi dan verifikasi dokumen dilaksanakan, namun perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan kesiapan personel terabaikan	Kecelakaan kerja berat	0,0917%
3	Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), dan kesiapan personel dilaksanakan dengan baik, namun inspeksi lokasi, cuaca, dan penerapan *Control Self-Assessment* (CSA) terabaikan.	Kecelakaan kerja berat	0,0916%

Lanjutan Tabel 5.7 Analisis Probabilitas dan Konsekuensi Skenario Kegagalan *Event Tree Analysis (*ETA)

No	Upaya Mitigasi yang Diterapkan	Dampak	Probabilitas
5	Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* dan kesiapan area pemasangan dilaksanakan dengan baik, namun pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya terabaikan.	Kecelakaan kerja berat	0,0914%
6	Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan Kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* kesiapan area pemasangan, pemeriksaan, verifikasi alat, dan perlengkapannya dilaksanakan dengan baik, namun uji beban (*load* test) terabaikan.	Kecelakaan kerja berat	0,0913%

Lanjutan Tabel 5.7 Analisis Probabilitas dan Konsekuensi Skenario Kegagalan *Event Tree Analysis (*ETA)

No	Upaya Mitigasi yang Diterapkan	Dampak	Probabilitas
7	Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* kesiapan area pemasangan, pemeriksaan, verifikasi alat dan uji beban (*load* test) dilaksanakan dengan baik, namun pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pelindung Kerja (APK), pengawasan kondisi, dan jam kerja personel terabaikan.	Kecelakaan kerja sedang	0,255 %
8	Prosedur koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* kesiapan area pemasangan,	Aman atau tidak adanya kecelakaan kerja	90,9951%

Lanjutan Tabel 5.7 Analisis Probabilitas dan Konsekuensi Skenario Kegagalan *Event Tree Analysis (*ETA)

No	**Upaya Mitigasi yang Diterapkan**	Dampak	Probabilitas
	pemeriksaan, verifikasi alat, uji beban (*load* test), pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pelindung Kerja (APK), pengawasan kondisi, dan jam kerja personel dilaksanakan dengan baik		

Tabel 5.7 memberikan data dasar untuk menghitung probabilitas total insiden keselamatan kerja. Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan nilai probabilitas dari seluruh skema operasional yang mengalami kegagalan fungsi mitigasi. Perhitungan ini sangat penting untuk mengetahui besarnya kegagalan sistem keamanan yang sedang terjadi. Hasil analisis ini akan menjadi acuan utama untuk menentukan tingat risiko. Berdasarkan metodologi, pendekatan kumulatif ini memastikan bahwa tidak ada satu skenario kegagalan sekunder yang terabaikan, dan angka probabilitas total yang dihasilkan bersifat representatif terhadap kondisi riil di lapangan. Berikut ini adalah representasi visual dari situasi tersebut:

Nilai probabilitas total terjadinya kecelakaan kerja

= Skema 1 + skema 2 + skema 3 + skema 4 + skema 5 + skema 6 + skema 7

= 0,0918% + 0,0917 % + 0,0916 % + 0,0915 % + 0,0914 % + 0,0913 % + 0,2555%

= 0,8049%

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, risiko kumulatif untuk Risiko jatuhnaya *girder* pada proses pekerjaan *lifting* adalah sekitar 0,8049%. Persentase di bawah 1% menunjukkan bahwa sistem proteksi Keselamatan dan Kesehatan

Kerja (K3) yang ada, berkinerja baik dalam hal mitigasi risiko. Dengan demikian, angka 0,8049% ini merupakan risiko sisa (*residual risk*) yang tidak dapat diabaikan, namun presentase tersebut tetap menjadi risiko sisa kritis yang berpotensi mengakibatkan tingkat kematian yang sangat tinggi terhadap keselamatan pekerja dan keberlangsungan proyek.

5.5 Mitigasi risiko berdasarkan hierarki Pengendalian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Penerapan manajemen risiko di lapangan berlandasakan hierarki pengendalian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang meliputi eliminasi, substitusi, dukungan teknis, pengendalian administratif, dan Alat Pelindung Diri (APD). Dalam konteks pekerjaan *lifting girder*, metode eliminasi dan substitusi tidak dapat diterapkan karena material balok beton pracetak dan proses pengangkatan (*lifting*) merupakan komponen struktur penting yang tidak dapat dihilangkan atau diganti. Oleh karena itu, mitigasi berfokus pada tiga langkah berikut. Rekayasa teknis direalisasikan melalui kalkulasi presisi terhadap kapasitas alat berat versus beban angkat, sterilisasi area di bawah radius manuver alat, dan aktivasi alarm/klakson peringatan operasional. Selanjutnya pengendalian administratif dilaksanakan dengan mewajibkan sertifikasi operator (SIO), penggunaan SOP yang berlaku, dan pengisian checklist kelayakan kerja. Sebagai langkah terakhir, seluruh personel wajib mengenakan Alat Pelindung Diri (APD) standar seperti helm *safety*, *body harness*, dan *safety shoes*. Pendekatan kombinasi ini memastikan bahwa, meskipun risiko utama tidak dapat dieliminasi sepenuhnya, bahaya struktural dan fisik di area kerja dapat ditekankan hingga batas toleransi yang paling aman.

5.6 Pembahasan

Penelitian ini diarahkan sebagian dari proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1, yang berfokus pada wilayah Kecamatan Kalasan. Penelitian ini secara khusus menyoroti risiko cedera pekerja selama proses *lifting girder*. Berdasarkan hasil survei dan wawancara, menunjukkan tidak adanya kecelakaan pada tahapan pekerjaan tersebut. Namun demikian, kondisi tersebut tidak mengurangi tingkat kerawanan. Jika pekerja

mematuhi peraturan standar prosedur operasional (SOP) serta langkah-langkah mitigasi yang telah diterapkan, risiko kecelakaan kerja di area konstruksi dapat dikurangi.

Berdasarkan hasil wawancara mendalam dengan teknisi lapangan, upaya mitigasi risiko bagi pekerja *lifting girder* terdiri dari beberapa tindakan preventif yang sistematis. Langkah awal dilakukan melalui koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* kesiapan area pemasangan, pemeriksaan, verifikasi alat*,* uji beban (*load* test), pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pelindung Kerja (APK), pengawasan kondisi, dan jam kerja personel.

Peristiwa jatuhnya struktur *girder* diidentifikasi sebagai risiko awal (*initiating event*) dalam evaluasi kecelakaan kerja pada tahapan pekerjaan *lifting girder*. Pascaperumusan langkah mitigasi, dilakukan pemodelan dengan metode pencabangan untuk mengevaluasi efektivitas setiap fungsi perlindungan dalam skenario keberhasilan dan kegagalan. Hasil analisis ini mengungkapkan terdapat tingkat risiko yang mencakup enam kejadian kecelakaan kerja berat, satu kecelakaan kerja sedang, dan satu kondisi nihil kecelakaan (*zero accident*) atau situasi yang aman. Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antara tingginya tingkat kedisiplinan pekerja dalam menegakkan peraturan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta mengekseksi seluruh potensi mitigasi yang ditetapkan. Sebaliknya, bahwa sedikit penyimpangan atau pelanggaran terhadap mitigasi awal akan langsung memicu kegagalan sistem kontrol keselamatan yang berakibat fatal di lapangan.

Setelah pengumpulan data, analisis dilanjutkan dengan mengidentifikasi konsekuensi spesifik dari setiap skema yang digambarkan pada diagram pohon kejadian. Analisis dampak dalam penelitian ini didasarkan pada teori Suma'mur (2014) yang mengategorikan kondisi kerja ke dalam tiga tingkat ringan, sedang, dan berat. Berdasarkan parameter tersebut, analisis terhadap 8 skema yang menunjukkan distribusi dampak signifikan, yang terdiri dari enam skema yang

diklasifikasikan sebagai kecelakaan kerja berat, satu skema sebagai kecelakaan kerja sedang, dan satu skema sebagai kondisi aman.

Tujuan dari analisis pohon kejadian *Event Tree Analysis* (ETA) dalam kasus risiko jatuhnya *girder* selama proses *lifting girder* adalah untuk mengestimasi kemungkinan terjadinya suatu peristiwa serta menentukan status keberhasilan atau kegagalan dari setiap langkah mitigasi yang diterapkan. Nilai probabilitas empiris dihitung secara kuantitatif berdasarkan hasil tabulasi dari lima jenis kuesioner yang datanya diperoleh dari teknisi lapangan. Melalui pembagian lima kuesioner ini, peneliti dapat mengevaluasi berbagai aspek risiko secara komprehensif mulai dari kesiapan administrasi hingga faktor kepatuhan manusia, sehingga setiap nilai probabilitas yang muncul dalam diagram memiliki landasan yang kuat, objektif, dan representatif terhadap kondisi rill di lapangan.

Probabilitas yang diperoleh untuk risiko awal (*intial event*) yang telah diidentifikasi sebelumnya yaitu kasus jatuhnya *girder* selama pekerjaan *lifting girder*, adalah sebesar 91,80%. Setelah menghitung risiko awal (*intial event*), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai probabilitas keberhasilan dan kegagalan untuk setiap *povital event* secara berurutan. Nilai probabilitas yang didapatkan pada koordinasi dan verifikasi dokumen sebesar 99,9%, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan kesiapan personel sebesar 99,9%, *inspeksi* lokasi, cuaca, dan penerapan *Control Self-Assessment* (CSA) sebesar 99,9%, pengecekan kondisi *girder*, *bearing pad*, dan kesiapan area pemasangan sebessar 99,9%, pemeriksaan, verifikasi alat dan perlengkapannya sebesar 99,9%, uji beban (*load test*) sebesar 99,9%, pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), pengawasan kondisi, dan jam kerja personel sebesar 99,9%.

Setelah menentukan probabilitas peristiwa awal (*initial* event) dan *pivotal event* terpenuhi, diagram dilengkapi dengan membuat percabangan ya untuk mitigasi yang berhasil dan tidak untuk mitigasi yang tidak berhasil. Alur evaluasi dalam *Event Tree Analysis* (ETA) dimulai dengan pendekatan linear terhadap setiap tahapan mitigasi dan baru akan berakhir ketika rangkaian kronologis mencapai ujung konsekuensi akhir, yaitu tercapainya kondisi aman atau runtuhnya sistem kendali yang menyebabkan ketidakamanan kerja.

Berdasarkan pohon percabangan yang telah dikonstruksikan, terdapat delapan skenario *outcome* yang terdiri dari satu skema dengan kondisi tanpa kecelakaan (*zero aacident*) dan tujuh skema merupakan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja berat atau berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja berat. Skenario aman hanya dapat digunakan jika semua parameter yang mengendalikan kejadian *pivotal event* diikuti secara sempurna, yaitu 90,9951%. Sedangkan, probabilitas lainnya didistribusikan ke tujuh skema kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja, baik itu kecelakaan kerja kategori berat ataupun kecelakaan kerja kategori sedang.

Berdasarkan perhitungan kumulatif dari tujuh skenario kegagalan, diperoleh besaran peluang terjadinya kecelakaan kerja pada saat proses *lifting girder* sebesar 0,8049%. Meskipun secara matematis risikonya tergolong kecil, potensi dampak yang mayoritas kecelakaan kerja kategori berat mengharuskan manajemen proyek untuk menerapkan langkah-langkah pencegahan sebelum risiko bahaya berubah menjadi kecelakaan nyata, guna meminimalkan celah bahaya yang tersisa hingga mencapai tingkat kritis.

Berdasarkan data dari seluruh skenario *Event Tree Analysis* (ETA), probabilitas kondisi nihil kecelakaan (*zero accident*) adalah yang tertinggi, yakni sebesar 90,9951%, sedangkan probabilitas kegagalan tercatat pada tingkat rendah sebesar 0,8049%. Semakin tinggi nilai probabilitas atas risiko jatuhnya *girder* selama proses *lifting*, semakin besar kemungkinan intervensi keselamatan proyek tersebut berjalan sesuai fungsional, akibat dari tingginya tingkat kepatuhan personel dalam mengeksekusi tujuh tahapan mitigasi (*pivotal events*) yang telah direncanakan.

Meskipun perbandingan tersebut menunjukkan kinerja sistem *lifting girder* yang sangat baik, manajemen proyek harus tetap meningkatkan kewaspadaan terhadap risiko yang terkait. Hal ini penting karena tingkat keselamatan yang telah dicapai dapat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan kerja, kondisi kerja, dan faktor manusia selama proses pengangkatan *girder*. Oleh karena itu, mitigasi risiko harus dilakukan secara konsisten melalui pemeriksaan peralatan, pemantauan

kondisi area kerja, kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, serta koordinasi dan komunikasi yang baik antarrekan kerja. Pemantauan berkelanjutan juga diperlukan untuk memastikan bahwa pengendalian yang telah diterapkan efektif dalam menangani situasi aktual di lapangan. Dengan memperkuat konsistensi tersebut, tingkat keselamatan dalam pekerjaan *lifting girder* dapat terus ditingkatkan dan potensi kejadian yang tidak diinginkan dapat diminimalkan. Dengan demikian, hasil analisis ini menunjukkan bahwa keberhasilan mitigasi risiko tidak hanya ditentukan oleh efektivitas mitigasi itu sendiri, tetapi juga oleh konsistensi penerapannya sepanjang periode pekerjaan.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kecelakaan kerja pada pekerjaan *lifting girder* menggunakan metode *Event Tree Analysis* (ETA) pada proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1, sebagai berikut.

1. Dampak yang terjadi dari kecelakaan kerja akibat jatuhnya *girder* mencakup spektrum yang luas, mulai dari trauma fisik ekstrem berupa cedera berat, cacat permanen, hingga risiko kematian di tempat kerja. Dari segi ekonomi, insiden ini secara langsung memicu krisis finansial bagi pekerja.
2. Tingkat peluang terjadinya kecelakaan kerja berupa jatuhnya *girder* pada proses *lifting girder* pada proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Seksi II Paket 2.1 memiliki nilai persentase yang sangat kecil, yaitu sebesar 0,8049% atau 0,008049.
3. Untuk memperkuat sistem proteksi bagi setiap tahapan *pivotal event* dan mengurangi risiko jatuhnya *girder* di area kerja, meliputi beberapa poit yaitu koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* kesiapan area pemasangan, pemeriksaan, verifikasi alat*,* uji beban (*load* test), pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pelindung Kerja (APK), pengawasan kondisi, dan jam kerja personel.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis, pembahasan, serta kesimpulan yang telah dirumuskan, berikut rekomendasi yang dapat disarankan kepada pihak-pihak terkait.

1. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk menggunakan metode yang didasarkan pada pekerjaan *lifting girder* diatas atau jenis pekerjaan konstruksi lainnya yang memiliki karakteristik risiko berbeda.
2. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan jika menggunakan metode analisis *Event Tree Analysis* (ETA) serupa, namun melibatkan lokasi proyek konstruksi yang berbeda. Sehingga memperoleh hasil analisis yang komprehensif dan akurat.
3. Metode *Event Tree Analysis* (ETA) disarankan bagi penelitian selanjutnya, menggunakan pendekatan gabungan, dengan metode tersebut dapat meminimalisir peristiwa risiko awal yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, C., & Nugraheni, F. (2024). *Development of work safety procedures for PCI Girder installation using interactive analysis models*. *29*(1), 24–36.

Ambartiyas, P., & Bhaskara, A. (2025). Causality Analysis of Construction Failure Using The Event Tree Analysis Method and Fault Tree Analysis. *Rekayasa Sipil*, *19*(1), 18–26. https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2025.019.01.3

Aswar, H. (2020). *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja*.

Broto, A. B., Azis, D., & Maulana, M. (2020). *ERECTION BOX GIRDER Hierarchy Process (FAHP) yang daerah Jalan Tol Jakarta – Cikampek Jalan Tol Jakarta – Cikampek II metode pelaksanaan pekerjaan erection – Cikampek II Elevated . Girder menggunakan metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP). P*. *19*(1), 87–98.

Budi, A. S. (2020). *No Title*.

Chakim, A. I., & Putra, I. N. D. P. (2024). Analisis Waktu dan Biaya Erection Girder dengan Metode Perancah dan Launcher pada Proyek Penggantian Jembatan Perningkloji Mojokerto. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, *7*(1), 21–29. https://doi.org/10.54367/jrkms.v7i1.3612

Ervianto, W. I. (2006). *MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI-EDISI REVISI*. 2006.

Hafnidar A. Rani. (2016). *Manajemen proyek konstruksi*.

Juanizar, A. R., Suripin, S., Sriyana, I., & Suprapto, S. (2022). Analisis Probabilitas Kegagalan Bendungan Pacal Menggunakan Metode Event Tree Analysis. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, *1*(2), 117–130. https://doi.org/10.35334/be.v1i2.2652

Labombang, M. (2011). *MANAJEMEN RiSIKO DALAM PROYEK KONSTRUKSI*.

Meidyna, S. N., Dwi, N., & Budiono, P. (2025). *The Relationship between Supervision and PPE Compliance (Case Study : Workers at PT . X)*. *5*(1), 150–160.

Pangkey, W. (2012). BERDASARKAN PENILAIAN KONTRAKTOR DENGAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA) Studi Kasus : Proyek Pembangunan Underpass Kentungan. *Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta*, *1*(1), 5.

Ricky Zefri, Dyah Ari Wulandari, S. (2022). s IKLU s. *Risiko, Analisis Bendungan, Kegagalan Dengan, Paselloreng*, *8*(2), 149–160.

Rifqy Ahmad Nuary, Wike Pertiwi, Z. A. (2025). *Analisis Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Departemen Hse (Health Safety, Environtment)*

di PT. XYZ. *6*, 2324–2340.

Rizkianto, H., & Nugraheni, F. (2025). Analisis Pemilihan Metode Erection Girder Menggunakan Crawler Crane dan Launcher Berdasarkan Waktu Dan Biaya. *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil Dan Lingkungan*, *7*(1), 144–154. https://doi.org/10.52005/teslink.v7i1.494

Setyaning, L. B., & Riyanto, E. (2025). *Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode HIRADC (Hazard Identification , Risk Assessment and Determining Control) pada Pekerjaan Girder Proyek Tol Yogyakarta-Bawen Seksi 1*. *9*, 76–85.

Sugiyono. (2017). *No Title*.

Sumaidi. (2020). *Metode Pelaksanaan Erection Steel Box Girder Pada Proyek Relokasi Jembatan Antelope Km 5 + 145 Bekasi-Jawa Barat*. *7*(2), 1–12.

Syafrida. (2022).

Tjandra. (2008). *No Title*. 7–24.

Ullah, Nazim and Rakesh, Rakesh and Shariar, F. and, & Ahmed, Safin and Sakib, Kaisar and Chowdhury, T. (2023). *Mp r a*. *118723*.

Umar, A. R., & Ranap Tua Naibaho, P. (2022). Proyek Pembangunan Jembatan Rumah Susun Padat Karya “Pengamatan Pelaksanaan Pekerjaan Plat pada Jembatan Rumah Susun Padat Karya.” *Nucleus*, *3*(1), 76–84. https://doi.org/10.37010/nuc.v3i1.791

Vaughan, E. J., & Vaughan, T. M. (2014). *Fundamentals of Risk and Insurance*.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Transkip Izin Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 516/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VII/2026
Hal : **Izin Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir**

Yth: **General Superitendent PT. Dayamulia Turangga**
Proyek Pembangunan Jalan Tol solo Jogja Seksi 2 Paket 2.1

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,
Untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan studi pada Prodi Teknik Sipil Program Sarjana, setiap mahasiswa wajib melaksanakan penelitian Tugas Akhir yang berkaitan dengan ketekniksipilan. Dalam proses tersebut diperlukan data-data pendukung baik dari instansi Pemerintah BUMN maupun perusahaan swasta/Proyek.

Berdasarkan hal tersebut, kami mohon bantuan Bapak/Ibu untuk dapat memberikan izin penelitian dan pengambilan data berupa **Data Analisis Keselamatan Kerja** yang akan digunakan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir bagi mahasiswa Prodi Teknik Sipil Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

NO	NAMA	NIM	JUDUL TUGAS AKHIR
1.	Lushyva Fitratri Kurnia Dewi	22511216	Analisis Keselamatan Kerja Pada Pekerjaan Erection Girder Menggunakan Launcher Dengan Metode *Event Tree Analysis* (ETA) (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta - Nyia Kulon Progo Seksi II Paket 2.1)
2.	Angga	22511082	Analisis Keselamatan Kerja Dengan Metode *Construction Safety Analysis* (CSA) Pada Pekerjaan Erection Girder Menggunakan Launcher Gantry Di Titik P42s – P43s (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi II Paket 2.1)

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.
Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 17 Juli 2026

Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN YOGYAKARTA

Dinia Anggraheni, S.T., M. Eng

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM

CP Mahasiswa:
Lushyva 081326608188
Angga 085217300980

Lampiran 2 Transkip Balasan Izin Penelitian dan Data Tugas Akhir

PT. DAYA MULIA TURANGGA
GENERAL CONTRACTOR & SUPPLIER
Jl. Supratman No. 3 Bandung Telp. (62-22) 7208346 Fax. (62-22) 7201852
E-mail : dmtjkt@cbn.net.id

Registered CCPL ACCREDITED
ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, and OHSAS 18001:2007 CERTIFIED

Nomor : 439/DMT/JS-2.1A/EXT/V/2026 Yogyakarta, 18 Mei 2026
Lampiran : -
Perihal : **Balasan Izin Penelitian dan Data Tugas Akhir**

Kepada Yth.
Sek. Prodi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Di tempat

Dengan hormat,
Sehubungan dengan surat yang Bapak/Ibu ajukan dengan Nomor: 415/Sek. Prodi PSTS/20/TA/V/2026 tertanggal 13 Mei 2026 perihal Permohonan Izin Penelitian dan Data Tugas Akhir dari mahasiswa atas nama:

Nama	NIM	Judul Tugas Akhir
Angga	22511082	Analisis Keselamatan Kerja Konstruksi pada Pekerjaan Erection Girder Menggunakan Metode Construction Safety Analysis (CSA)
Lushyva Firatri Kurnia D.	22511216	Analisis Keselamatan Kerja pada Pekerjaan Erection Girder Menggunakan Launcher dengan Metode Event Tree Analysis (ETA)

Bersama surat ini kami sampaikan bahwa mahasiswa yang bersangkutan **DITERIMA** untuk melaksanakan Pengambilan Data pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi II Paket 2.1.

Demikian surat ini kami sampaikan. Atas kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Yogyakarta, 18 Mei 2026
a.n. General Superintendent

ARVI ZULHAM
Deputy II
Project Safety and Public Relation Manager

Tembusan:
1. Arsip

Lampiran 3 Bukti Hasil Wawancara

Lembar Verifikasi Hasil Analisis *Event Tree Analysis*

Nama Proyek	Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta–NYIA Kulon Progo Seksi II Paket 2.1
Objek Penelitian	Pekerjaan *Erection Girder*
Metode	*Event Tree Analysis (ETA)*
Pengumpulan Data	Observasi Lapangan, Wawancara, dan Kuesioner
Verifikator	HSE Konsultan
Yang Diverifikasi	Transkip Hasil Wawancara
Hasil Verifikasi	☑ Sesuai / ☐ Perlu Revisi
Tanggal	Kamis, 16 Juli 2026
Tanda Tangan HSE	PT. DAYA MULIA TURANGGA BANDUNG
Nama	Ali Tugiono, S. T.
Jabatan	HSE Konsultan

Lanjutan Lampiran 4 Transkip Hasil Wawancara

Pewawancara : Lushyva Firatri Kurnia Dewi

Narasumber : Ali Tugiono, S. T.

Jabatan : *Health, Safety,* and *Environment* (HSE)

Lokasi : Di Lapangan

Waktu : 25 Mei 2026, 15.45 WIB

Peneliti : Mohon izin Bapak, sebelum memulai diskusi, bolehkah Bapak memberitahukan nama serta jabatan resmi dalam struktur organisasi di Proyek Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon ini?

Narasumber : Nama saya Ali Tugiono yang bertanggung jawab sebagai inspector konsultan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Peneliti : Berdasarkan riwayat data Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proyek ini, apakah pernah ada insiden atau kecelakaan kerja yang terjatuh dari ketinggian saat pelaksanaan *erection girder* berlangsung?

Narasumber : Sejauh ini data historis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan observasi lapangan hingga saat ini, Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon berhasil mempertahankan lingkungan kerja bebas kecelakaan *zero accident*.

Peneliti : Mengingat pekerjaan *erection girder* memiliki tingkat risiko yang sangat tinggi, namun proyek ini berhasil lingkungan kerja bebas kecelakaan *zero accident*, faktor-faktor utama apa saja yang menjadi kunci keberhasilan dalam sistem pengendalian risiko tersebut?

Narasumber : Alasan mengapa proyek ini tidak ada kecelakaan selama proses *erection girder* adalah karena semua pihak memahami tingginya risiko pekerjaan tersebut. Jadi, sebelum alat berat mulai bergerak,

para pekerja di lokasi sudah menyiapkan langkah-langkah mitigasi yang matang, seperti *Job Safety Analysis* (JSA). Dan faktor penting lainnya adalah meningkatnya jumlah pekerja yang menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) di lapangan. Tim manajemen proyek telah menyediakan dan mewajibkan Alat Pelindung Diri (APD) standar untuk semua personel yang berada di dalam atau di sekitar area konstruksi, yang meliputi helm keselamatan, rompi reflektif, dan sepatu keselamatan. Pengawasan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) di proyek ini terbilang sangat ketat karena dilakukan secara kolaboratif antara *Health, Safety,* and *Environment* (HSE), konsultan, dan pengawas lapangan. Untuk memastikan komitmen ini, setiap hari sebelum memulai pekerjaan, setiap kru harus mengikuti *toolbox meeting* sebagai sarana penyegaran informasi. Jika ada pekerjaan yang tidak memakai Alat Pelindung Diri (APD) dengan lengkap, maka petugas keamanan akan langsung memberikan tegurann keras di lapangan. Selain itu, kejadian tersebut akan difoto dan dibagikan ke grup agar menjadi perhatian kepada seluruh tim di lapangan.

Peneliti : Untuk proses *erection girder* di lapangan saat ini, menggunakan unit *crane* atau sistem *launcher*?

Narasumber : Proyek ini dilakukan menggunakan teknologi *gantry launcher*.

Peneliti : Terlepas dari fakta bahwa *gantry launcher* beroperasi dengan baik, apakah ada kekhawatiran atau kendala yang dihadapi tim selama proses *erection girder* di *pier* (pilar)?

Narasumber : Faktor terpenting adalah cuaca, khususnya kecepatan angin dan hujan. Mengingat *gantry launcher* beroperasi pada ketinggian dan memiliki struktur yang kompleks, angin kencang (diatas 8 m/s atau 30 km/jam) dapat memicu goyangan pada rangka *launcher* atau *girder* yang menggantung. Jika kondisi ini terjadi, kami harus

memastikan keamanan operasional sembari tetap menjaga efisiensi kerja. Selain itu, cuaca buruk dapat menghambat pergerakan *girder* pada *launcher* menjadi licin, sehingga memperlambat proses mobilisasi roda penggerak.

Peneliti : Langkah mitigasi apa yang sebaiknya diterapkan di lapangan untuk mengurangi kecelakaan kerja?

Narasumber : langkah mitigasi dimulai dari koordinasi, verifikasi dokumen, perizinan kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), kesiapan personel, inspeksi lokasi, cuaca, penerapan *Control Self-Assessment* (CSA), pengecekan kondisi *girder, bearing pad,* kesiapan area pemasangan, pemeriksaan, verifikasi alat dan uji beban (*load* test), pemeriksaan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Alat Pelindung Kerja (APK), dan pengawasan kondisi serta jam kerja personel.

Peneliti : Jika Bapak sebagai *Health, Safety,* and *Environment* (HSE) yang memiliki tanggung jawab pada pekerjaan *erection girder* yang berisiko tinggi ini, faktor mana yang sebenarnya megang peran paling krusial untuk mencegah kecelakaan?

Narasumber : Kalau bicara tentang *erection girder*, kita sedang membicarakan pekerjaan yang memiliki risiko tinggi, Yang lebih penting adalah alat keselamatan dan kesadaran pekerja karena dengan kesadaran diri juga penentu antara hidup dan mati.

Lampiran 5 Transkip Lembar Checklist Erection Girder

HSE DEPARTEMENT
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO
SEKSI II PAKET 2.1

CHECKLIST ERECTION GIRDER

PROYEK	Jalan tol Joasa - Solo Paket 2.1 A
SUB KONTRAKTOR	CV Citra Panca Mandiri
AREA INSPEKSI	P38 - P39s
TANGGAL INSPEKSI	10 April 2026

RINCIAN PEMERIKSAAN	HASIL PEMERIKSAAN		
	Baik	Buruk	N/A
PERSIAPAN:			
1. Rapat Koordinasi dengan Team proyek dan Subkon khusus membahas Erection Girder.	✓		
2. Mengecek dan memastikan seluruh dokumen sudah di approve.	✓		
3. Test Kesehatan Semua Personil Erection Girder.	✓		
4. Membuat CSA (Construction Safety Analysis) Pelaksanaan Pekerjaan.	✓		
5. Memperhatikan Endurance pekerja dengan memperhatikan waktu jam kerja para pekerja.	✓		
6. Toolbox Meeting.	✓		
7. Izin Kerja K3.	✓		
8. Pengecekan Peralatan Alat Angkat Angkut oleh Ahli Pesawat Angkat Angkut atau oleh PJK3.	✓		
9. Melakukan Pengecekan APK dan APD.	✓		
Akses Kerja Terlampir:			
1. Transportasi stock pile ke area ERECTION			
a. Akses Kerja.			
- Alinyemen Vertikal: max 10%			
- Landasan/tanah dasar minimal: CBR 6			
- Plat baja tebal +/- 20 mm			
2. Lifting			
a. Landasan/tanah dasar (CBR min. 6%)			
b. Tidak ada orang & kegiatan di area Erection			
c. Plat baja tebal +/- 20 mm			
3. Pembatasan Red Area (Daerah Larangan) dan Yellow Area (Daerah Waspada)			
Kondisi Girder:			
1. Girder	✓		
a. Mengecek kesesuaian laporan stressing	✓		
b. Mengecek kesesuaian Grouting dan Curing	✓		
c. Mengecek Cor tutup angkur	✓		
d. Membuat Marking titik angkat pada posisi 4 m	✓		
e. Mengecek kembali elevasi dan Jarak ABT-Pier/pier-pier	✓		
f. Mengecek kelurusan Girder	✓		
g. Memastikan Posisi girder kondisi Vertikal	✓		

Lanjutan Lampiran 4 Transkip Lembar *Checklist Erection Girder*

h. Mengecek Camber Awal Vertikal	✓		
i. Mengecek Camber Vertikal setelah 30-60 hari	✓		
j. Mengecek Stiffener (Pengaku Girder)	✓		
k. Mengecek Bracing (Penyangga Girder)	✓		
l. Mengecek Liting Frame (Girder Lifter)	✓		
2. Uji Ultrasonik pada sambungan baja pada pengelasan	✓		
Bearing Pad:			
1. Mortar Pad	✓		
a. Umur Mortad pad	✓		
b. Posisi dan Elevasi	✓		
c. Kerataan	✓		
d. Lebar Bearing pad selebar Girder	✓		
2. Bearing/Elastomeric	✓		
a. Dimensi	✓		
b. Kesesuaian Spek	✓		
Alat TERLAMPIR:			
1. Alat Angkat (Ikut PW Alat)			
a. Pengangkatan Girder ke boggiemur Mortad pad			
- Kapasitas Crane min. 2x beban Girder			
- Pengaku (Stifner) sepanjang 45 mn. 2x beban Girder			
- Posisi lifting ≤ 4 m dari ujung			
- Verifikasi SILO, SIO dan Loadchart			
a. Transfer beban dari boggie ke crane			
- Uji beban			
- Posisi Girder sudah Vertikal			
- Cek Kelurusan Girder max. 50 mm			
- Kedua ujung Girder rata/Horizontal			
2. Sertifikat sling dan uji segel / clampsan			
3. Alat Angkut			
a. Transportasi dari stock menuju lokasi			
- Kapasitas alat transport mencukupi			
- Kapasitas prime mover mencukupi			
4. Uji Ultrasonik pada sambungan baja pada pengelasan			
5. Pengecekan Baut pada thread bar system menggunakan torque meter			
6. Lifting Frame	✓		
Setting Girder di atas Bearing:			
1. Material Bracing/support	✓		
2. Material Pengaku (Stifner)	✓		
3. Menambah Pedestal Pada tumpuhan ABT/PIER	✓		
4. Alat las + alat potong	✓		

5. Posisi Girder vertikal/tegak	✓		
6. Ukur kecepatan angin (Anemometer) max 30 km/jam atau 8 m/s	✓		
7. Kelurusan Girder	✓		

CATATAN:

- pengawalan area & tutup area erection
- wajib APD & FBH
- perhatikan cuaca
- bracing area girder
- lengkapi dokumen
- check peralatan
- loading test jngn lupa

Persetujuan Inspektor		
HSE	Subkon	Konsultan
		Farid

Lampiran 6 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Pertama

KUESIONER PADA PEKERJAAN *ERECTION GIRDER*

Kepada Yth. Bapak/Ibu/Saudara, Perkenalkan saya Lushyva Firatri Kurnia Dewi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai keselamatan kerja pada proses *erection girder*. Berdasarkan tugas akhir akademis, sebelumnya meminta ketersediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk mengisi kuesioner saya. Mohon memberikan jawaban secara jujur, objektif, dan apa adanya sesuai dengan kondisi riil di lapangan. Sesuai dengan kode etik penelitian, seluruh data yang Anda berikan akan dijaga kerahasiaanya dan hanya dipergunakan untuk kepentingan akademis saja.

Terima kasih atas kemurahan hati, kerja sama, dan partisipasi Anda dalam mengisi kuesioner ini. Saya sangat menghargai kejujuran serta waktu yang Anda luangkan di sela-sela aktivitas lapangan, karena jawaban dan kontribusi Anda tersebut sangat berarti dalam kelancaran dan penyelesaian tugas akhir/skripsi saya.

Kriteria Responden:

1. Pekerja/Teknisi/Staf yang terlibat langsung atau mengawasi proses *erection girder*.
2. Memiliki pengalaman kerja di bidang terkait minimum 1 tahun.

DATA PROFIL RESPONDEN

(Nama boleh disamarkan/diisi menggunakan inisial demi menjaga kerahasiaan)

- Nama / Inisial: Farid, S.T., M.T
- Jenis Kelamin: Laki laki
- Pendidikan Terakhir: S2
- Jabatan / Posisi: Inspector concultan K3
- Masa Kerja: 15 Tahun

Lanjutan Lampiran 5 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Pertama

Tabel Kuesioner Probabilitas Mitigasi Pada Pekerjaan *Erection Girder*

1 = Pasti | 2 = Sangat Mungkin | 3 = Mungkin | 4 = Sedang | 5 = Tidak Mungkin

No	Faktor Utama	1	2	3	4	5
1.	Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan *Erection Girder*					
	- Jatuhnya *Girder* pada proses *erection* berlangsung			✓		
2.	Langkah Mitigasi					
	- Koordinasi dan Verifikasi Dokumen	✓				
	- Perizinan dan Kesiapan Personel	✓				
	- Inspeksi Lokasi, Cuaca, Penerapan *Control Self-Assessment* (CSA)	✓				
	- Pengecekan Kondisi *Girder, Bearing pad* dan Kesiapan Area Pemasangan	✓				
	- Pemeriksaan, Verifikasi Alat dan Perlengkapannya	✓				
	- Uji Beban (*Load Test*)	✓				
	- Pemeriksaan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Pengawasan Kondisi dan Jam Kerja Personel	✓				

Lampiran 7 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Kedua

KUESIONER PADA PEKERJAAN *ERECTION GIRDER*

Kepada Yth. Bapak/Ibu/Saudara, Perkenalkan saya Lushyva Firatri Kurnia Dewi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai keselamatan kerja pada proses *erection girder*. Berdasarkan tugas akhir akademis, sebelumnya meminta ketersediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk mengisi kuesioner saya. Mohon memberikan jawaban secara jujur, objektif, dan apa adanya sesuai dengan kondisi riil di lapangan. Sesuai dengan kode etik penelitian, seluruh data yang Anda berikan akan dijaga kerahasiaanya dan hanya dipergunakan untuk kepentingan akademis saja.

Terima kasih atas kemurahan hati, kerja sama, dan partisipasi Anda dalam mengisi kuesioner ini. Saya sangat menghargai kejujuran serta waktu yang Anda luangkan di sela-sela aktivitas lapangan, karena jawaban dan kontribusi Anda tersebut sangat berarti dalam kelancaran dan penyelesaian tugas akhir/skripsi saya.

Kriteria Responden:

1. Pekerja/Teknisi/Staf yang terlibat langsung atau mengawasi proses *erection girder*.
2. Memiliki pengalaman kerja di bidang terkait minimum 1 tahun.

DATA PROFIL RESPONDEN

(Nama boleh disamarkan/diisi menggunakan inisial demi menjaga kerahasiaan)

- Nama / Inisial: Bachtiar
- Jenis Kelamin: Laki Laki
- Pendidikan Terakhir: SMK
- Jabatan / Posisi: Logistik
- Masa Kerja: 10 Tahun

Lanjutan Lampiran 6 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Kedua

Tabel Kuesioner Probabilitas Mitigasi Pada Pekerjaan *Erection Girder*

1 = Pasti | 2 = Sangat Mungkin | 3 = Mungkin | 4 = Sedang | 5 = Tidak Mungkin

No	Faktor Utama	1	2	3	4	5
1.	Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan *Erection Girder*					
	- Jatuhnya *Girder* pada proses *erection* berlangsung			✓		
2.	Langkah Mitigasi					
	- Koordinasi dan Verifikasi Dokumen	✓				
	- Perizinan dan Kesiapan Personel	✓				
	- Inspeksi Lokasi, Cuaca, Penerapan *Control Self-Assessment* (CSA)	✓				
	- Pengecekan Kondisi *Girder, Bearing pad* dan Kesiapan Area Pemasangan	✓				
	- Pemeriksaan, Verifikasi Alat dan Perlengkapannya	✓				
	- Uji Beban (*Load Test*)	✓				
	- Pemeriksaan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Pengawasan Kondisi dan Jam Kerja Personel		✓			

Lampiran 8 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Ketiga

KUESIONER PADA PEKERJAAN *ERECTION GIRDER*

Kepada Yth. Bapak/Ibu/Saudara, Perkenalkan saya Lushyva Firatri Kurnia Dewi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai keselamatan kerja pada proses *erection girder*. Berdasarkan tugas akhir akademis, sebelumnya meminta ketersediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk mengisi kuesioner saya. Mohon memberikan jawaban secara jujur, objektif, dan apa adanya sesuai dengan kondisi riil di lapangan. Sesuai dengan kode etik penelitian, seluruh data yang Anda berikan akan dijaga kerahasiaanya dan hanya dipergunakan untuk kepentingan akademis saja.

Terima kasih atas kemurahan hati, kerja sama, dan partisipasi Anda dalam mengisi kuesioner ini. Saya sangat menghargai kejujuran serta waktu yang Anda luangkan di sela-sela aktivitas lapangan, karena jawaban dan kontribusi Anda tersebut sangat berarti dalam kelancaran dan penyelesaian tugas akhir/skripsi saya.

Kriteria Responden:

1. Pekerja/Teknisi/Staf yang terlibat langsung atau mengawasi proses *erection girder*.
2. Memiliki pengalaman kerja di bidang terkait minimum 1 tahun.

DATA PROFIL RESPONDEN

(Nama boleh disamarkan/diisi menggunakan inisial demi menjaga kerahasiaan)

- Nama / Inisial: Bayu, S.T
- Jenis Kelamin: Laki Laki
- Pendidikan Terakhir: S1
- Jabatan / Posisi: Rigger
- Masa Kerja: 7 Tahun

Lanjutan Lampiran 7 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Ketiga

Tabel Kuesioner Probabilitas Mitigasi Pada Pekerjaan *Erection Girder*

1 = Pasti | 2 = Sangat Mungkin | 3 = Mungkin | 4 = Sedang | 5 = Tidak Mungkin

No	Faktor Utama	1	2	3	4	5
1.	Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan *Erection Girder*					
	- Jatuhnya *Girder* pada proses *erection* berlangsung			✓		
2.	Langkah Mitigasi					
	- Koordinasi dan Verifikasi Dokumen	✓				
	- Perizinan dan Kesiapan Personel	✓				
	- Inspeksi Lokasi, Cuaca, Penerapan *Control Self-Assessment* (CSA)	✓				
	- Pengecekan Kondisi *Girder, Bearing pad* dan Kesiapan Area Pemasangan	✓				
	- Pemeriksaan, Verifikasi Alat dan Perlengkapannya	✓				
	- Uji Beban (*Load Test*)	✓				
	- Pemeriksaan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Pengawasan Kondisi dan Jam Kerja Personel	✓				

Lampiran 9 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Keempat

KUESIONER PADA PEKERJAAN *ERECTION GIRDER*

Kepada Yth. Bapak/Ibu/Saudara, Perkenalkan saya Lushyva Firatri Kurnia Dewi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai keselamatan kerja pada proses *erection girder*. Berdasarkan tugas akhir akademis, sebelumnya meminta ketersediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk mengisi kuesioner saya. Mohon memberikan jawaban secara jujur, objektif, dan apa adanya sesuai dengan kondisi riil di lapangan. Sesuai dengan kode etik penelitian, seluruh data yang Anda berikan akan dijaga kerahasiaanya dan hanya dipergunakan untuk kepentingan akademis saja.

Terima kasih atas kemurahan hati, kerja sama, dan partisipasi Anda dalam mengisi kuesioner ini. Saya sangat menghargai kejujuran serta waktu yang Anda luangkan di sela-sela aktivitas lapangan, karena jawaban dan kontribusi Anda tersebut sangat berarti dalam kelancaran dan penyelesaian tugas akhir/skripsi saya.

Kriteria Responden:

1. Pekerja/Teknisi/Staf yang terlibat langsung atau mengawasi proses *erection girder*.
2. Memiliki pengalaman kerja di bidang terkait minimum 1 tahun.

DATA PROFIL RESPONDEN

(Nama boleh disamarkan/diisi menggunakan inisial demi menjaga kerahasiaan)

- Nama / Inisial: Ali Tugiono, S.T
- Jenis Kelamin: Laki Laki
- Pendidikan Terakhir: S1
- Jabatan / Posisi: HSE
- Masa Kerja: 11 Tahun

Lanjutan Lampiran 8 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Keempat

Tabel Kuesioner Probabilitas Mitigasi Pada Pekerjaan *Erection Girder*

1 = Pasti | 2 = Sangat Mungkin | 3 = Mungkin | 4 = Sedang | 5 = Tidak Mungkin

No	Faktor Utama	1	2	3	4	5
1.	Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan *Erection Girder*					
	- Jatuhnya *Girder* pada proses *erection* berlangsung		✓			
2.	Langkah Mitigasi					
	- Koordinasi dan Verifikasi Dokumen	✓				
	- Perizinan dan Kesiapan Personel	✓				
	- Inspeksi Lokasi, Cuaca, Penerapan *Control Self-Assessment* (CSA)	✓				
	- Pengecekan Kondisi *Girder, Bearing pad* dan Kesiapan Area Pemasangan	✓				
	- Pemeriksaan, Verifikasi Alat dan Perlengkapannya	✓				
	- Uji Beban (*Load Test*)	✓				
	- Pemeriksaan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Pengawasan Kondisi dan Jam Kerja Personel	✓				

Lampiran 10 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Kelima

KUESIONER PADA PEKERJAAN *ERECTION GIRDER*

Kepada Yth. Bapak/Ibu/Saudara, Perkenalkan saya Lushyva Firatri Kurnia Dewi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai keselamatan kerja pada proses *erection girder*. Berdasarkan tugas akhir akademis, sebelumnya meminta ketersediaan Bapak/Ibu/Saudara untuk mengisi kuesioner saya. Mohon memberikan jawaban secara jujur, objektif, dan apa adanya sesuai dengan kondisi riil di lapangan. Sesuai dengan kode etik penelitian, seluruh data yang Anda berikan akan dijaga kerahasiaanya dan hanya dipergunakan untuk kepentingan akademis saja.

Terima kasih atas kemurahan hati, kerja sama, dan partisipasi Anda dalam mengisi kuesioner ini. Saya sangat menghargai kejujuran serta waktu yang Anda luangkan di sela-sela aktivitas lapangan, karena jawaban dan kontribusi Anda tersebut sangat berarti dalam kelancaran dan penyelesaian tugas akhir/skripsi saya.

Kriteria Responden:

1. Pekerja/Teknisi/Staf yang terlibat langsung atau mengawasi proses *erection girder*.
2. Memiliki pengalaman kerja di bidang terkait minimum 1 tahun.

DATA PROFIL RESPONDEN

(Nama boleh disamarkan/diisi menggunakan inisial demi menjaga kerahasiaan)

- Nama / Inisial: Mugrim.S.T.
- Jenis Kelamin: Laki laki
- Pendidikan Terakhir: S1
- Jabatan / Posisi: Pelaksana
- Masa Kerja: 8 Tahun

Lanjutan Lampiran 9 Transkip dan Tabulasi Kuesioner Kelima

Tabel Kuesioner Probabilitas Mitigasi Pada Pekerjaan *Erection Girder*

1 = Pasti | 2 = Sangat Mungkin | 3 = Mungkin | 4 = Sedang | 5 = Tidak Mungkin

No.	Faktor Utama	1	2	3	4	5
1.	Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan *Erection Girder*					
	- Jatuhnya *Girder* pada proses *erection* berlangsung			✓		
2.	Langkah Mitigasi					
	- Koordinasi dan Verifikasi Dokumen	✓				
	- Perizinan dan Kesiapan Personel	✓				
	- Inspeksi Lokasi, Cuaca, Penerapan *Control Self-Assessment* (CSA)	✓				
	- Pengecekan Kondisi *Girder, Bearing pad* dan Kesiapan Area Pemasangan	✓				
	- Pemeriksaan, Verifikasi Alat dan Perlengkapannya	✓				
	- Uji Beban (*Load Test*)	✓				
	- Pemeriksaan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), Pengawasan Kondisi dan Jam Kerja Personel	✓				