

TUGAS AKHIR

**ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB
KECELAKAAN KERJA PADA PEKERJAAN
PENGgantian JEMBATAN TRASAN II, JUWIRING
KAB. KLATEN MENGGUNAKAN METODE *FAULT
TREE ANALYSIS*
(*ANALYSIS OF FACTORS CAUSING WORK
ACCIDENTS IN THE TRASAN II BRIDGE
REPLACEMENT PROJECT, JUWIRING, KLATEN
REGENCY USING THE FAULT TREE ANALYSIS
METHOD*)**

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



**MUHAMAD ATTAR PRATAMA
20511024**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN KERJA PADA PEKERJAAN PENGgantian JEMBATAN TRASAN II, JUWIRING KAB. KLATEN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (*ANALYSIS OF FACTORS CAUSING WORK ACCIDENTS IN THE TRASAN II BRIDGE REPLACEMENT PROJECT, JUWIRING, KLATEN REGENCY USING THE FAULT TREE ANALYSIS METHOD*)

Disusun oleh
MUHAMAD ATTAR PRATAMA
20511024

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

Diuji pada tanggal 25 Oktober 2024

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I

Ir. E. Nugraheni S.T., M.T.,
Ph.D., IPM,
NIK: 005110101

Penguji I

Alhadi M., S.T., M.T., Ph.D
NIK: 955110102

Penguji II

Ir. Tri Nugroho S., S.T.,
M.T.
NIK: 195110502



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yunalis Munafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng), IPM
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini, saya menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat penyelesaian program Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia adalah hasil karya saya sendiri. Bagian-bagian tertentu dalam laporan Tugas Akhir yang berasal dari karya orang lain telah saya cantumkan sumbernya dengan jelas, sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Jika di kemudian hari terbukti bahwa seluruh atau sebagian dari laporan Tugas Akhir ini bukan karya saya sendiri atau terdapat plagiasi pada bagian tertentu, saya siap menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya peroleh, sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 25 Oktober 2024

Yang membuat pernyataan,



KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja pada Pekerjaan Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring, Kabupaten Klaten Menggunakan Metode Fault Tree Analysis*. Penelitian Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada proses penyusunan Tugas Akhir ini, banyak hambatan yang dihadapi peneliti dalam menulis. Namun, dengan adanya saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Oleh sebab itu, peneliti ingin memberikan ucapan terima kasih yang sedalam dalamnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.(Eng)., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Ir. Fitri Nugraheni S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan nasehat, memberikan banyak tambahan ilmu dan memberikan masukan dan saran selama proses penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak Albani Musyafa, S.T., M.T., Ph.D dan Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah menguji, membimbing, serta memberikan masukan dan saran hingga Tugas Akhir ini selesai.
4. Bapak Safrudin selaku Pelaksana pada Proyek Penggantian Jembatan Trasan II yang telah memberikan ilmu tambahan, bersedia dalam proses wawancara dan memberikan validasi terkait sumber informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

Yogyakarta, 25 Oktober 2024

Pemulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Muhamad Attar Pratama', written in a cursive style.

Muhamad Attar Pratama
(20511024)

HALAMAN DEDIKASI

Tugas Akhir ini saya dedikasikan kepada:

1. Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan kesehatan, kemudahan serta rezeki kepada saya sehingga dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua, dan adik-adik saya yang telah memberikan do'a, dukungan dan semangat hingga selesainya penelitian Tugas Akhir.
3. Tiara Fadhilla Andini yang telah menyemangati dalam hal apa pun dan terima kasih telah menemani peneliti selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, dan
4. Teman-teman terutama Ghazali, Ishom, Khairul, Agit, Alief, Mine, Fadel, Vitho, Badrul, Desta, Deni, Bintang dan teman-teman seperjuangan angkatan 2020 yang selalu memberikan semangat dan saran untuk tidak menyerah dan selalu ada dalam segala situasi maupun kondisi apa pun, sehingga dapat diselesaikannya penelitian Tugas Akhir.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN DEDIKASI	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	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 Terdahulu	6
2.3 Perbedaan Penelitian	11
BAB III LANDASAN TEORI	20
3.1 Tinjauan Umum	20
3.2 Proyek	20
3.3 Proyek Konstruksi	21
3.3.1 Jenis-Jenis Proyek Konstruksi	22
3.3.2 Tahapan Proyek Konstruksi	24
3.3.3 Batasan Proyek Konstruksi	25

3.4	Keselamatan Kerja	27
3.5	Perancah/ <i>Scaffolding</i>	28
3.5.1	Tipe-Tipe Perancah/ <i>scaffolding</i>	28
3.5.2	Jenis-Jenis Perancah/ <i>Scaffolding</i>	29
3.6	Pengendalian Risiko	35
3.7	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	38
3.7.1	Kekuatan dan Keterbatasan	39
3.7.2	Aturan Dasar <i>Fault Tree Analysis</i>	41
3.7.3	Validasi Data <i>Fault Tree Analysis</i>	43
3.7.4	Verifikasi Data <i>Fault Tree Analysis</i>	47
3.7.5	Tahapan <i>Fault Tree Analysis</i>	48
BAB IV	METODE PENELITIAN	50
4.1	Tinjauan Umum	50
4.2	Subjek Penelitian	50
4.3	Objek Penelitian	51
4.4	Metode Pengumpulan Data	51
4.5	Metode Analisis Data	52
4.6	Tahapan Penelitian	52
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	55
5.1	Pelaksanaan Penelitian	55
5.2	Analisis Data	55
5.2.1	Data Variabel Kecelakaan Kerja Umum Pada Pekerjaan <i>Scaffolding</i>	55
5.2.2	Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan <i>Scaffolding</i> Proyek Penggantian Jembatan Trasan	56
5.2.3	Menentukan <i>Top Event</i>	57
5.2.4	Menentukan Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan	57
5.2.5	Penggambaran <i>Fault Tree Analysis</i>	61
5.2.6	Kombinasi <i>Basic Event</i>	66
5.2.7	Validasi Data FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>)	67
5.3	Verifikasi Pakar Ahli K3	71

5.4 Pembahasan	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	78
6.1 Kesimpulan	78
6.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan	13
Tabel 3.1 Simbol Simbol Fault Tree Analysis	42
Tabel 3.2 Hukum Aljabar Boolean	45
Tabel 5.1 Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja	58
Tabel 5.2 Simbol <i>Fault</i> Tree Analysis	61
Tabel 5.3 Deskripsi Notasi Huruf dan Angka	65
Tabel 5.4 <i>Cut Sets</i> Menggunakan Aljabar Boolean	66
Tabel 5.5 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko	67
Tabel 5.6 Masukan dan Saran Pelaksana	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Proyek Pembangunan Jembatan Trasan, Juwiring	3
Gambar 3.1 <i>Suspended Scaffolding</i>	29
Gambar 3.2 <i>Supported Scaffolding</i>	29
Gambar 3.3 <i>Aerial Lifts Scaffolding</i>	29
Gambar 3.4 Perancah Andang Kayu	30
Gambar 3.5 Perancah Andang Bambu	30
Gambar 3.6 Perancah Andang Besi	31
Gambar 3.7 Perancah Tiang dari Bambu	31
Gambar 3.8 Perancah Tiang dari Bambu dengan Konsol Besi	32
Gambar 3.9 Perancah Tiang Besi atau Pipa	32
Gambar 3.10 <i>Mobile Scaffolding</i>	33
Gambar 3.11 <i>Scaffolding Kayu/Bambu</i>	33
Gambar 3.12 <i>Scaffolding Rangka</i>	34
Gambar 3.13 <i>Tube and Coupler Scaffolding</i>	34
Gambar 3.14 Hierarki Pengendalian Risiko	35
Gambar 3.15 Permodelan <i>Fault Tree Analysis</i>	49
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian	53
Gambar 5.1 Kondisi <i>Scaffolding</i>	56
Gambar 5.2 Dokumentasi Sebelum Wawancara	57
Gambar 5.3 Rencana Grafis Permodelan Pekerja Terjatuh dan Tercebur	60
Gambar 5.4 Grafik FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>) Pekerja Terjatuh dan Tercebur	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Bukti Wawancara	83
Lampiran 2 Transkrip Wawancara	84
Lampiran 3 Surat Keterangan Validasi	86
Lampiran 4 Dokumentasi Proyek	87

ABSTRAK

Tindakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi (K3 Konstruksi) dilakukan untuk dapat mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja yang mungkin terjadi pada proyek konstruksi. K3 Konstruksi merupakan upaya untuk mencegah, menjamin dan melindungi pekerja dan orang di sekitar dari kecelakaan kerja yang mungkin terjadi di area proyek konstruksi. Dengan beragam risiko dalam pelaksanaan sebuah proyek yang dapat menghambat kemajuan dan aktivitas proyek serta merugikan berbagai pihak, para pelaku di dunia konstruksi saat ini harus menyadari betapa pentingnya memprioritaskan penanganan risiko yang mungkin terjadi dan berdampak negatif, baik secara langsung maupun tidak langsung. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui akar permasalahan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *scaffolding* di Proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fault tree analysis*. Metode ini digunakan sebagai alat investigasi setelah terjadi kecelakaan, konsep ini dilakukan dengan mencari keterkaitan secara berantai yang menyebabkan kecelakaan bisa terjadi. Dalam metode ini, dilakukan pendekatan yang diawali dengan kegagalan (kecelakaan kerja) sebagai kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci apa saja penyebab yang mungkin menjadi faktor dari kegagalan tersebut (*basic event/root cause*).

Hasil dari penelitian ini, menunjukkan akar permasalahan utama yaitu kecelakaan berupa jatuhnya scaffolding, sehingga menyebabkan terjatuh dan terceburnya tenaga kerja yang disebabkan oleh kurangnya pengetahuan dalam penyusunan serta kurangnya keterampilan karena pekerja tidak memiliki keahlian yang sesuai, kurangnya sosialisasi dan penyuluhan dikarenakan tidak adanya jadwal atau waktu khusus untuk diadakannya pelatihan, kondisi alat yang sudah tua, bengkok, dan terdapat karat dikarenakan kurangnya perawatan, dan alat tidak diperbaharui kembali.

Kata Kunci: Kecelakaan Kerja, *Scaffolding*, *Fault Tree Analysis* (FTA)

ABSTRACT

Construction Occupational Safety and Health (K3 Construction) measures are carried out to be able to prevent and reduce work accidents that may occur on construction projects. Construction OHS is an effort to prevent, ensure and protect workers and people around from work accidents that may occur in the construction project area. With various risks in the implementation of a project that can hinder the progress and activities of the project and harm various parties, actors in the construction world today must realize how important it is to prioritize handling risks that may occur and have a negative impact, both directly and indirectly. The purpose of this study is to determine the root causes of work accidents in scaffolding work at the Trasan II Bridge Replacement Project, Juwiring.

The method used in this research is fault tree analysis. This method is used as an investigation tool after an accident, this concept is carried out by looking for serial links that cause accidents to occur. In this method, an approach is taken that begins with the failure (work accident) as a top event and then details what causes may be a factor in the failure (basic event/root cause).

The results of this study show the main root causes of accidents, namely accidents in the form of falling scaffolding, causing falls and splashes of workers caused by a lack of knowledge in the preparation and lack of skills because workers do not have the appropriate expertise, lack of socialization and counseling due to the absence of a special schedule or time for training, the condition of old, bent, and rusted tools due to lack of maintenance, and tools are not refurbished.

Keywords: *Work Accident, Scaffolding, Fault Tree Analysis (FTA).*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tindakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi (K3 Konstruksi) dilakukan untuk dapat mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja yang mungkin terjadi pada proyek konstruksi. K3 Konstruksi merupakan upaya untuk mencegah, menjamin dan melindungi pekerja dan orang di sekitar dari kecelakaan kerja yang mungkin terjadi di area proyek konstruksi. Sedangkan, kecelakaan kerja menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja nomor 03/men/1998 adalah suatu kejadian yang tidak dikehendaki dan tidak diduga semula yang dapat menimbulkan korban jiwa dan harta benda. Risiko kecelakaan kerja yang terjadi pada proyek konstruksi sangat beragam, seperti risiko kecelakaan kerja pada ketinggian, terjepit, terjatuh, tertimpa, dan macam lainnya.

Dalam upaya menjalankan pembangunan infrastruktur dengan baik, penting untuk memperhatikan manajemen dan perencanaan konstruksi yang efektif agar menghindari potensi kegagalan dan insiden yang dapat merugikan baik proyek infrastruktur itu sendiri maupun masyarakat sekitarnya. Namun, kenyataannya, insiden konstruksi dalam proyek infrastruktur di Indonesia masih belum memperlihatkan kinerja yang memuaskan, dengan penekanan terhadap keselamatan konstruksi yang masih rendah di setiap proyek pembangunan. Akibatnya, standar infrastruktur dan kondisi sekitar proyek terpengaruh oleh jumlah insiden kerja yang masih tinggi.

Menteri Ketenagakerjaan, Ibu Ida Fauziyah menyatakan bahwa angka ketenagakerjaan mengalami kenaikan selama 3 tahun belakangan ini berdasarkan data ketenagakerjaan BPJS. Hal itu disampaikan pada Acara Peringatan Bulan K3 Nasional di Jawa Barat, Sukabumi Kamis, 12 Januari 2023. Pada tahun 2020 jumlah kecelakaan kerja sebanyak 221.740 kasus, tahun 2021 sebanyak 234.370 kasus, dan tahun 2022 mengalami kenaikan sebesar 265.334 kasus (tercatat per November). Dalam konteks pekerjaan proyek, menyadari dan mengutamakan

identifikasi serta penanganan risiko merupakan hal yang sangat penting bagi para pelaku industri konstruksi saat ini. Hal ini disebabkan oleh berbagai kemungkinan risiko yang dapat mengakibatkan penundaan jadwal serta menimbulkan kerugian bagi semua pihak yang terlibat dalam proyek tersebut, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dengan beragam risiko dalam pelaksanaan sebuah proyek yang dapat menghambat kemajuan dan aktivitas proyek serta merugikan berbagai pihak, para pelaku di dunia konstruksi saat ini harus menyadari betapa pentingnya memprioritaskan penanganan risiko yang mungkin terjadi dan berdampak negatif, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam konteks ini, pentingnya menerapkan sistem keselamatan kerja yang baik harus didukung oleh implementasi rencana keselamatan kerja konstruksi yang terperinci dan didasarkan pada pengetahuan ilmiah yang kuat. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis pencegahan keselamatan kerja pada proyek konstruksi sebagai langkah inovatif guna mencegah terjadinya kecelakaan kerja di masa depan.

Banyak insiden kecelakaan kerja di tempat tinggi terjadi karena para pekerja tidak memiliki pengetahuan dasar tentang keselamatan kerja, terutama dalam pekerjaan yang menggunakan *scaffolding* sebagai alat bantu untuk bekerja di ketinggian. Apabila prosedur keselamatan penggunaan *scaffolding* tidak dijalankan dengan benar, hal ini dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja bagi para pekerja. Berdasarkan peristiwa yang terjadi, peneliti berkeinginan untuk mengusulkan ide penelitian yang bertujuan untuk menganalisis cara-cara untuk mencegah kecelakaan kerja di sektor konstruksi. Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan akan diperoleh gagasan dan rekomendasi yang dapat meningkatkan sistem keselamatan kerja secara ilmiah di Indonesia.

Penelitian ini akan fokus dilaksanakan pada proyek pembangunan penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring yang terletak di Jl. Trasan, Dusun II, Trasan, Kec. Juwiring, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah seperti yang tercantum pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Proyek Pembangunan Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring
(Sumber : Google Maps)

Alasan mengapa memilih proyek ini dikarenakan dalam permasalahan ini, kita dapat mengidentifikasi dan menentukan penyebab mengapa kecelakaan kerja pada pekerjaan *scaffolding* dapat terjadi dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) atau Analisis Pohon Kesalahan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencari akar yang dapat digunakan untuk mencari akar penyebab masalah dari macam-macam permasalahan yang ada (Anthony, 2015). Metode ini, digunakan dalam memprediksi atau digunakan sebagai alat investigasi setelah terjadi kecelakaan, konsep ini dilakukan dengan mencari keterkaitan secara berantai yang menyebabkan kecelakaan bisa terjadi. Dalam metode ini, dilakukan pendekatan yang diawali dengan kegagalan (kecelakaan kerja) sebagai kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci apa saja penyebab yang mungkin menjadi faktor dari kegagalan tersebut (*basic event/root cause*). Untuk mengidentifikasi kegagalan tersebut dapat dilakukan melalui faktor fisik maupun non-fisik.

Dalam penelitian ini, akan dianalisis insiden kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerjaan *scaffolding* dengan mengidentifikasi berbagai penyebab yang

mungkin memicu kecelakaan tersebut. Selanjutnya, akan ditetapkan langkah-langkah pengendalian risiko yang dapat diterapkan guna mencegah terulangnya penyebab atau akar dari kecelakaan kerja tersebut. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan solusi atau langkah pengendalian kecelakaan kerja yang tepat berdasarkan akar permasalahan yang teridentifikasi, sebagai upaya untuk mengurangi insiden kecelakaan kerja pada pekerjaan *scaffolding*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang didapatkan adalah apa akar permasalahan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *scaffolding* di Proyek Jembatan Trasan II, Juwiring yang didapatkan melalui metode *Fault Tree Analysis* (FTA)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui akar permasalahan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *scaffolding* di Proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring yang didapatkan melalui metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

1.4 Manfaat Penelitian

Pada bagian ini, manfaat penelitian disusun dalam tiga aspek sebagai berikut.

1. Bagi Akademisi

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan atau literatur yang berguna untuk mendalami lebih lanjut tentang kecelakaan kerja pada pekerjaan *scaffolding*, serta dapat menjadi panduan dan sumber penelitian lanjutan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bagian dari laporan proyek akhir mahasiswa dalam rangka memperoleh gelar sarjana teknik, serta untuk meningkatkan pengetahuan, pemahaman, dan pengalaman bagi para peneliti di bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi (K3 Konstruksi).

2. Bagi Praktisi

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan evaluasi bagi perusahaan, khususnya yang bergerak dalam pekerjaan *scaffolding* dengan

memberikan masukan atau saran mengenai pengendalian kecelakaan kerja yang dapat dilakukan oleh pihak perusahaan.

3. Untuk Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi dalam memperkaya pemahaman tentang kecelakaan kerja, terutama dalam konteks pekerjaan *scaffolding*, serta memberikan pengetahuan terkini dalam bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi (K3 Konstruksi).

1.5 Batasan Penelitian

Pada sub bab ini, membahas terkait batasan penelitian untuk mempermudah dalam menentukan permasalahan dalam lingkup tertentu. Batasan Penelitian yang digunakan oleh penelitian ini adalah sebagai berikut.

Penelitian dilakukan pada proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring yang terletak di Jl. Trasan, Dusun II, Trasan, Kec. Juwiring, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah 57472. Penelitian berfokus kepada kecelakaan kerja yang telah terjadi yaitu pekerja terjatuh dan tercebur pada pekerjaan *scaffolding* dengan ketinggian 7,2 meter di Proyek Jembatan Trasan, Juwiring.

Penelitian menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang bertujuan mencari faktor-faktor penyebab kecelakaan terjatuhnya *scaffolding*.

Pengumpulan data yang dilakukan dengan cara wawancara secara langsung. Narasumber dalam penelitian ini merupakan pelaksana yang merupakan pekerja pada saat pembangunan Proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Kecelakaan kerja merupakan fenomena yang sering terjadi dalam industri jasa konstruksi, namun pemahaman mengenainya masih kurang di kalangan pelaku industri tersebut. Program-program keselamatan kerja sering kali dianggap sebagai penghambat bagi kelancaran pekerjaan. Melalui tinjauan terhadap berbagai penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa keselamatan kerja seharusnya menjadi pertimbangan utama bagi semua penyedia jasa konstruksi dalam menilai keberhasilan suatu proyek, bukan hanya sebatas pada produk akhirnya. Perbandingan antara penelitian-penelitian sebelumnya dan penelitian saat ini akan dikaji lebih lanjut dalam bab ini.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya adalah penelitian yang memiliki topik serupa dengan judul penelitian ini. Berikut adalah penelitian yang digunakan sebagai tinjauan pustaka atau penelitian terdahulu, sebagai berikut.

1. Analisis Kecelakaan Kerja Pekerjaan Pemasangan *Stopper Clamp* dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) (Studi Kasus: Proyek *Jetty Upper Structure*, PLTU Jawa 9 dan 10). Penelitian ini dilakukan oleh Hasyimi (2024), Pada penelitian ini menjelaskan tentang analisis kecelakaan kerja pada pekerjaan pemasangan *stopper clamp* dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) pada proyek *Jetty Upper Structure*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis akar-akar permasalahan yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja dalam pekerjaan pemasangan *stopper clamp* dan penelitian ini dibatasi oleh objek penelitian yang hanya terfokuskan pada pekerjaan pemasangan *stopper clamp*, menggunakan metode *fault tree analysis*, berlokasi pada pekerjaan pembangunan *jetty upper structure* PLTU Jawa 9 dan 10, suralaya, Banten, dan data-data lapangan diperoleh dengan durasi 4 bulan dimulai pada bulan

Februari 2023 hingga Juni 2023. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh masalah utama yang merupakan penyebab terjadinya kecelakaan kerja pekerjaan pemasangan *stopper clam*, sebagai berikut.

- a. Dengan menggunakan metode FTA dalam penelitian ini didapatkan 4 faktor utama penyebab terjadinya kecelakaan kerja pekerja terjatuh dan tercebur. Faktor tersebut antara lain dari lingkungan, pekerja, peralatan dan manajemen K3.
 - b. Faktor tersebut kemudian disusun dalam bentuk grafis dengan simbol dan angka untuk memudahkan analisis MOCUS.
 - c. Setelah dilakukan analisa MOCUS Didapatkan 9 kombinasi *basic event*.
 - d. Selain itu, diberikan pengendalian risiko yang tepat untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja terutama pekerjaan pemasangan *stopper clamp* atau pekerjaan ketinggian di atas permukaan air.
2. Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) Pada PT. Surya Karya Setiabudi. Penelitian ini dilakukan oleh Adella dan Yuamita (2023), penelitian ini bertujuan guna mengetahui nilai statistik K3 dan mengetahui sumber kegagalan kerja yang ada pada perusahaan. Penelitian ini menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) untuk mengetahui faktor apa saja yang menyebabkan kegagalan kerja. Hasil dari penelitian ini yaitu faktor penyebab terjadinya kecelakaan pada perusahaan sebagian besar disebabkan oleh manusia. Dari analisis FTA ini dapat diketahui bahwa kurangnya *safety induction* menjadi penyebab utama dari faktor manusia. Serta penerapan program K3 di perusahaan pada tahun 2021, baik pertumbuhan maupun penurunannya tidak berubah. Hal ini dibuktikan dengan hasil dari *safe T-Score* yaitu 0, dimana hasil tersebut berada dalam interval +2,00 - -2,00.
 3. Analisa Potensi Bahaya Pada Pekerjaan Pemasangan *Scaffolding Overhaul Boiler* PLTU Pelabuhan Ratu. Penelitian ini dilakukan oleh Aziz dkk. (2022), Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran penilaian risiko keselamatan kerja yang ada di PT Indonesia Power UPJP Bali Sub Unit PLTU

Baru khususnya di bagian boiler. Penelitian ini menggunakan metode *Job Safety Analysis* (JSA) yang merupakan salah satu teknik analisis yang dilakukan oleh perusahaan dalam penekanan tingkat risiko sehingga tingkat kecelakaan kerja dapat berkurang. Hasil dari penelitian ini yaitu terdapat beberapa kategori keselamatan yang terkatagorikan ada sejumlah 26 penerapan dari 29 list pertanyaan yang diajukan. Hal ini berarti sekitar 89% peralatan yang menunjang untuk keselamatan para pekerja. Dengan begitu secara garis besar bahwa PLTU Pelabuhan ratu telah menerapkan K3 dengan benar dan sesuai dengan peraturan Pemerintah. Kondisi ini tentunya berdampak baik bagi para pekerja guna meningkatkan produktivitas dan kinerja dalam bekerja, karena resiko kecelakaan yang nantinya akan timbul ditekan sekecil mungkin.

4. Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi Menggunakan *Accident Root Cause Tracing Mode* (ARCTM) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Penelitian ini dilakukan oleh Arman dkk. (2022), penelitian ini bertujuan untuk menyediakan model bagi penyelidik untuk mengidentifikasi akar penyebab kecelakaan dengan mudah versus mengembangkan model dengan ide-ide abstrak dan jargon keselamatan kerja teknik yang rumit dan definisi yang membingungkan untuk relatif istilah yang jelas seperti kecelakaan dan cedera. Konsep utama dari ARCTM yaitu kecelakaan kerja terjadi pada umumnya disebabkan oleh tiga sebab yaitu:
 - a. gagal mengidentifikasi kondisi yang tidak aman yang sudah ada sebelum aktivitas dimulai atau sudah berkembang setelah aktivitas dimulai,
 - b. memutuskan untuk tetap melanjutkan pekerjaan setelah pekerja mengetahui adanya kondisi tidak aman, dan
 - c. memutuskan untuk melakukan tindakan tidak aman dengan menghiraukan persyaratan standar lingkungan kerja (Abdelhamid & Everett, 2000).

Batasan penelitian ini dilakukan pada Proyek Embung Talago di desa Sikabu Kabu, Luhak, Lima Puluh Kota yang ditemukan adanya kasus kecelakaan kerja. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-kualitatif yang

menginvestigasi penyebab dan memberikan deskripsi kronologis peristiwa kecelakaan kerja. Hasil penelitian sebagai berikut.

- a. Berdasarkan observasi lokasi ditemukan beberapa kasus kecelakaan kerja yang terjadi pada Proyek Pembangunan Embung Talago, namun yang dikaji dalam penelitian ini hanya satu kasus kecelakaan kerja, yakni kaki pekerja tertimpa material yang menggelinding dari atas tebing pada saat proses pengecoran.
- b. Kondisi tidak aman (*unsafe condition*) diidentifikasi sebagai berikut.
 - 1) Lokasi proyek yang berbatu sehingga berisiko membahayakan pekerja di bawahnya.
 - 2) Kurangnya pencahayaan yang membuat minimnya penglihatan pekerja pada saat lembur di malam hari.
- c. Tindakan tidak aman (*unsafe actions*)
 - 1) Sistem manajemen di proyek yang kurang memadai yaitu kurangnya pengawasan di proyek.
 - 2) Tekanan dari rekan sebaya yang meminta pekerja bertindak tidak aman.
 - 3) Tekanan dari pihak kontraktor yaitu pekerja diminta lembur untuk mengejar target proyek.
 - 4) Pekerja lalai dan tidak menggunakan alat pelindung diri (APD) dengan lengkap.
 - 5) Pekerja tidak memiliki pengalaman dalam pekerjaan proyek bendungan air.
- d. Dari model ARCTM disarankan 3 rekomendasi kepada pihak kontraktor untuk meningkatkan dan memperbaiki sistem manajemen keselamatan kerja konstruksi yaitu sebagai berikut.
 - 1) Adakan pelatihan pekerja
 Berdasarkan hasil penelitian diperoleh, kurangnya pelatihan pekerja seperti; pekerja tidak berkomitmen pada keselamatan sehingga tidak menggunakan APD lengkap, pekerja tidak dapat menilai kondisi bahaya karena baru dalam pekerjaan ini, dan pengetahuan yang

kurang. Pekerja yang tidak pernah mengikuti pelatihan atau memiliki pengetahuan yang memadai tentang pekerjaan seharusnya tidak diharapkan untuk mengalami kondisi yang tidak aman di sekitar pekerjaan mereka agar menghindari kemungkinan terjadinya kecelakaan. Pekerja yang memiliki pelatihan atau pengetahuan tentang pekerjaan mereka tetapi masih memutuskan untuk bekerja tidak aman tidak akan jika sikap mereka terhadap keselamatan berubah.

2) Etika pekerja

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh, adanya etika pekerja yang tidak baik seperti: tekanan rekan sebaya yang membuat pekerja tetap melakukan perilaku tidak aman.

3) Prosedur manajemen Berdasarkan hasil penelitian diperoleh, Kontraktor pelaksana dan Konsultan pengawas tidak dapat mengidentifikasi kondisi tidak aman, kurangnya pengawasan selama proses pekerjaan, dan kurangnya pengetahuan tentang risiko kecelakaan konstruksi. Prosedur manajemen harus dirancang untuk mengidentifikasi dan menghilangkan kondisi tidak aman secara proaktif, dan manajemen harus selalu memperkuat nilai dan pentingnya keselamatan di antara pekerja.

e. Dengan ditemukannya *unsafe conditions* dan *unsafe acts* dari model investigasi ARCTM, maka diidentifikasi lebih luas lagi untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya kecelakaan dengan menggunakan metode FTA antara lain.

- 1) Faktor lingkungan Pada faktor lingkungan penyebab paling mendasar adalah topografi proyek, cuaca proyek atau iklim proyek, dan kurangnya pencahayaan.
- 2) Faktor Alat dan Fasilitas Pada faktor alat dan fasilitas penyebab paling mendasar adalah usia alat, ketersediaan APD, dan kelalaian pekerja dalam menjaga APD yang disediakan oleh pihak kontraktor.

- 3) Faktor Kesalahan Manusia Pada faktor kelalaian manusia penyebab paling mendasar adalah kelalaian pekerja, persoalan pribadi, tekanan kerja, dan kondisi fisik pekerja.
 - 4) Faktor manajemen Pada faktor manajemen penyebab paling mendasar ialah prosedur kerja/SOP dan tata letak material yang kurang baik.
 - 5) Faktor manusia Dalam faktor manusia penyebab paling mendasar adalah komunikasi yang kurang baik, dan kurangnya *skill* dan pengalaman pekerja.
5. Identifikasi Faktor Penyebab Berkontribusi Terjadinya Kegagalan Konstruksi Jalan dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Penelitian ini dilakukan oleh (Arman dkk., 2021) Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terjadinya kegagalan struktur jalan Bukit Manggis Kabupaten Solok Selatan menurut persepsi para *stakeholder* proyek. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kualitatif, artinya bertujuan untuk mendeskripsikan hubungan sebab akibat dari peristiwa kegagalan konstruksi pada Pembangunan Jalan Bukit Manggis, Kabupaten Solok Selatan. Berdasarkan hasil analisis wawancara kepada para *stakeholder* proyek tersebut diperoleh faktor-faktor penyebab yang berkontribusi terjadinya kegagalan struktur jalan pada proyek pembangunan jalan Bukit Manggis, Kabupaten Solok – Selatan adalah persepsi Kementerian PUPR Bina Marga sebagai pemilik proyek, faktor-faktor penyebab kegagalan konstruksi pada proyek seperti pelaksanaan, Metode Pelaksanaan, Pengawasan, Material, Pekerja, perencanaan, studi kelayakan, desain, pembagian tanggung jawab, bencana alam, komunikasi, budaya organisasi dan kondisi iklim.

2.3 Perbedaan Penelitian

Pada penelitian sebelumnya, terdapat beberapa studi yang telah menggunakan Metode *Fault Tree Analysis*. Adapun penelitian-penelitian tersebut adalah Analisis Kecelakaan Kerja Pekerjaan Pemasangan *Stopper Clamp* dengan Metode *Fault Tree Analysis* (Studi Kasus: Proyek *Jetty Upper Structure*, PLTU Jawa 9 dan 10), Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode *Fault Tree*

Analysis (FTA) Pada PT. Surya Karya Setiabudi oleh Adella dan Yuamita (2023), Analisa Potensi Bahaya Pada Pekerjaan Pemasangan Scaffolding Overhaul Boiler PLTU Pelabuhan Ratu oleh Aziz, Lestari, Sihotang, Rahmawati, dan Ammar (2022), Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi Menggunakan Accident Root Cause Tracing Mode (ARCTM) dan Fault Tree Analysis (FTA) oleh (Arman dkk., 2022), Identifikasi Faktor Penyebab Berkontribusi Terjadinya Kegagalan Konstruksi Jalan dengan Metode fault Tree Analysis (FTA) oleh (Arman dkk., 2021).

Hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya telah dirangkum dalam Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Nama	Hasyimi	Adella dan Yuamita	Aziz, Lestari. Sihotang, Rahmawati, dan Ammar	Arman, Melasari dan Suwanda	Arman, Melasari, dan Saputri	Pratama
Tahun	(2024)	(2023)	(2022)	(2022)	(2021)	(2024)
Judul Penelitian	Analisis Kecelakaan Kerja Pekerjaan Pemasangan <i>Stopper Clamp</i> Dengan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (Studi Kasus: Proyek <i>Jetty Upper Structure</i> , PLTU Jawa 9 dan 10)	Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) Pada PT. Surya Karya Setiabudi	Analisa Potensi Bahaya Pada Pekerjaan Pemasangan <i>Scaffolding</i> Overhaul Boiler PLTU Pelabuhan Ratu	Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi Menggunakan <i>Accident Root Cause Tracing Mode</i> (ARCTM) dan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	Identifikasi Faktor Penyebab Berkontribusi Terjadinya Kegagalan Konstruksi Jalan dengan Metode <i>fault Tree Analysis</i> (FTA)	Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Pembangunan Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Nama	Hasyimi	Adella dan Yuamita	Aziz, Lestari. Sihotang, Rahmawati, dan Ammar	Arman, Melasari dan Suwanda	Arman, Melasari, dan Saputri	Pratama
Tahun	(2024)	(2023)	(2022)	(2022)	(2021)	(2024)
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui dan menganalisis akar-akar permasalahan yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja dalam pekerjaan pemasangan <i>stopper clamp</i> pada proyek <i>jetty upper structure</i> serta memberikan pengendalian risiko yang sesuai	Mengetahui nilai statistis K3 dan mengetahui sumber kegagalan kerja yang ada pada perusahaan.	Mengetahui gambaran penilaian risiko keselamatan kerja yang ada di PT Indonesia Power UPJP Bali Sub Unit PLTU Barru khususnya di bagian boiler.	Untuk mengidentifikasi kondisi tidak aman dan tindakan tidak aman serta menganalisis penyebab kecelakaan kerja di Proyek Embung Talago di Desa Sikabu Kabu, Luhak, Kabupaten Limo Puluh Kota dengan menggunakan <i>Accident Root Cause Tracing Model</i> (ARCTM) dan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	Mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terjadinya kegagalan struktur jalan Bukit Manggais Kabupaten Solok Selatan menurut persepsi para <i>stakeholder</i> proyek	untuk mengetahui akar permasalahan terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan <i>scaffolding</i> di Proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring, Kabupaten Klaten yang didapatkan melalui metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Nama	Hasyimi	Adella dan Yuamita	Aziz, Lestari. Sihotang, Rahmawati, dan Ammar	Arman, Melasari dan Suwanda	Arman, Melasari, dan Saputri	Pratama
Tahun	(2024)	(2023)	(2022)	(2022)	(2021)	(2024)
Objek Penelitian	Pekerjaan Pemasangan <i>stopper clamp</i>	PT. Surya Karya Setiabudi	Pekerjaan Pemasangan <i>Scaffolding Overhaul boiler</i> PLTU Pelabuhan Ratu	Proyek Pembangunan Embung Talago	Konstruksi Jalan	Pekerjaan <i>scaffolding</i>
Metode Penelitian	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	<i>Job Safety Analysis</i> (JSA)	<i>Accident Root Cause Tracing Model</i> (ARCTM) dan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Nama	Hasyimi	Adella dan Yuamita	Aziz, Lestari. Sihotang, Rahmawati, dan Ammar	Arman, Melasari dan Suwanda	Arman, Melasari, dan Saputri	Pratama
Tahun	(2024)	(2023)	(2022)	(2022)	(2021)	(2024)
Hasil Penelitian	Dengan menggunakan metode FTA dalam penelitian ini didapatkan 4 faktor utama penyebab terjadinya kecelakaan kerja pekerja terjatuh dan tercebur. Faktor tersebut antara lain dari lingkungan, pekerja, peralatan dan manajemen K3.	Berdasarkan hasil pembahasan dari analisis yang telah dilakukan menggunakan FTA, maka dapat disimpulkan bahwa faktor penyebab terjadinya kecelakaan pada perusahaan sebagian besar	Dari beberapa hasil list pengisian <i>Scaffolding</i> terdapat beberapa katagori keselamatan yang terkatagorikan ada sejumlah 26 penerapan dari 29 list pertanyaan yang diajukan. Hal ini berarti sekitar 89%	Kurangnya pelatihan pekerja seperti pekerja tidak berkomitmen pada keselamatan sehingga tidak menggunakan APD lengkap, pekerja tidak dapat menilai kondisi bahaya karena baru dalam pekerjaan ini, dan pengetahuan yang kurang.	Diperoleh 7 (tujuh) faktor-faktor yang berkontribusi terjadinya kegagalan pada struktur jalan yaitu; 1) Perencanaan, 2) Pelaksanaan, 3) Bencana alam, 4) Komunikasi, 5) Budaya organisasi, 6) Biaya serta	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Nama	Hasyimi	Adella dan Yuamita	Aziz, Lestari. Sihotang, Rahmawati, dan Ammar	Arman, Melasari dan Suwanda	Arman, Melasari, dan Saputri	Pratama
Tahun	(2024)	(2023)	(2022)	(2022)	(2021)	(2024)
Hasil Penelitian	1. Faktor tersebut kemudian disusun dalam bentuk grafis dengan simbol dan angka untuk memudahkan analisis MOCUS. 2. Setelah dilakukan analisa MOCUS Didapatkan 9 kombinasi <i>basic event</i>. 3. Selain itu, diberikan	disebabkan oleh manusia. Dari analisis, FTA tersebut dapat diketahui kurangnya <i>safety induction</i> menjadi penyebab utama dari faktor manusia. Serta penerapan program K3 di perusahaan pada tahun 2021,	peralatan yang menunjang untuk keselamatan para pekerja. Dengan begitu secara garis besar bahwa PLTU Pelabuhan ratu telah menerapkan K3 dengan benar dan sesuai dengan peraturan Pemerintah.	2. Adanya etika pekerja yang tidak baik seperti tekanan rekan sebaya yang membuat pekerja tetap melakukan perilaku tidak aman Kontraktor pelaksana dan konsultan	7) Kondisi iklim. Faktor-faktor kegagalan konstruksi paling dominan menurut persepsi stakeholder adalah bencana alam, kondisi iklim, budaya organisasi dan komunikasi.	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Nama	Hasyimi	Adella dan Yuamita	Aziz, Lestari. Sihotang, Rahmawati, dan Ammar	Arman, Melasari dan Suwanda	Arman, Melasari, dan Saputri	Pratama
Tahun	(2024)	(2023)	(2022)	(2022)	(2021)	(2024)
Hasil Penelitian	pengendalian risiko yang tepat untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja terutama pekerjaan pemasangan <i>stopper clamp</i> atau pekerjaan ketinggian di atas permukaan air	baik pertumbuhan maupun penurunannya tidak berubah. Hal ini dibuktikan dengan hasil dari <i>safe T-Score</i> yaitu 0, dimana hasil tersebut berada dalam interval +2,00 – -2,00.	Kondisi ini tentunya berdampak baik bagi para pekerja guna produktivitas dan kinerja dalam bekerja, karena resiko kecelakaan yang nantinya akan timbul ditekan sekecil mungkin.	pengawas tidak dapat proses pekerjaan, dan kurangnya pengetahuan tentang risiko kecelakaan konstruksi	Maka dari itu, diharapkan masing-masing stakeholder memberikan perhatian khusus terhadap faktor penyebab yang telah diidentifikasi	

Dari hasil perbandingan pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa peneliti sebelumnya menggunakan metode *fault tree analysis*, namun dengan objek yang berbeda. Adapun objek yang diteliti oleh para peneliti terdahulu antara lain mengenai pekerjaan *erection girder*, pekerjaan *scaffolding*, PT. Surya Karya Setiabudi, proyek Pembangunan Embung Talago, dan konstruksi jalan. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji pekerjaan *scaffolding* dengan menggunakan metode yang sama, yaitu *fault tree analysis*. Perbedaan objek pada pekerjaan *scaffolding* juga didukung oleh lokasi pengambilan data yang berbeda, yaitu pada Proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring sehingga sumber yang diperoleh juga akan berbeda.

Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), yang merupakan alat untuk menentukan akar permasalahan dari suatu isu dan direpresentasikan dalam bentuk grafis atau bagan pohon kesalahan untuk memudahkan pemetaan dan identifikasi akar permasalahan tersebut. Selain itu, penelitian ini juga akan dilaksanakan pada proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Pada Bab 3, menjelaskan mengenai landasan teori yang akan dijadikan acuan dalam melakukan penelitian ini. Landasan teori yang digunakan adalah dasar ilmu pengetahuan yang berasal dari sumber-sumber yang dapat diandalkan, seperti buku, serta ketentuan yang dapat dipercaya terkait penjelasannya. Landasan teori ini digunakan untuk mengarahkan penelitian secara sistematis dan sebagai pedoman dasar ilmu yang akan diterapkan dalam penelitian ini.

Kecelakaan kerja pada proyek konstruksi sering terjadi, terutama pada pekerjaan di ketinggian. Hal ini dapat disebabkan oleh kurangnya keahlian pekerja dalam mengantisipasi atau menangani potensi bahaya yang mungkin terjadi pada pekerjaan di ketinggian. Menurut Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia, Nomor 9 Tahun 2016 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja dalam pekerjaan pada ketinggian adalah kegiatan atau aktivitas pekerjaan yang dilakukan oleh Tenaga Kerja pada Tempat Kerja di permukaan tanah atau perairan yang terdapat perbedaan ketinggian dan memiliki potensi jatuh yang menyebabkan Tenaga Kerja atau orang lain yang berada di Tempat Kerja cedera atau meninggal dunia atau menyebabkan kerusakan harta benda. Dengan demikian, analisis potensi kecelakaan kerja terutama pada pekerjaan ketinggian pada suatu proyek konstruksi sangat penting dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya yang akan terjadi.

3.2 Proyek

Proyek adalah suatu kegiatan atau aktivitas yang kompleks, memiliki batasan-batasan terkait waktu, anggaran, dan sumber daya, serta memiliki spesifikasi khusus terhadap produk yang akan dihasilkan. Dengan adanya batasan-batasan ini dalam menjalankan proyek, organisasi proyek sangat penting untuk mengelola sumber daya yang tersedia agar aktivitas dapat dilakukan secara terkoordinasi sehingga tujuan proyek dapat tercapai. Organisasi proyek juga diperlukan untuk memastikan bahwa pekerjaan diselesaikan dengan efisiensi, tepat waktu, dan sesuai dengan

standar kualitas yang diharapkan. Beberapa ahli menyatakan bahwa definisi proyek adalah sebagai berikut.

1. Menurut Ir. Iman Soeharto (1999), Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas.
2. Menurut Nurhayati (2010), Proyek merupakan upaya atau aktivitas yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu.
3. Rani (2016), Proyek adalah suatu kegiatan yang dilakukan dengan waktu dan sumber daya terbatas untuk mencapai hasil akhir yang ditentukan. Dalam mencapai hasil akhir, kegiatan proyek dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu, yang dikenal sebagai tiga kendala.

Kegiatan atau tugas yang dilakukan dalam sebuah proyek dapat berupa pembangunan atau perbaikan infrastruktur (seperti gedung, jalan, jembatan, bendungan, dan sejenisnya) atau kegiatan penelitian dan pengembangan. Dari definisi tersebut, proyek dapat dijelaskan sebagai kegiatan yang bersifat sementara dengan waktu terbatas, tidak berulang, bersifat tidak rutin, memiliki waktu mulai dan waktu selesai, sumber daya yang terbatas atau spesifik, dan bertujuan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dalam konteks ini, pengertian proyek fokus pada proyek konstruksi, yang terkait dengan bidang pembangunan infrastruktur.

3.3 Proyek Konstruksi

Menurut Ervianto (2005): Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Proyek ini melibatkan rangkaian kegiatan yang terkait dengan upaya pembangunan suatu bangunan. Proyek ini mencakup pekerjaan pokok dalam bidang teknik sipil dan arsitektur, serta dapat melibatkan pihak lain seperti teknik mesin, teknik industri, teknik

elektro, geoteknik, maupun lanskap atau tata ruang di luar gedung yang berfungsi untuk mengatur pemandangan alam.

Berbagai kegiatan yang terjadi dalam sebuah proyek konstruksi melibatkan banyak pihak terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan tujuan mencapai hasil yang diharapkan dari proyek tersebut. suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Proses yang terjadi dalam rangkaian kegiatan tersebut tentunya melibatkan pihak-pihak yang terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung (Ervianto, 2005).

3.3.1 Jenis-Jenis Proyek Konstruksi

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, proyek konstruksi adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan suatu hasil pembangunan dengan berbagai tujuan. Jenis-jenis proyek konstruksi yang umum ditemui biasanya dikelompokkan berdasarkan fungsinya, contohnya sebagai berikut.

1. Proyek Konstruksi Jalan Raya

Merupakan sebuah konstruksi yang umumnya pembangunan ini bertujuan untuk menciptakan infrastruktur transportasi darat yang menghubungkan berbagai lokasi. Proyek ini meliputi berbagai tahapan, mulai dari perencanaan, desain, hingga pelaksanaan konstruksi dan pemeliharaan jalan. Pada proyek konstruksi jalan raya ini, tidak hanya dilakukan pembuatan jalan baru, tetapi juga ada kegiatan perbaikan dan konstruksi lain yang berada di sekitar jalan raya, seperti drainase dan jembatan.

2. Proyek Konstruksi Bangunan Gedung (*Building Construction*)

Merupakan sebuah konstruksi yang kegiatan pembangunan ini bertujuan menciptakan struktur bangunan untuk berbagai fungsi, seperti perumahan, perkantoran, komersial, atau institusional. Proyek ini meliputi berbagai tahapan, mulai dari perencanaan hingga penyelesaian, dengan tujuan memastikan bangunan yang dibangun aman, fungsional, dan memenuhi standar kualitas.

3. Proyek Bangunan Perumahan/Permukiman (*Residential Construction/Real Estate*)

Proyek pembangunan perumahan atau permukiman bertujuan menciptakan lingkungan tempat tinggal yang nyaman, aman, dan layak huni bagi masyarakat. Proyek ini melibatkan berbagai tahapan, mulai dari perencanaan hingga penyelesaian, dengan tujuan memenuhi kebutuhan perumahan dan menciptakan lingkungan yang teratur.

4. Proyek Konstruksi Industri (*Industrial Construction*)

Proyek konstruksi industri merupakan usaha pembangunan infrastruktur untuk mendukung operasional fasilitas industri seperti pabrik, kilang minyak, pembangkit listrik, dan fasilitas pemrosesan lainnya. Proyek ini melibatkan serangkaian tahapan yang disusun khusus untuk memenuhi kebutuhan teknis dan fungsional industri. Manajemen proyek yang hati-hati, koordinasi yang efektif antara semua pihak terlibat, serta pemahaman yang mendalam terhadap persyaratan teknis dan regulasi industri sangat penting dalam kesuksesan proyek ini.

5. Proyek Konstruksi Teknik Sipil (*Heavy Engineering Construction*)

Proyek konstruksi teknik sipil adalah kegiatan pembangunan infrastruktur yang melibatkan berbagai bidang ilmu seperti teknik struktur, hidrologi, geoteknik, transportasi, dan lingkungan. Tujuan proyek ini adalah untuk membangun dan menjaga fasilitas yang mendukung kehidupan sehari-hari masyarakat. Kolaborasi yang baik antara pemilik proyek, konsultan teknik, kontraktor, dan pihak regulasi sangat penting untuk menjamin kesuksesan proyek konstruksi teknik sipil. Selain itu, pemahaman yang mendalam terhadap teknologi terkini dan inovasi dalam bidang teknik sipil juga diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan proyek infrastruktur.

6. Proyek Konstruksi Bangunan Air

Proyek konstruksi bangunan air merupakan usaha untuk membangun struktur atau fasilitas terkait pengelolaan air, seperti bendungan, waduk, tanggul, saluran irigasi, atau instalasi pengolahan air. Tujuan proyek ini adalah

mengatur, menyimpan, mengalirkan, atau membersihkan air untuk memenuhi kebutuhan domestik, industri, pertanian, atau keperluan lingkungan. Pemahaman mendalam terhadap teknik sipil dan hidrologi, serta koordinasi yang efektif antara ahli teknik, kontraktor, dan pemilik proyek sangat diperlukan dalam proyek konstruksi bangunan air. Keberhasilan proyek ini sangat tergantung pada perencanaan yang baik, desain yang tepat, serta pelaksanaan yang teliti untuk memastikan keamanan, keandalan, dan kinerja optimal dari bangunan air tersebut.

7. Proyek Konstruksi Jembatan

Proyek konstruksi jembatan adalah upaya pembangunan infrastruktur yang bertujuan menyediakan jalur transportasi melewati rintangan seperti sungai, lembah, atau jalan lainnya. Pembangunan jembatan dilakukan dengan memperhatikan aspek teknis, struktural, dan keamanan, serta mematuhi standar yang berlaku. Koordinasi yang efektif antara arsitek, insinyur sipil, kontraktor, dan pihak pemerintah setempat sangat diperlukan dalam proyek konstruksi jembatan. Keberhasilan proyek ini sangat bergantung pada perencanaan yang matang, desain yang tepat, serta pelaksanaan dan pengawasan yang cermat untuk menjamin keamanan dan kinerja jembatan yang optimal dalam jangka panjang.

3.3.2 Tahapan Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi melibatkan serangkaian tahapan yang sistematis dari perencanaan awal hingga penyelesaian dan pemeliharaan. Berikut adalah penjelasan mengenai tahapan-tahapan proyek konstruksi secara umum:

1. Perencanaan (*Planning*)

Tahap ini adalah langkah pertama dalam proyek konstruksi di mana dilakukan identifikasi kebutuhan, analisis lokasi, serta studi kelayakan teknis dan ekonomis. Perencanaan mencakup pemilihan konsep desain, estimasi biaya, jadwal pelaksanaan, serta pengadaan izin dan persetujuan yang diperlukan.

2. Studi Kelayakan (*Feasibility Study*)

Studi kelayakan merupakan langkah pertama dan esensial dalam pengembangan proyek konstruksi yang bertujuan untuk menilai dengan

komprehensif potensi serta kesuksesan proyek sebelum lanjut ke tahapan berikutnya.

3. Pemaparan (*Briefing*)

Tahapan pemaparan dalam proyek konstruksi adalah proses di mana informasi, dokumen, atau hasil analisis disajikan kepada pihak terkait untuk meminta persetujuan atau masukan.

4. Perancangan/Tahap Desain (*Design*)

Setelah tahap perencanaan awal, tahap desain melibatkan pengembangan rinci dari konsep yang telah dipilih. Desain mencakup aspek struktural, arsitektural, dan teknis lainnya sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Proses ini sering melibatkan kerja sama antara insinyur, arsitek, dan ahli lainnya untuk memastikan keakuratan dan keunggulan desain.

5. Pengadaan atau Pelelangan (*Procurement* atau *Tender*)

Tahap pengadaan terjadi setelah desain disetujui dan melibatkan pembelian material, peralatan, serta perekrutan sumber daya manusia yang diperlukan untuk pelaksanaan konstruksi. Proses pengadaan ini harus memastikan ketersediaan semua elemen proyek sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

6. Pelaksanaan (*Construction*)

Tahap ini merupakan pelaksanaan dari desain dan rencana yang telah disiapkan, termasuk pekerjaan tanah, pembangunan struktur, pemasangan sistem teknis, serta semua kegiatan fisik yang diperlukan untuk membangun proyek sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

7. Pemeliharaan dan Persiapan Pemakaian (*Maintenance & Start Up*)

Setelah penyelesaian proyek, tahap operasional dimulai untuk memastikan bahwa fasilitas beroperasi sesuai dengan tujuan dan fungsi yang diinginkan. Pemeliharaan rutin dilaksanakan untuk mempertahankan kondisi optimal fasilitas dan memperpanjang umur infrastruktur.

3.3.3 Batasan Proyek Konstruksi

Batasan proyek konstruksi adalah parameter atau kondisi yang mengatur ruang lingkup, waktu, biaya, dan sumber daya lainnya yang terlibat dalam

pelaksanaan proyek. Batasan ini penting untuk menetapkan batas-batas yang jelas dalam menjalankan proyek agar mencapai tujuan yang ditetapkan dengan efektif dan efisien. Berikut adalah beberapa jenis batasan proyek konstruksi yang umumnya diakui:

1. Batasan Ruang Lingkup (*Scope*)

Merupakan deskripsi yang detail mengenai hasil akhir, *deliverables*, dan pekerjaan yang harus diselesaikan dalam proyek. Ruang lingkup mencakup semua aktivitas yang perlu dilakukan untuk mencapai tujuan proyek, serta hal-hal yang tidak termasuk dalam proyek tersebut.

2. Batasan Waktu (*Time*)

Merupakan jangka waktu atau tanggal penyelesaian yang telah ditentukan untuk proyek. Batasan waktu ini penting untuk mengatur jadwal kegiatan, mencegah keterlambatan, dan memastikan proyek selesai sesuai dengan waktu yang dibutuhkan.

3. Batasan Biaya (*Cost*)

Merupakan anggaran atau dana yang tersedia untuk proyek. Batasan biaya mencakup semua sumber daya keuangan yang tersedia dan harus dikelola dengan efisien agar tidak melebihi anggaran yang telah ditetapkan.

4. Batasan Sumber Daya (*Resources*)

Meliputi segala sumber daya yang tersedia untuk proyek, seperti tenaga kerja, peralatan, bahan material, dan fasilitas. Pengelolaan sumber daya yang efektif diperlukan untuk memastikan bahwa semua kebutuhan proyek terpenuhi tanpa mengurangi kualitas atau menghadapi kekurangan.

5. Batasan Kualitas (*Quality*)

Merupakan standar atau tingkat kualitas yang harus dicapai dalam hasil akhir proyek. Batasan kualitas menetapkan tingkat kepuasan pelanggan atau pengguna terhadap produk atau layanan yang dihasilkan dari proyek.

6. Batasan Lingkungan dan Sosial (*Environmental and Social*)

Meliputi aspek lingkungan dan dampak sosial yang harus dipertimbangkan selama pelaksanaan proyek. Ini melibatkan kepatuhan terhadap regulasi

lingkungan, dampak terhadap masyarakat lokal, dan usaha untuk mendukung keberlanjutan lingkungan.

7. Batasan Risiko (*Risk*)

Merupakan pengidentifikasian potensi risiko yang dapat mempengaruhi pelaksanaan proyek. Pengelolaan risiko melibatkan usaha untuk mengenali, menilai, dan mengatur risiko-risiko tersebut agar dapat mengurangi dampak negatifnya pada proyek.

3.4 Keselamatan Kerja

Menurut Bangun & Wilson (2012), keselamatan kerja adalah perlindungan atas keamanan kerja yang dialami pekerja baik fisik maupun mental dalam lingkungan pekerjaan. Menurut Suma'mur (2014), keselamatan kerja merupakan sarana utama untuk pencegahan kecelakaan, cacat dan kematian sebagai akibat kecelakaan kerja. Menurut Abu Nandir (2017), keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan alat kerja, bahan, dan proses pengolahannya, tempat kerja, dan lingkungannya, serta cara-cara karyawan dalam melakukan pekerjaannya. Keselamatan kerja juga dapat diartikan sebagai upaya yang dilakukan oleh perusahaan untuk menjamin keamanan, kesehatan, dan keberhasilan pekerjaan. Tujuannya adalah untuk mengurangi risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja, serta meningkatkan produktivitas, perlindungan dan kesejahteraan para pekerja.

Perlindungan tenaga kerja mencakup beberapa aspek, salah satunya adalah perlindungan keselamatan. Perlindungan ini bertujuan agar tenaga kerja dapat menjalankan pekerjaannya sehari-hari dengan aman, sehingga dapat meningkatkan produksi dan produktivitas. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa keselamatan kerja merupakan upaya manusia untuk melindungi dirinya dengan melakukan tindakan pencegahan dan pengamanan terhadap terjadinya kecelakaan kerja.

Keselamatan sebagai kebutuhan berarti setiap manusia berupaya untuk meraih dan memastikan keselamatan di mana pun mereka berada, termasuk saat bekerja. Keselamatan dapat diupayakan dan diciptakan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja. Tempat kerja menjadi salah satu area di mana keselamatan sangat

diperlukan karena potensi kecelakaan kerja sangat mungkin terjadi di sana. Hal ini mendorong munculnya istilah keselamatan kerja.

3.5 Perancah/*Scaffolding*

Dalam setiap proyek pembangunan terutama pada perusahaan konstruksi, diperlukan alat untuk memperlancar pekerjaan dan menjamin keselamatan setiap pekerja. Untuk memastikan keselamatan lebih terjamin, perusahaan memerlukan alat yang dapat digunakan untuk bekerja di ketinggian dan menjamin keselamatan para pekerjanya.

Menurut Permenaker dan trans No.PER-01/MEN/1980 dalam Nugroho (2011) tentang keselamatan dan kesehatan kerja konstruksi bangunan, perancah (*scaffolding*) merupakan bangunan pelataran (*platform*) yang dibuat untuk sementara dan digunakan sebagai penyangga tenaga kerja, bahan-bahan serta alat-alat pada setiap pekerjaan konstruksi bangunan termasuk pekerjaan pemeliharaan dan pembongkaran. Perancah (*scaffolding* atau *steiger*) adalah struktur sementara sederhana yang dibuat mengelilingi bangunan yang sedang dikerjakan atau direnovasi. Struktur ini berbentuk platform tempat para pekerja melaksanakan tugas dan pekerjaannya. Kadang-kadang, struktur tersebut dilapisi jaring yang mirip dengan jalan untuk menangkap ikan. Jaring pengaman ini dipasang untuk mencegah jatuhnya puing-puing kecil ke luar area pekerjaan dan melukai orang-orang di sekitarnya. Perancah diperlukan khususnya untuk pekerjaan konstruksi di atas ketinggian 1,8 meter dari permukaan tanah dan yang membutuhkan waktu cukup lama untuk diselesaikan.

3.5.1 Tipe-Tipe Perancah/*scaffolding*

Perancah atau *scaffolding* memiliki tiga tipe dasar, yaitu sebagai berikut.

1. Perancah Gantung (*Suspended Scaffolding*)

Perancah gantung merupakan perancah yang digantungkan dari atas dengan menggunakan tali atau kabel. Perancah gantung ini cocok digunakan untuk pekerjaan pada ketinggian yang besar contohnya pembersihan jendela pada gedung bertingkat.



Gambar 3.1 *Suspended Scaffolding*

(Sumber: Occupational Safety and Health Administration, 2024)

2. Perancah Tiang (*Supported Scaffolding*)

Perancah tiang terdiri dari tiang vertikal yang didukung oleh permukaan tanah, dan umumnya digunakan pada proyek konstruksi. Perancah tiang bersifat stabil dan mampu untuk menahan beban yang besar.



Gambar 3.2 *Supported Scaffolding*

(Sumber: Occupational Safety and Health Administration, 2024)

3. Perancah Lift Udara (*Aerial Lifts Scaffolding*)

Perancah lift udara merupakan platform kerja yang didukung oleh alat khusus, tipe ini berbentuk seperti keranjang manusia (*man basket*).



Gambar 3.3 *Aerial Lifts Scaffolding*

(Sumber: Occupational Safety and Health Administration, 2024)

3.5.2 Jenis-Jenis Perancah/Scaffolding

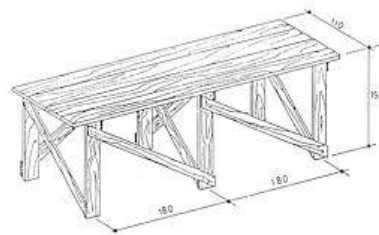
Berikut merupakan jenis-jenis perancah berdasarkan fungsinya.

4. Perancah Andang

Perancah andang umumnya digunakan untuk pekerjaan dengan ketinggian mencapai 2,5 hingga 3 meter. Jika ketinggian melebihi batas tersebut, maka perancah ini tidak lagi digunakan. Beberapa jenis perancah andang adalah sebagai berikut.

a. Perancah Andang Kayu

Perancah jenis ini mudah dan cepat dibuat serta dapat dipindahkan dengan mudah karena memiliki ukuran yang tidak besar. Tinggi perancah ini tetap, sehingga tidak dapat disesuaikan. Biasanya digunakan untuk pekerjaan dengan ketinggian tidak lebih dari 3 meter.

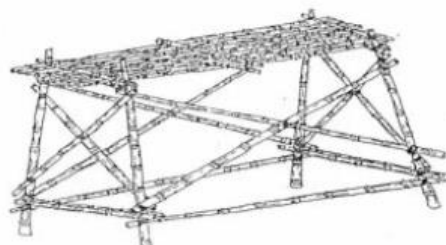


Gambar 3.4 Perancah Andang Kayu

(Sumber: Trijayanti, 2018)

b. Perancah Andang Bambu

Perancah jenis ini serupa dengan perancah andang kayu, hanya bahan pembuatannya saja yang berbeda. Selain itu, perancah ini menggunakan tali ijuk sebagai pengikat. Kaki andang bambu ini dapat memiliki 2 atau 3 pasang.

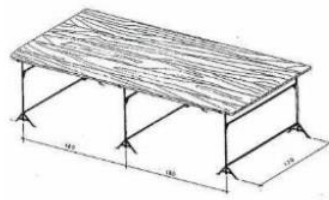


Gambar 3.5 Perancah Andang Bambu

(Sumber: Trijayanti, 2018)

c. Perancah Andang Besi

Perancah jenis ini mirip dengan kedua perancah yang telah disebutkan sebelumnya. Perbedaannya terletak pada tinggi perancah ini yang dapat disetel, namun tetap tidak dapat digunakan untuk pekerjaan yang memiliki ketinggian di atas 3 meter. Jarak antara kaki perancah ini sekitar 1,8 meter dengan ketebalan papan sebesar 3 cm.



Gambar 3.6 Perancah Andang Besi
(Sumber: Trijayanti, 2018)

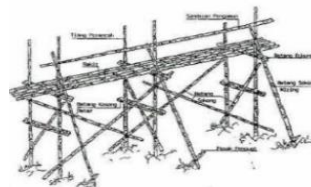
5. Perancah Tiang

Perancah jenis ini digunakan untuk pekerjaan dengan ketinggian lebih dari 3 meter. Ketinggian perancah ini dapat mencapai 10 meter atau lebih, tergantung pada kebutuhan. Perancah jenis ini dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

a. Perancah Tiang dari Bambu

Perancah jenis ini biasa digunakan pada bangunan bertingkat maupun tidak. Alasan penggunaan perancah ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bahan mudah didapatkan,
- 2) Pemasangan perancah bambu mudah dibongkar dan dipasang kembali tanpa merusak bambu,
- 3) Bahan pengikat menggunakan ijuk yang juga mudah didapat, dan
- 4) Lebih ekonomi dari segi biaya.

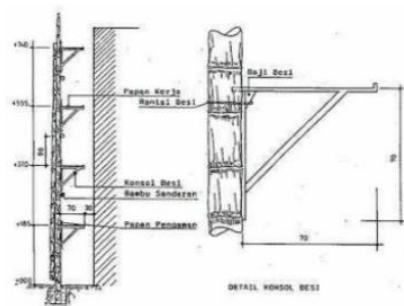


Gambar 3.7 Perancah Tiang dari Bambu
(Sumber: Trijayanti, 2018)

b. Perancah Tiang dari Bambu dengan Konsol Besi

Perancah jenis ini hanya didukung oleh satu tiang bambu, berbeda dengan jenis sebelumnya yang memerlukan beberapa penyangga. Keuntungan pemasangan perancah ini antara lain:

- 1) Tidak memerlukan banyak bambu,
- 2) Pemasangan lebih cepat dibandingkan perancah bambu,
- 3) Lebih praktis dan menghemat ruang, dan
- 4) Pemasangan konsol dapat dipindahkan dari tingkat satu ke tingkat di atasnya.

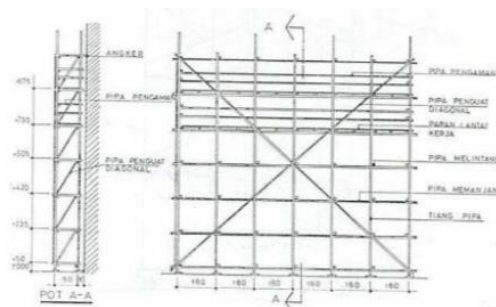


Gambar 3.8 Perancah Tiang dari Bambu dengan Konsol Besi

(Sumber: Trijayanti, 2018)

c. Perancah Tiang Besi atau Pipa

Jenis perancah ini memiliki proses penyetakan yang lebih cepat dibandingkan perancah tiang bambu. Alat penyambung yang digunakan adalah kopling.



Gambar 3.9 Perancah Tiang Besi atau Pipa

(Sumber: Trijayanti, 2018)

6. *Mobile Scaffolding*

Scaffolding jenis ini dilengkapi dengan roda pada bagian tiangnya, yang memudahkan untuk dipindahkan. Namun, *scaffolding* ini memiliki

keterbatasan dalam hal kekuatan dan ketinggian. Selain itu, penggunaannya hanya dapat dilakukan di permukaan yang rata dan datar.



Gambar 3.10 Mobile Scaffolding
(Sumber: Trijayanti, 2018)

7. *Scaffolding* Kayu/Bambu

Scaffolding jenis ini terbuat dari bahan kayu atau bambu. Jenis ini dianggap kurang kuat dan mudah patah. Meskipun tergolong kuno, penggunaannya masih dapat ditemui. Untuk *scaffolding* yang terbuat dari kayu dolken atau bulat, biasanya digunakan kayu dengan diameter 6 hingga 10 cm.



Gambar 3.11 Scaffolding Kayu/Bambu
(Sumber: Artiningsih, 2012)

8. *Scaffolding* Rangka

Standar dan transom pada jenis *scaffolding* ini dirangkai menjadi satu bingkai melalui proses pengelasan. Untuk menghubungkan satu bingkai dengan

bingkai lainnya, digunakan rangka penyilang (*cross brace*) yang dipasang pada setiap standar dengan menggunakan pasak engsel sebagai pengunci. Kerangka yang digunakan biasanya terbuat dari pipa atau tabung logam. *Scaffolding* jenis inilah yang sering kita temui dalam penggunaan di proyek pembangunan.



Gambar 3.12 Scaffolding Rangka

(Sumber: Trijayanti, 2018)

9. *Tube and Couple Scaffolding (Scaffolding Batang-Batang Pipa)*

Scaffolding jenis ini dapat dirakit dalam berbagai bentuk dan arah sesuai dengan tujuan. Dalam perakitan dan pembongkaran *scaffolding* jenis ini, diperlukan tenaga terampil khusus *scaffolding*, karena akan cukup sulit bagi pekerja yang tidak terampil dalam penggunaan *scaffolding tube and coupler*. *Scaffolding* ini memiliki konstruksi yang kuat.



Gambar 3.13 Tube and Coupler Scaffolding

(Sumber: Trijayanti, 2018)

3.6 Pengendalian Risiko

Apabila terdapat risiko penyakit dan kecelakaan yang diakibatkan oleh pekerjaan, maka risiko tersebut harus dikendalikan dalam batas yang dapat diterima sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku. Pengendalian risiko dapat menggunakan pendekatan hierarki, di mana hierarki pengendalian risiko merujuk pada urutan pencegahan dan pengendalian risiko yang mungkin terjadi, dan terdiri dari beberapa tingkatan secara berurutan.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2014 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum, Penyedia jasa Pelaksana konstruksi wajib dan bertanggung jawab untuk melakukan pengendalian risiko K3 Konstruksi. Pengendalian risiko yang dimaksud adalah segala upaya untuk meniadakan risiko (CSP, 2018). Pengendalian risiko dapat mengikuti pendekatan hierarki pengendalian (*Hierarchy of Control*) risiko. Hierarki pengendalian risiko adalah suatu urutan prioritas dalam pencegahan dan pengendalian risiko yang mungkin timbul yang terdiri dari beberapa tingkatan secara berurutan yang dapat dilihat pada Gambar 3.14 berikut.



Gambar 3.14 Hierarki Pengendalian Risiko

(Sumber : Safety Sign Indonesia, 2022)

Berikut merupakan penjelasan mengenai hierarki dalam pengendalian risiko:

1. Eliminasi (*Elimination*)

Tingkatan yang paling utama dan efisien dalam hierarki ini adalah eliminasi, yang berfokus pada menghilangkan bahaya dari sumbernya secara keseluruhan. Eliminasi dapat dilakukan melalui berbagai cara, seperti

mengganti bahan atau peralatan yang berbahaya dengan yang lebih aman, mengubah desain untuk menghilangkan bahaya, atau menghapus proses yang tidak diperlukan. Dalam proyek konstruksi, eliminasi dapat dilakukan dengan cara seperti berikut.

a. Mengganti bahan yang berbahaya dengan yang lebih aman

Dalam proyek konstruksi, bahan yang digunakan seperti asbes, formaldehida, bahan kimia berbahaya lainnya dapat diganti dengan bahan yang lebih aman, seperti bahan yang tidak beracun dan tidak mengandung bahan kimia berbahaya.

b. Mengubah desain untuk menghilangkan bahaya

Dalam proyek konstruksi, desain yang digunakan dapat diubah untuk menghilangkan bahaya. Sebagai contoh, desain bangunan yang tidak memiliki pintu keluar yang cukup atau jalur evakuasi yang jelas dapat diubah agar menjadi lebih aman.

c. Menghapus proyek yang tidak diperlukan

Dalam proyek konstruksi, proses yang tidak diperlukan dapat dihapus untuk menghilangkan bahaya. Sebagai contoh, penggunaan peralatan berat yang tidak diperlukan dapat dihilangkan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja.

2. Substitusi (*Substitution*)

Hierarki pengendalian bahaya berikutnya adalah substitusi, yang berfokus pada mengganti bahaya dengan sesuatu yang lebih aman. Substitusi dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti mengganti bahan atau peralatan yang berbahaya dengan yang lebih aman, mengganti proses yang berbahaya dengan yang lebih aman, atau mengganti metode kerja yang berbahaya dengan yang lebih aman. Dalam proyek konstruksi, substitusi dapat dilakukan dengan cara seperti berikut.

a. Mengganti peralatan berbahaya dengan peralatan yang lebih aman

Dalam proyek konstruksi, peralatan berbahaya seperti mesin berat tanpa perlindungan dapat diganti dengan peralatan yang memiliki perlindungan,

seperti mesin berat yang dilengkapi dengan ROPS (*Roll Over Protective Structure*).

b. Mengganti proses yang berbahaya dengan proses yang lebih aman
 Dalam proyek konstruksi, proses yang berbahaya seperti pengecoran manual dapat diganti dengan proses yang lebih aman, seperti pengecoran menggunakan mesin

c. Mengganti metode kerja yang berbahaya dengan metode kerja yang lebih aman
 Dalam proyek konstruksi, metode kerja yang berbahaya seperti bekerja di ketinggian tanpa pelindung dapat diganti dengan metode yang lebih aman, seperti bekerja di ketinggian dengan pelindung.

3. Kontrol Teknik / Perancangan (*Engineering Control*)

Pekerjaan rekayasa mencakup perubahan pada struktur benda kerja untuk melindungi personel dari potensi bahaya. Contohnya termasuk pemasangan pengaman mesin, penutupan ban berjalan, struktur fondasi mesin menggunakan cor beton, penyediaan alat bantu mekanis, dan penggunaan bahan penyerap suara pada dinding ruang mesin untuk mengurangi kebisingan yang tinggi.

4. Kontrol Administratif

Kontrol administratif merupakan salah satu tingkatan dalam hierarki pengendalian bahaya K3 yang bertujuan mengurangi risiko bahaya dalam pekerjaan konstruksi. Kontrol ini berfokus pada pengendalian risiko melalui penerapan prosedur, peraturan, dan ketentuan yang sesuai. Hal ini meliputi penerapan prosedur kerja yang aman, pelatihan keselamatan, pemantauan, serta pengelolaan alat dan bahan yang digunakan dalam proyek.

5. Alat Pelindung Diri (*Personal Protective Equipment*)

PPE (Perlengkapan Pelindung Diri) merupakan salah satu tingkatan dalam hierarki pengendalian bahaya K3 yang dirancang untuk mengurangi risiko bahaya dalam pekerjaan konstruksi. PPE mencakup peralatan yang digunakan untuk melindungi tubuh pekerja dari potensi bahaya yang mungkin timbul selama proses kerja. Contoh PPE yang sering digunakan dalam pekerjaan

konstruksi meliputi helm, masker, sarung tangan, kacamata pelindung, dan sepatu keselamatan.

3.7 *Fault Tree Analysis (FTA)*

Pada sub bab ini akan membahas cara penggunaan *Fault Tree Analysis (FTA)* untuk menunjukkan bagaimana kegagalan atau peristiwa tingkat atas yang tidak diinginkan dapat terjadi melalui kombinasi kegagalan, peristiwa, dan/atau kesalahan yang berkontribusi. Sub bab ini menjelaskan proses sederhana dalam mendekati dan mengelola analisis FTA. Semakin kompleks masalah yang dihadapi, semakin diperlukan teknik analisis mendalam untuk mengidentifikasi semua kemungkinan kombinasi kegagalan yang dapat mengakibatkan hilangnya integritas sistem. Oleh karena itu, *Fault Tree Analysis (FTA)* diperlukan sebagai teknik pohon kesalahan yang secara grafis, melalui notasi tertentu, menunjukkan hubungan logis antara kegagalan sistem tertentu dan semua penyebab yang berkontribusi.

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang berkontribusi terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan *top-down*, dimulai dari asumsi kegagalan atau kerugian pada kejadian puncak (*Top Event*) dan kemudian merinci penyebab-penyebab dari *Top Event* hingga mencapai kegagalan dasar (*Root Cause*).

Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode yang efektif untuk mengidentifikasi inti permasalahan karena memastikan bahwa kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang terjadi tidak bersumber dari satu titik kegagalan. Metode ini mengidentifikasi hubungan antara faktor-faktor penyebab dan menampilkannya dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.

Risiko yang secara langsung berkontribusi pada kegagalan dapat diidentifikasi menggunakan pendekatan FTA. Pendekatan ini menggunakan pemikiran *top-down*, dimulai dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari *top event*, kemudian menguraikan penyebabnya hingga mencapai akar masalah.

Karena FTA memastikan bahwa kejadian atau kerugian yang tidak diinginkan tidak bermula dari satu titik kegagalan saja, metode ini efektif untuk menentukan asal mula masalah. Dalam *Fault Tree Analysis*, hubungan sebab akibat antar

komponen digambarkan melalui pohon kesalahan yang dilengkapi dengan gerbang logika dasar. Kegagalan perangkat mungkin disebabkan oleh satu kondisi atau beberapa skenario berbeda, yang semuanya dapat dicirikan oleh gerbang logika. Konstruksi FTA sering melibatkan penggunaan gerbang logika, khususnya gerbang AND dan gerbang OR. Setiap kegagalan dapat dianalisis dan direpresentasikan dalam bentuk pohon analisis kegagalan jika komponen kegagalan terlebih dahulu diubah menjadi simbol (komponen transfer logika), kemudian digunakan dalam FTA.

Kegagalan pada sistem dapat disebabkan oleh kejadian di luar sistem yang mengakibatkan kejadian yang tidak diinginkan, kegagalan komponen sistem, atau kesalahan manusia dalam pengoperasian, yang dikenal juga dengan *human error*. Kegagalan ini dapat terjadi karena berbagai alasan. Pohon kesalahan dibentuk berdasarkan salah satu kejadian yang tidak diinginkan dalam sistem. Pohon kesalahan hanya dibangun menggunakan subset dari komponen sistem yang terkait dengan masalah saat ini. Mungkin ada beberapa kejadian yang tidak diinginkan dalam satu sistem, dan setiap kejadian memiliki representasi pohon kesalahan unik yang mencerminkan penyebab atau komponen sistem yang berkontribusi padanya, serta kegagalan yang menyebabkannya. Kejadian yang tidak diinginkan yang dipelajari dikenal sebagai peristiwa puncak dalam pohon kesalahan.

3.7.1 Kekuatan dan Keterbatasan

Setiap metode memiliki kelebihan dan keterbatasannya masing-masing dalam penerapannya. Demikian pula, metode *Fault Tree Analysis* memiliki kekuatan dan keterbatasannya sendiri. Berikut adalah rincian kekuatan dan keterbatasan *Fault Tree Analysis* yang dirangkum berdasarkan ISO 31010 (2009), Kritzinger (2017), dan NASA Fault Tree Handbook (2002).

Kekuatan dan kelebihan dari metode *Fault Tree Analysis* adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pendekatan yang sangat sistematis dan fleksibel untuk menganalisis berbagai faktor, termasuk interaksi manusia dan fenomena fisik.
2. Menggunakan pendekatan "*top-down*" yang memusatkan perhatian pada efek-efek kegagalan yang langsung terkait dengan peristiwa puncak.

3. Berguna untuk menganalisis sistem yang melibatkan banyak komponen dan interaksi.
4. Representasi grafis memudahkan pemahaman mengenai perilaku sistem dan faktor-faktor yang terlibat. Jika pohon kesalahan sangat besar, pemrosesan dapat dilakukan dengan bantuan sistem komputer, memungkinkan pemodelan hubungan logis yang lebih kompleks (misalnya, AND dan OR).
5. Analisis logika pada pohon kesalahan dan identifikasi *cut set* membantu dalam mengidentifikasi jalur kegagalan sederhana dalam sistem yang sangat kompleks, di mana kombinasi peristiwa tertentu yang mengarah ke peristiwa puncak dapat diabaikan.
6. FTA berfungsi sebagai alat untuk memprioritaskan upaya dengan fokus pada penyebab yang mengarah ke kondisi kegagalan tertentu, sehingga mengurangi biaya penilaian keselamatan dan biaya diagnostik kesalahan.

Keterbatasan dalam penggunaan metode *Fault Tree Analysis* adalah sebagai berikut.

1. Ketidakpastian dalam probabilitas kejadian dasar dapat mempengaruhi perhitungan probabilitas kejadian puncak, mengakibatkan tingkat ketidakpastian yang tinggi jika probabilitas kegagalan peristiwa dasar tidak diketahui dengan akurat. Namun, tingkat kepercayaan dapat tinggi jika *Fault Tree* (FT) dipahami dengan baik. Kejadian puncak FT mempengaruhi seluruh analisis; jika peristiwa puncak salah didefinisikan, analisis FTA juga akan salah dan dapat menyebabkan keputusan yang keliru.
2. Dalam beberapa kasus, peristiwa kausal mungkin tidak saling terhubung dengan jelas, sehingga sulit untuk memastikan apakah semua jalur penting menuju peristiwa puncak telah dimasukkan. Misalnya, dalam analisis kebakaran, mungkin sulit untuk memasukkan semua sumber penyulutan sebagai peristiwa puncak. Dalam situasi seperti ini, analisis probabilitas tidak selalu mungkin dilakukan.
3. Pohon kesalahan merupakan model statis dan tidak mempertimbangkan interdependensi waktu.
4. Pohon kesalahan hanya dapat menangani keadaan biner (gagal/tidak gagal).

5. Mode kesalahan manusia dapat dimasukkan dalam pohon kesalahan secara kualitatif, namun kegagalan tingkat atau kualitas yang sering terkait dengan kesalahan manusia tidak mudah dimasukkan.
6. FTA sangat bergantung pada data probabilitas kegagalan yang akurat, sehingga penting untuk melakukan analisis sensitivitas dan analisis ketidakpastian pada FTA.

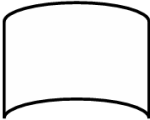
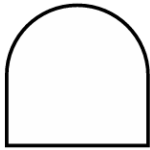
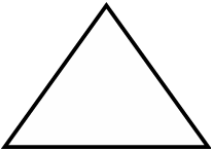
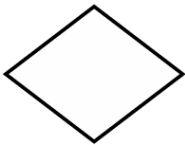
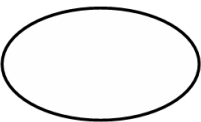
3.7.2 Aturan Dasar *Fault Tree Analysis*

Sebelum membuat *Fault Tree Analysis* sebaiknya kita harus mengetahui aturan dasar apa saja yang diperlukan dalam membuat pohon kesalahan tersebut. Menurut NASA Fault Tree Handbook (2002) aturan dasar ini meliputi:

1. Prosedur dan nomenklatur di mana *event* dan *gate* diberi nama dalam FT, dikarenakan antara lain sebagai berikut.
 - a. sangat penting dalam menciptakan FTA yang dapat dimengerti,
 - b. memastikan bahwa *cut set* dan probabilitas yang benar dihitung jika *gate* atau *event* dasar terjadi lebih dari sekali dalam model,
 - c. memberikan konsistensi di antara FT yang berbeda terutama ketika individu yang berbeda mengembangkannya.

Adapun berikut ini merupakan tabel rangkuman gambar simbol dari *Fault Tree Analysis* khususnya pada *event symbol*, *gate symbol*, dan *transfer symbol*.

Tabel 3.1 Simbol Simbol *Fault Tree Analysis*

SIMBOL	KETERANGAN
	<i>Top Event</i>
	<i>Logic Event Or</i>
	<i>Logic Event And</i>
	<i>Transferred Event</i>
	<i>Undevelope Event</i>
	<i>Basic Event</i>

(Sumber: *Nasa Fault Tree Handbook* 2002)

1. *Top Event*

Simbol persegi panjang ini menggambarkan kejadian yang muncul dari kombinasi kegagalan-kegagalan *input* yang masuk ke gerbang.

2. *Logic Event Or*

Gerbang OR digunakan untuk menunjukkan bahwa suatu kejadian akan terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang menjadi inputnya terjadi.

3. *Logic Event And*

Gerbang AND digunakan untuk menunjukkan bahwa kejadian output muncul hanya jika semua *input* terjadi.

4. *Transferred Event*

Transferred event adalah titik di mana *sub-fault tree* dapat dimulai sebagai kelanjutan dari *transfers out*.

5. *Undevelope Event*

Simbol *diamond* ini digunakan untuk menyatakan kejadian yang tidak dapat berkembang lebih lanjut (*undeveloped event*), yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya lagi, baik karena kejadiannya tidak cukup relevan maupun karena tidak tersedia informasi yang terkait. Oleh karena itu, kejadian ini menjadi akhir dari suatu masalah yang terjadi dalam sebuah penelitian.

6. *Basic Event*

Simbol lingkaran ini digunakan untuk menyatakan kejadian dasar atau kejadian utama yang tidak perlu dicari penyebabnya. Dengan kata lain, simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu peristiwa.

3.7.3 Validasi Data *Fault Tree Analysis*

Validasi data penelitian dapat dikatakan sebagai serangkaian bentuk ketepatan atas derajat di dalam suatu variabel penelitian yang menghubungkan antara proses penelitian pada objek penelitian dengan menggunakan berbagai data yang dilaporkan oleh seorang peneliti (Sugiyono, 2019). Terdapat 3 Tahapan dalam memvalidasi *Fault Tree Analysis*, yaitu:

1. Validasi Keandalan/*Reliability*

Validasi keandalan/reliabilitas bertujuan untuk memastikan bahwa target keselamatan dapat tercapai melalui dua perspektif, yaitu:

- a. Memeriksa apakah grafis *Fault Tree* (FT) telah sesuai dengan kejadian sebenarnya dengan menggunakan gerbang AND untuk memastikan independensi.
- b. Memilih subsistem dan komponen yang tepat agar dapat membentuk peristiwa dasar dalam *Fault Tree Analysis* (FTA).

Hal ini sering dilakukan dengan menggunakan daftar periksa, skema sistem, dan pemeriksaan menyeluruh terhadap logika FTA untuk memastikan bahwa semua permutasi telah disertakan di setiap tingkat. Validasi dilakukan dengan

mengisi FTA dengan data probabilitas kegagalan untuk menentukan apakah target keselamatan akan tercapai. Namun, karena pohon kesalahan hanya mewakili kejadian dari dua keadaan (BENAR atau SALAH), aturan Aljabar Boolean harus diterapkan.

Tabel 3.2 Hukum Aljabar Boolean

NO	NAMA	CONTOH	FUNGSI
1	Hukum Identitas	$A + 0 = A$	Menyatakan bahwa menambahkan 0 ke suatu variabel tidak mengubah nilai variabel tersebut
		$A \times 1 = A$	Menyatakan bahwa mengalikan suatu variabel dengan 1 tidak mengubah nilai variabel tersebut.
2	Hukum Null	$A + 1 = 1$	Menyatakan bahwa menambahkan 1 ke suatu variabel selalu menghasilkan 1.
		$A \times 0 = 0$	Menyatakan bahwa mengalikan suatu variabel dengan 0 selalu menghasilkan 0.
3	Hukum Idempotensi	$A + A = A$	Menyatakan bahwa menambahkan suatu variabel ke dirinya sendiri tidak mengubah nilai variabel tersebut.
		$A \times A = A$	Menyatakan bahwa mengalikan suatu variabel dengan dirinya sendiri tidak mengubah nilai variabel tersebut.
4	Hukum Invers	$A + A' = 1$	Menyatakan bahwa menambahkan suatu variabel dengan komplemennya selalu menghasilkan 1.
		$A \times A' = 0$	Menyatakan bahwa mengalikan suatu variabel dengan komplemennya selalu menghasilkan 0.
5	Hukum Komutatif	$A + B = B + A$	Menyatakan bahwa urutan penjumlahan tidak mempengaruhi hasil.
		$A \times B = B \times A$	Menyatakan bahwa urutan perkalian tidak mempengaruhi hasil.
6	Hukum Asosiatif	$(A + B) + C = A + (B + C)$	Menyatakan bahwa kelompok penjumlahan tidak mempengaruhi hasil.
		$(A \times B) \times C = A \times (B \times C)$	Menyatakan bahwa kelompok perkalian tidak mempengaruhi hasil.
7	Hukum Distributif	$A \times (B + C) = (A \times B) + (A \times C)$	Menyatakan bahwa perkalian dapat didistribusikan terhadap penjumlahan.
		$A + (B \times C) = (A + B) \times (A + C)$	Menyatakan bahwa penjumlahan dapat didistribusikan terhadap perkalian.
8	Hukum Absorpsi	$A + (A \times B) = A$	Menyatakan bahwa suatu variabel yang ditambahkan dengan hasil perkaliannya dengan variabel lain akan tetap menghasilkan variabel tersebut.
		$A \times (A + B) = A$	Menyatakan bahwa suatu variabel yang dikalikan dengan hasil penjumlahannya dengan variabel lain akan tetap menghasilkan variabel tersebut.
9	Hukum De Morgan	$(A \times B)' = A' + B'$	Menyatakan bahwa komplemen dari hasil perkalian dua variabel sama dengan penjumlahan komplemen dari
		$(A + B)' = A' \times B'$	Menyatakan bahwa komplemen dari hasil penjumlahan dua variabel sama dengan perkalian komplemen dari

FTA merupakan metode grafis yang menggunakan gerbang logika dan peristiwa kesalahan untuk memodelkan hubungan sebab-akibat yang

menyebabkan peristiwa yang tidak diinginkan. Metode grafis ini dapat diterjemahkan ke dalam model matematika untuk menghitung probabilitas kegagalan dan ukuran kepentingan sistem (Ericson, 2005). Pendekatan kuantitatif ini memberikan hasil yang lebih bermanfaat, tetapi membutuhkan lebih banyak waktu (misalnya, pengumpulan data tingkat kegagalan komponen) dan melibatkan orang yang berpengalaman.

Kegagalan dalam menerapkan hukum idempoten dan absorpsi dapat menghasilkan estimasi probabilitas yang lebih rendah dari kenyataan. Setelah aturan Aljabar Boolean diterapkan pada FTA, probabilitas kegagalan dapat dimasukkan ke dalam peristiwa dasar. Kemudian, peristiwa puncak dapat dihitung dengan menentukan probabilitas setiap gerbang secara berurutan hingga probabilitas peristiwa puncak diketahui. Jika semua peristiwa dasar telah ditemukan, probabilitas dapat ditentukan hanya dengan mengalikan input ke gerbang AND dan menjumlahkan input ke gerbang OR.

Target probabilitas biasanya dinyatakan sebagai tingkat kegagalan daripada probabilitas kegagalan absolut. Misalnya, target probabilitas didasarkan pada tingkat keparahan kondisi kegagalan dalam 'Probabilitas Rata-rata per Jam Penerbangan'. Hal ini mudah dicapai ketika semua peristiwa dasar juga dinyatakan sebagai tingkat kegagalan. Namun, kebingungan dapat muncul ketika beberapa peristiwa dasar dipengaruhi oleh waktu yang berisiko atau peristiwa tidak aktif yang mungkin berada dalam keadaan gagal selama banyak penerbangan dan hanya menimbulkan masalah ketika kegagalan lain atau kondisi tertentu terjadi.

2. Validasi Tingkat Jaminan Pengembangan (*Development Assurance Level*)
Validasi dilakukan berdasarkan tingkat keselamatan khusus yang disesuaikan dengan tingkat keparahan.
3. Validasi Kesalahan Manusia (*Human Hazard*)
Validasi ini memastikan manusia berinteraksi secara normal maupun dalam keadaan bahaya sehingga dapat merespons kegagalan. Validasi ini diperlukan agar manusia dapat mengurangi kegagalan melalui tindakan pemulihan dan pengendalian serta memahami cara merespons jika terjadi kegagalan yang

bisa mengancam keselamatan. Contoh kesalahan manusia berdasarkan NASA *Fault Tree Handbook* (2002) meliputi:

- a. kesalahan terkait pengujian dan pemeliharaan,
- b. kesalahan yang menyebabkan kejadian awal,
- c. kesalahan prosedur selama insiden atau kecelakaan,
- d. kesalahan yang mengarah ke tindakan yang tidak tepat, dan
- e. kesalahan deteksi dan pemulihan.

Namun, NASA *Fault Tree Handbook* (2002) menyarankan untuk tidak membuat model kesalahan manusia. Kesalahan manusia melibatkan tindakan yang tidak terduga. Kesalahan manusia yang disengaja (*human error of commission*) tidak dimodelkan karena pendekatan pemodelan saat ini memerlukan pertimbangan lingkup tindakan yang hampir tak terbatas.

3.7.4 Verifikasi Data *Fault Tree Analysis*

Verifikasi FTA melibatkan memastikan bahwa model grafis FTA mencerminkan konfigurasi kejadian dan perilaku solusi desain akhir. Metode verifikasi yang berlaku untuk FTA antara lain sebagai berikut.

1. Inspeksi dan tinjauan gambar/grafis FTA.
2. Analisis FTA dengan kejadian kegagalan yang sesuai dengan peristiwa sebenarnya.
3. Pengujian mode kegagalan yang disimulasikan, dan lain-lain.

Setelah diverifikasi sepenuhnya, FTA yang diperbarui kemudian disusun menjadi laporan untuk Penilaian Keamanan terhadap suatu kegagalan. Laporan ini harus mencakup indeks kondisi kegagalan yang dipertimbangkan, termasuk target probabilitas yang ditetapkan. Isi laporan FTA pada tahap akhir meliputi penjelasan sebagai berikut.

1. Menjelaskan pohon kesalahan, termasuk deskripsi rinci tentang arti peristiwa tingkat atas yang diinterpretasikan, dan pertimbangan ruang lingkup apapun.
2. Memberikan detail asumsi atau peringatan yang diandalkan selama pembuatan pohon kesalahan, seperti banyaknya kejadian yang diasumsikan.
3. Menampilkan tabel kejadian dasar dan probabilitas yang ditetapkan, dengan referensi asal mereka diperoleh.

4. Menampilkan diagram pohon kesalahan, menggunakan transfer gates jika diperlukan agar dapat dibaca dan mudah dipahami.
5. Menambahkan diagram *cut set*, dengan menentukan urutan pertama tertentu (di mana satu peristiwa dasar mengarah ke peristiwa tingkat atas) karena ini mewakili kegagalan titik tunggal dalam sistem.

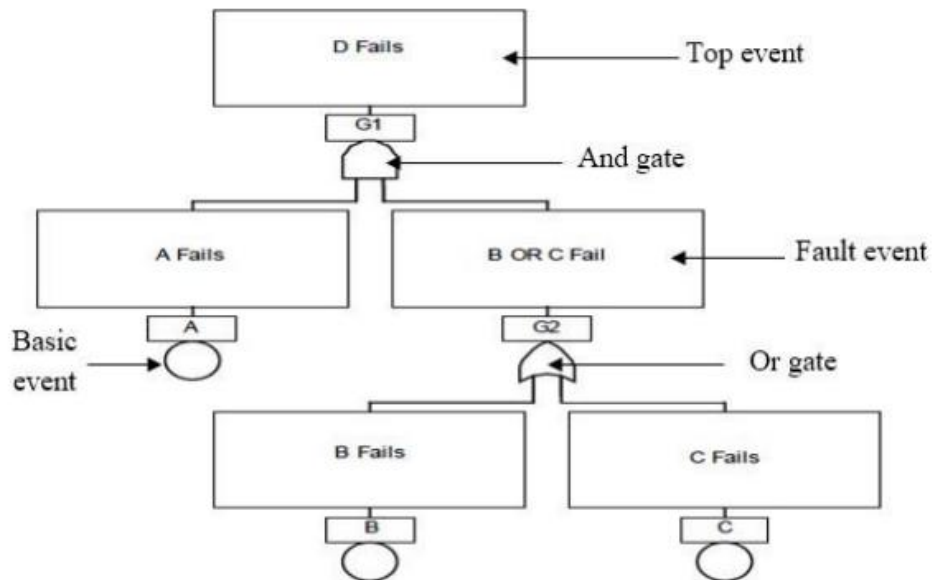
Kesimpulannya, laporan FTA harus mencakup ringkasan hasil pohon kesalahan. Jika telah sesuai dengan target yang diinginkan, maka untuk peristiwa teratas dengan tingkat keparahan bencana, kegagalan titik tunggal yang telah terjadi dan diidentifikasi secara rinci harus dicantumkan. Selain itu, laporan harus merinci tindakan pemeliharaan yang diperlukan untuk mengurangi efek kegagalan yang mungkin terjadi.

3.7.5 Tahapan *Fault Tree Analysis*

Langkah-langkah untuk mengembangkan pohon kesalahan adalah sebagai berikut.

1. Menentukan permasalahan yang akan dianalisis, yaitu kegagalan atau hasil yang lebih luas dari kegagalan tersebut.
2. Menentukan peristiwa puncak (*top event*), yaitu kemungkinan penyebab langsung atau mode kegagalan yang mengarah ke peristiwa puncak yang diidentifikasi.
3. Menganalisis mode penyebab/kesalahan untuk mengidentifikasi bagaimana kegagalan dapat terjadi.
4. Mengidentifikasi secara bertahap penyebab/kesalahan dari kejadian yang tidak diinginkan hingga ke kejadian yang lebih rendah secara berurutan sampai analisis lebih lanjut tidak dapat diuraikan lagi, yang berarti sudah mendasar. Peristiwa dan faktor penyebab pada kejadian terendah yang dianalisis dikenal sebagai peristiwa dasar.
5. Ketika probabilitas kejadian telah ditentukan hingga peristiwa dasar, kemungkinan terjadinya peristiwa puncak dapat dihitung. Agar kuantifikasi valid, harus dapat ditunjukkan bahwa, untuk setiap gerbang, semua *input* diperlukan dan cukup untuk menghasilkan kejadian *output*. Jika hal ini tidak

terjadi, pohon kesalahan tidak valid untuk analisis probabilitas tetapi tetap dapat menjadi alat yang berguna untuk menampilkan hubungan sebab akibat. Berikut ini adalah contoh permodelan *Fault Tree Analysis*.



Gambar 3.15 Permodelan *Fault Tree Analysis*
(sumber: H. P. Pasaribu, H. Setiawan, dan W. I. Ervianto, 2017)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Pada metode penelitian ini akan menjelaskan langkah-langkah yang akan diambil selama proses penelitian untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Metode penelitian yang dimaksud mencakup semua kegiatan yang dilakukan mulai dari awal hingga akhir proses penelitian. Metode penelitian ini dilaksanakan sebagai panduan untuk memastikan bahwa jalannya penelitian di lapangan sesuai dengan dasar teori yang telah tersedia.

Penelitian yang direncanakan adalah tentang analisis kecelakaan kerja dengan menerapkan metode analisis pohon kesalahan pada pekerjaan *scaffolding* dengan mengambil studi kasus dari proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring. Penelitian ini akan didasarkan pada hasil wawancara dan tinjauan literatur. Hal ini dilakukan karena proses penelitian ini akan mengumpulkan informasi melalui wawancara untuk mendapatkan gambaran tentang kejadian yang terjadi selama pekerjaan *scaffolding* berlangsung, serta tinjauan literatur yang akan menjadi acuan untuk mengevaluasi dan mengolah data menjadi variabel yang relevan.

Penelitian ini memiliki prosedur yang disebut dengan teknik penelitian, yang dirancang untuk mengumpulkan informasi atau data dan kemudian mengevaluasi informasi atau data yang telah diperoleh, metode penelitian memberikan gambaran tentang desain penelitian. Ikhtisar ini menyoroti, antara lain, prosedur dan tahapan yang harus diikuti, jumlah waktu yang diperlukan untuk penelitian, sumber data, dan metode yang digunakan untuk mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data (Hidayat, 2017)

4.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian merupakan sebuah batasan bagi peneliti dengan cara menggunakan benda, hal, atau orang untuk menentukan variabel yang digunakan pada penelitian Arikuntoro (2019). Hal ini berarti bahwa subjek merupakan suatu

tempat di mana variabel melekat. Oleh karena itu, pada penelitian ini subjek yang digunakan adalah pekerja Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring.

4.3 Objek Penelitian

Objek adalah variabel yang merupakan titik perhatian suatu penelitian Arikunto (2016), atau dapat diartikan sebagai masalah yang diteliti. Hal ini berarti bahwa objek merupakan suatu sasaran isu yang digunakan dalam melaksanakan penelitian. Objek penelitian ini mengenai kecelakaan kerja pada Proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring yang berlokasi di Kabupaten Klaten.

4.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data menurut Sugiyono (2013) adalah salah satu langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mengumpulkan data. Pengumpulan data juga dapat diartikan sebagai proses memperoleh data atau bahan dari proyek yang diteliti. Oleh karena itu, pengumpulan data ini akan dilakukan pada proyek Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring di Kabupaten Klaten, dengan fokus pada pekerjaan *scaffolding*. Adapun metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Menurut Danial dan Warsiah (2009) studi literatur adalah penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan cara mengumpulkan beberapa buku, majalah yang berkaitan dengan masalah dan tujuan penelitian. Studi literatur bertujuan untuk menyelaraskan perspektif pembahasan dengan teori yang relevan terhadap permasalahan yang diteliti. Studi ini juga digunakan sebagai bahan rujukan dalam pembahasan hasil penelitian. Pada metode ini, literatur yang digunakan meliputi jurnal internasional dan nasional, penelitian terdahulu, buku yang relevan, serta standar operasi internasional dan nasional.

2. Wawancara

Menurut Gramedia.com, wawancara merupakan salah satu teknik yang sering digunakan untuk mengumpulkan informasi atau data dari seseorang atau kelompok orang. Wawancara dapat dilakukan secara lisan atau tertulis, dan

dapat dilakukan oleh seorang atau sekelompok orang yang disebut *interviewer*. Tujuan dari wawancara bisa bermacam-macam, misalnya untuk mengetahui latar belakang seseorang, mengklarifikasi informasi yang telah diperoleh sebelumnya, atau untuk mengetahui pandangan atau pendapat seseorang tentang suatu hal. Pada penelitian ini, dilakukan wawancara dengan pihak pelaksana proyek.

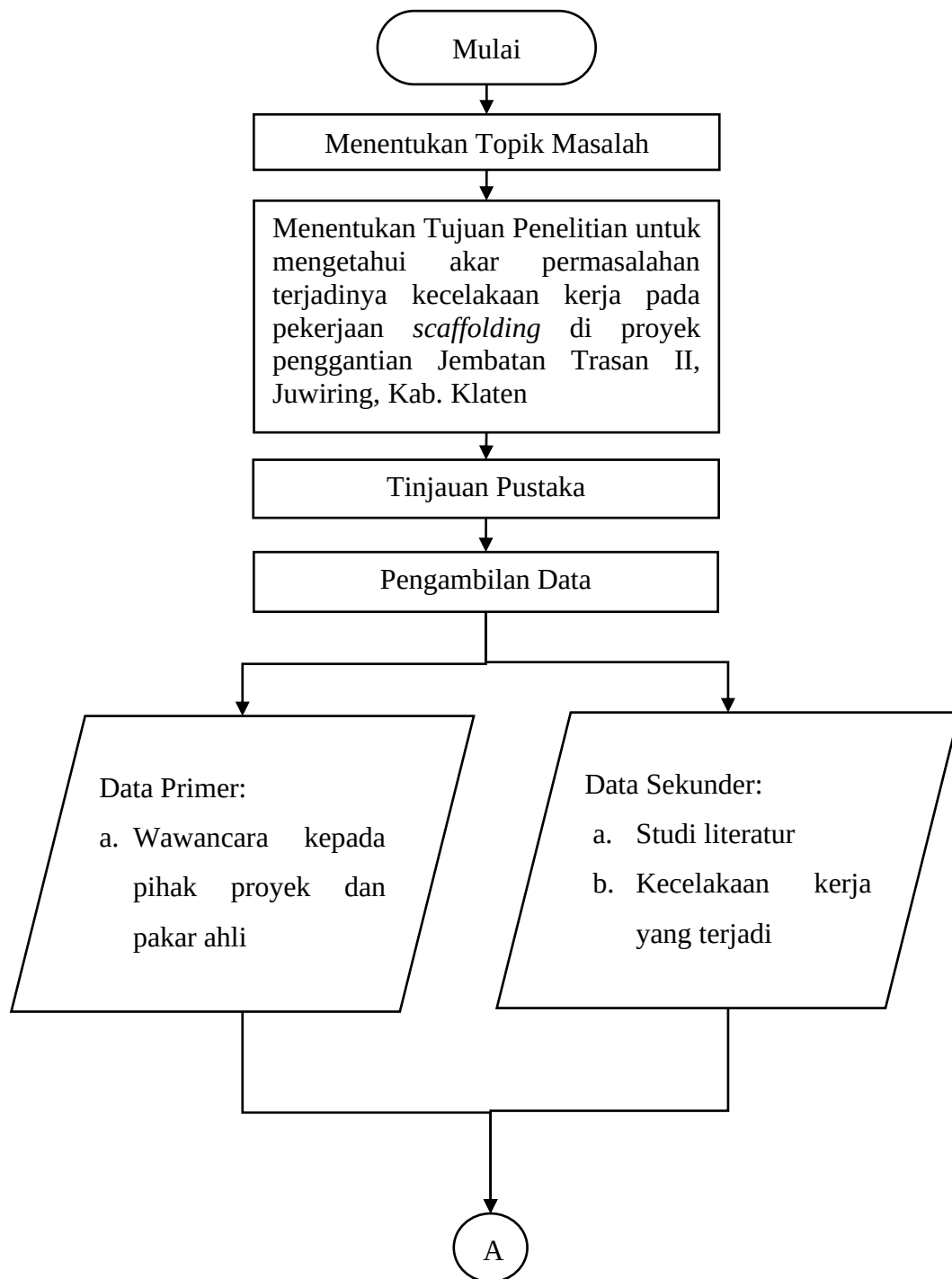
4.5 Metode Analisis Data

Menurut Sugiyono (2010), metode analisis data adalah proses pencarian data, mengumpulkan informasi secara sistematis dari wawancara, catatan lapangan dan dokumentasi, mengategorikan data, membaginya menjadi unit-unit, menyintesiskannya, menggabungkannya menjadi pola dan memilih darinya mana yang penting dan apa yang mudah dipelajari. dan menarik kesimpulan dengan cara yang mudah dipahami oleh diri sendiri maupun orang lain. Analisis data yang akan digunakan dalam penelitian ini ada *Fault Tree Analysis*

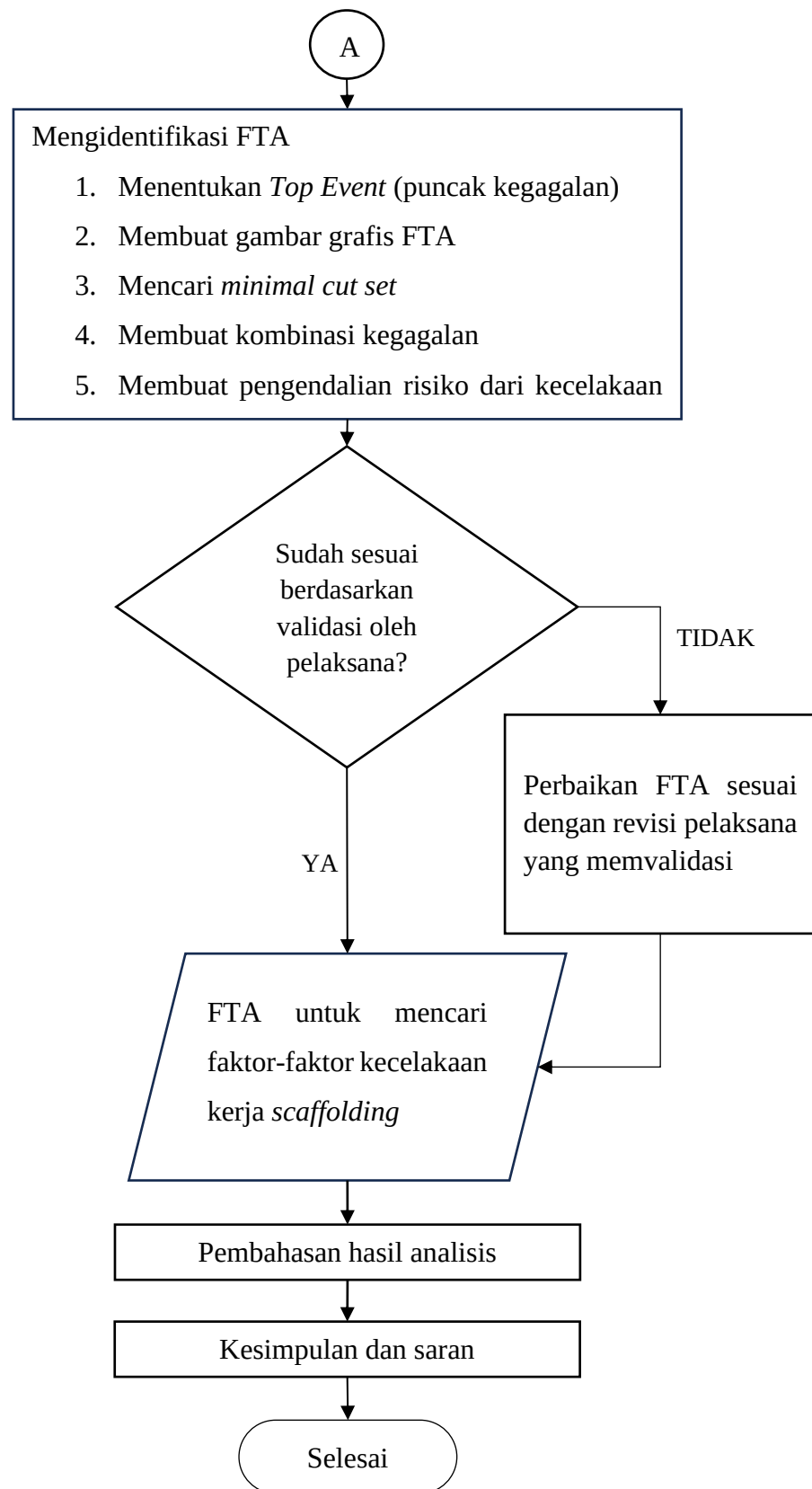
Setelah mengetahui kecelakaan kerja yang terjadi, akan dilakukan analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode FTA digunakan untuk menentukan akar penyebab kecelakaan kerja, khususnya pada pekerjaan *scaffolding*.

4.6 Tahapan Penelitian

Penjelasan tahapan penelitian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian, yang harus dilakukan secara urut dan sistematis. Tahapan awal melibatkan definisi topik penelitian, tujuan, dan literatur relevan yang dipilih. Selanjutnya, data proyek dikumpulkan dan dianalisis hingga menghasilkan hasil penelitian. Tahapan penelitian ini akan dijelaskan secara rinci dalam kerangka berpikir yang meliputi awal hingga akhir proses penelitian untuk memudahkan pemahaman tujuan penelitian. Diagram alir penelitian/*flowchart* kemudian digunakan untuk menggambarkan tahapan tersebut secara singkat. Berikut bagan alir penelitian dapat di lihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian pada studi kasus Proyek pembangunan Penggantian Jembatan Trasan II yang terletak di Desa Trasan, Kecamatan Juwiring, Kabupaten Klaten. Proyek ini telah terlaksana pada tahun 2024 memiliki jangka waktu 180 hari kalender dan masa pemeliharaan selama 360 hari kalender. Pemilik pekerjaan tersebut adalah DPU PR Kab. Klaten dengan kontraktor dari CV. TECHNICSI

Pengambilan data dilakukan melalui wawancara dengan salah satu pekerja pada Proyek Pembangunan Penggantian Jembatan Trasan II. Wawancara ini bertujuan untuk memastikan adanya kecelakaan kerja yang mungkin terjadi saat pelaksanaan pekerjaan *Scaffolding* serta memperoleh informasi terbaru mengenai perkembangan proyek tersebut. Wawancara dilakukan pada tanggal 26 September 2024 di Kantor CV. TECHNICSI, dengan narasumber Bapak Safrudin yang saat itu menjabat sebagai Pelaksana Proyek dalam proyek tersebut.

5.2 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan memetakan kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerjaan *scaffolding*, kemudian menentukan *top event* dari kecelakaan tersebut. Setelah itu, dilakukan penggambaran *Fault Tree Analysis* (FTA) berdasarkan *'top event'* tersebut untuk mengidentifikasi faktor atau akar penyebab kecelakaan. Faktor atau akar masalah yang ditemukan merupakan *'basic event'* dan dapat disimpulkan sebagai penyebab kecelakaan. Selanjutnya, kemungkinan terjadinya kecelakaan dianalisis dalam bentuk kombinasi-kombinasi yang memungkinkan.

5.2.1 Data Variabel Kecelakaan Kerja Umum Pada Pekerjaan *Scaffolding*

Pada setiap pekerjaan konstruksi sering terjadi kecelakaan kerja yang tidak diharapkan terjadi, terutama pada pekerjaan *scaffolding*. Berdasarkan jurnal penelitian yang terdapat pada Bab II dengan Judul “Analisis Potensi Bahaya Pada Pekerjaan Pemasangan *Scaffolding Overhaul Boiler* PLTU Pelabuhan Ratu” oleh

Aziz dkk. (2022), diperoleh data variabel kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerjaan *scaffolding* antara lain sebagai berikut:

1. Terjatuh dari *scaffolding*
2. Tertimpa material *scaffolding*
3. Tergores material *scaffolding*
4. Terpeleset ketika menggunakan *scaffolding*
5. Penggunaan *scaffolding* yang tidak layak pakai
6. Tertimpa material bahan yang digunakan
7. Tertimbun material bahan
8. Terjatuhnya material bahan

5.2.2 Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan *Scaffolding* Proyek Penggantian Jembatan Trasan

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan pihak Proyek Pekerjaan Penggantian Jembatan Trasan II Yaitu Bapak Safrudin selaku Pelaksana menyampaikan bahwa pada peristiwa kecelakaan yang terjadi berupa jatuhnya *scaffolding* sehingga menyebabkan tenaga kerja terjatuh dan tercebur. Singkat cerita, kecelakaan tersebut terjadi pada siang hari sekitar pukul 13.30 WIB. Kecelakaan yang terjadi berupa rapuhnya pada bagian *cat walk scaffolding* yang disebabkan *scaffolding* tidak mampu menahan beban drum yang berisikan beton *ready mix* yang berasal dari *truck mixer* pada saat pengecoran pondasi, sehingga menyebabkan tenaga kerja tergelincir. Pada peristiwa tersebut tidak terdapat korban jiwa, namun terdapat 3 tenaga kerja yang terjatuh dan tercebur sehingga mengalami luka kecil. Pada kejadian ini menyebabkan kerugian material berupa beton *ready mix*.



Gambar 5.1 Kondisi *Scaffolding*



Gambar 5.2 Dokumentasi Sebelum Wawancara

5.2.3 Menentukan *Top Event*

Top event (kejadian puncak) merupakan permasalahan utama dalam analisis keselamatan yang menyebabkan atau berpotensi menyebabkan terjadinya kecelakaan atau kegagalan sistem. Pada kasus ini, permasalahan utama yang terjadi yaitu kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerjaan *scaffolding* pada Proyek Penggantian Jembatan Trasan yaitu terdapat pekerja yang terjatuh dan tercebur yang diakibatkan oleh beberapa faktor tertentu. Maka dari itu, diperoleh *top event* yang ditentukan yaitu pekerja terjatuh dan tercebur.

5.2.4 Menentukan Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan

Pada sub bab ini, akan menjelaskan dan mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan berdasarkan data yang terdapat pada kejadian puncak (*top event*) yang telah ditetapkan pada sub bab sebelumnya. Faktor penyebab kecelakaan yang diperoleh nantinya akan menjadi '*intermediate event*,' yaitu gambaran umum dari kejadian puncak itu sendiri. Selanjutnya, masing-masing *intermediate event* akan disederhanakan menjadi '*basic event*' yaitu kejadian dasar yang mungkin terjadi. Penentuan *basic event* akan disesuaikan berdasarkan wawancara narasumber serta studi literatur yang tersedia.

Penentuan faktor penyebab kecelakaan ini bertujuan untuk meringankan penyusunan struktur dalam grafik FTA (*Fault Tree Analysis*). Selain itu, kita juga mendapatkan informasi urutan kejadian kecelakaan kerja yang dapat diperoleh secara sistematis berdasarkan data faktor penyebab yang telah diringkas. Pendekatan ini dilakukan dengan menentukan faktor penyebab dan menganalisisnya dari subjek yang ada. Selain itu, dapat menganalisis kemungkinan

interaksi yang terjadi, sehingga grafik FTA (*Fault Tree Analysis*) memiliki jalur kegagalan yang jelas dengan struktur kompleks berdasarkan kombinasi peristiwa yang terjadi. Informasi tersebut diperoleh melalui metode wawancara dengan pihak Pelaksana. Peristiwa-peristiwa tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan faktor penyebab yang berhubungan.

Pada kejadian kecelakaan pekerja terjatuh dan tercebur pada Proyek Pengganti Jembatan Trasan, terdapat empat faktor penyebab kecelakaan kerja secara umum, yaitu:

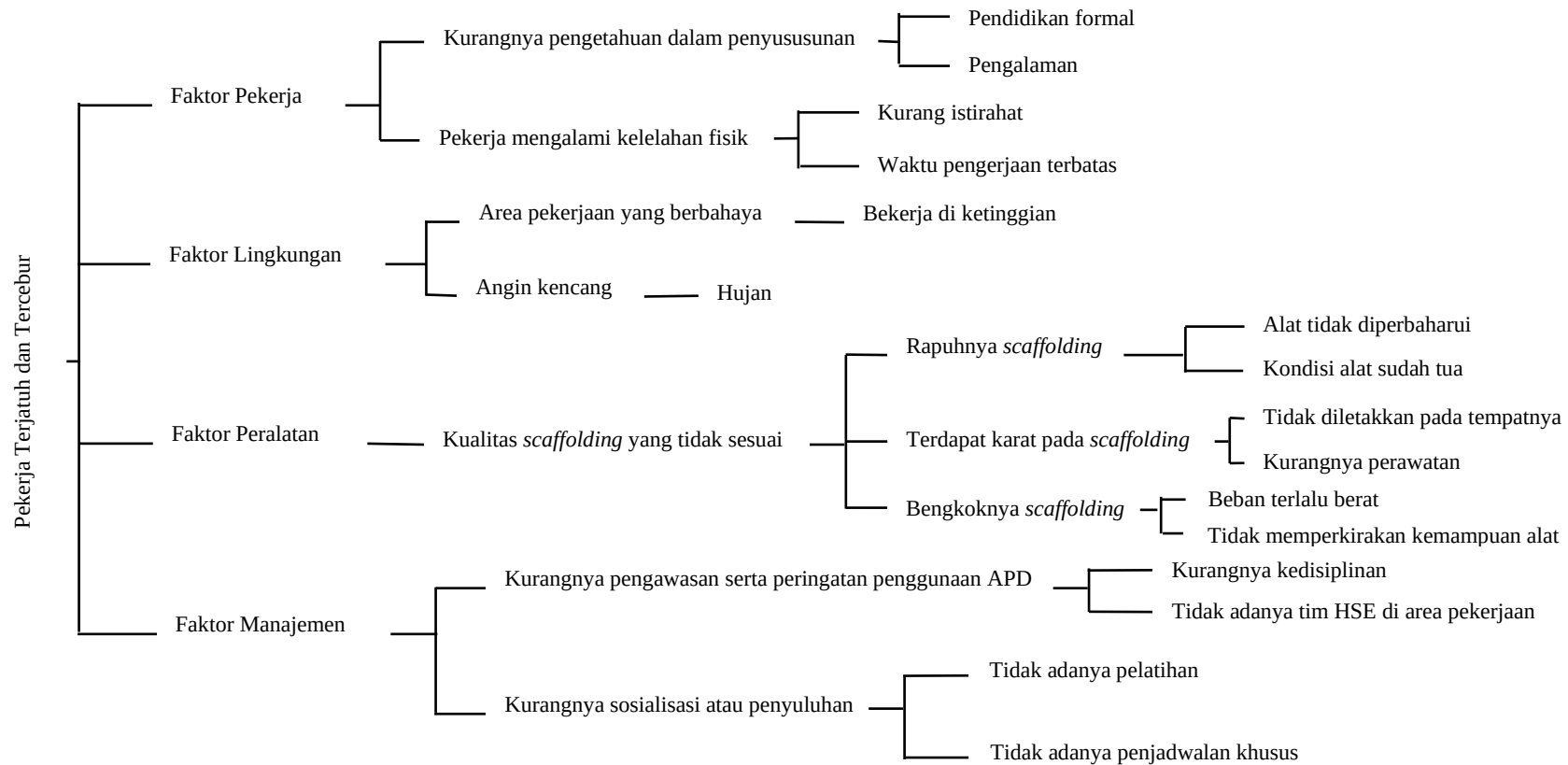
1. Faktor Pekerja
2. Faktor Lingkungan
3. Faktor Peralatan
4. Faktor Manajemen

Faktor diatas merupakan *intermediate event*, yang berarti masih terdapat penyebab mendasar lain yang dapat diidentifikasi dari masing-masing faktor tersebut. Penyebab mendasar ini adalah *basic event* atau penyebab paling dasar yang tidak dapat ditelusuri lebih lanjut. Gambaran mengenai penyebab yang mungkin terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja

<i>Intermediate Event</i>	Penyebab Kecelakaan
Faktor Pekerja	- Kurangnya pengetahuan dalam penyusunan - Pekerja mengalami kelelahan fisik - Kurangnya keterampilan atau <i>skill</i>
Faktor Lingkungan	- Angin kencang - Area pekerjaan yang berbahaya
Faktor Peralatan	- Rapuhnya <i>scaffolding</i> - Terdapat karat pada <i>scaffolding</i> - Bengkoknya <i>scaffolding</i> - Kualitas <i>scaffolding</i> yang tidak sesuai
Faktor Manajemen	- Kurangnya pengawasan serta peringatan penggunaan APD - Kurangnya sosialisasi atau penyuluhan

Data penyebab kecelakaan di atas diperoleh dari hasil wawancara dengan narasumber serta studi literatur yang telah dilakukan. pada kecelakaan kerja ini, didapatkan beberapa faktor krusial yang memiliki efek terbesar dalam kejadian kecelakaan kerja seperti faktor manusia dan faktor peralatan. Berikut ini adalah rencana grafik pemodelan terjatuhnya *scaffolding* yang telah dirinci secara detail pada Gambar 5.3 berikut.



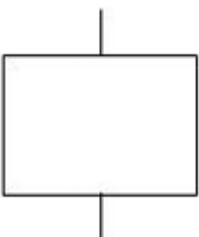
Gambar 5.3 Rencana Grafis Permodelan Pekerja Terjatuh dan Tercebur

5.2.5 Penggambaran *Fault Tree Analysis*

Pada sub bab ini, akan menggambarkan grafik *Fault Tree Analysis* (FTA) berdasarkan data *top event*, *intermediate event*, dan *basic event* yang telah ditentukan sebelumnya. Tahap pertama yang dilakukan adalah memasukkan *top event*, kemudian dilanjutkan dengan *intermediate event* hingga *basic event* sesuai dengan data yang didapatkan dari rancangan permodelan. Penggambaran grafik *Fault Tree Analysis* (FTA) ini menggunakan gerbang logika (*logic gate*) untuk menghubungkan kejadian awal dengan kejadian selanjutnya, serta menggunakan notasi huruf dan angka untuk memudahkan analisis MOCUS (*Method for Obtaining Cut Sets*) yang bertujuan mencari penyebab tersembunyi dari kecelakaan kerja yang terjadi.

Penjelasan simbol-simbol data pada *Fault Tree Analysis* (FTA) telah dibahas secara lengkap dalam Bab 3, pada sub bab Aturan Dasar (FTA). Dalam pembuatan grafik FTA (*Fault Tree Analysis*) ini, digunakan simbol-simbol gambar seperti pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Simbol *Fault Tree Analysis*

Simbol	Nama	Makna/Maksud
	<i>Basic event</i>	Peristiwa kegagalan atau kesalahan dasar pada elemen sistem yang tidak dapat dijabarkan lebih lanjut.
	<i>Intermediate event/ Event box</i>	Simbol ini dapat digunakan untuk menyediakan lebih banyak ruang untuk mengetikkan deskripsi acara dan letaknya tepat di atas kejadian utama untuk memperluas deskripsi peristiwa kegagalan.

Lanjutan Tabel 5.2 Simbol *Fault Tree Analysis*

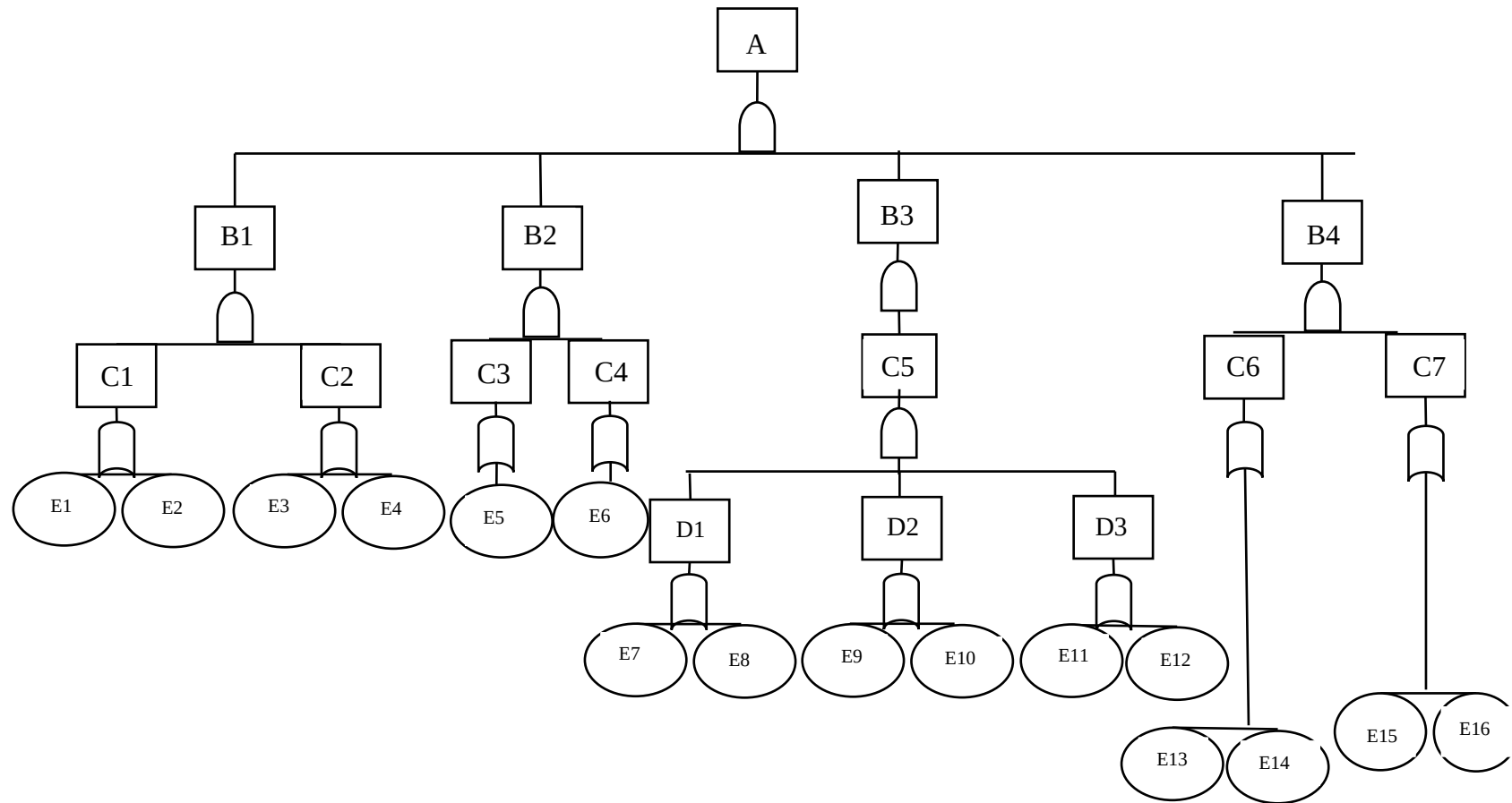
Simbol	Nama	Makna/Maksud
	<i>Or Gate</i>	Output yang dihasilkan ketika terdapat input berupa <i>basic event</i> dengan simbol aljabar (+).
	<i>And Gate</i>	<i>Output</i> akan terjadi hanya jika semua <i>input</i> terjadi (<i>input</i> tidak bergantung pada sumbernya).

Basic event adalah kegagalan yang paling mendasar dan tidak memerlukan pencarian penyebab lebih lanjut, sehingga dalam penggambaran grafik ditempatkan di posisi paling bawah dan digambarkan dengan bentuk lingkaran. Sementara itu, *intermediate event* dan *top event* dilambangkan dengan bentuk persegi panjang. *Top event* adalah kejadian puncak dari sebuah kecelakaan atau bahaya yang akan terjadi, yaitu pekerja yang terjatuh dan tercebur, sedangkan *intermediate event* adalah kejadian transisi antara *top event* dan *basic event*, maka dari itu peristiwa tersebut masih dapat dipetakan lebih lanjut.

Tahap berikutnya setelah menentukan *event* yang terjadi adalah memilih gerbang logika (*logic gate*) yang sesuai dengan kemungkinan yang telah diidentifikasi. Gerbang OR digunakan ketika terdapat masukan, di mana masukan tersebut merupakan kegagalan dasar atau *basic event*. Sementara gerbang AND digunakan jika *output* dan *input* saling berkaitan, dengan syarat bahwa masukan tersebut bukan sumber utama (*basic event*), melainkan berfungsi sebagai penghubung antara *intermediate event* dengan *intermediate event*, atau antara *intermediate event* dengan *top event*.

Berdasarkan penjelasan simbol-simbol tersebut, dapat dilakukan analisis simbol-simbol sesuai dengan ketentuan yang ada dan menyesuaikannya dengan

model grafis kejadian pekerja terjatuh dan tercebur, sehingga diperoleh model grafis *Fault Tree Analysis* (FTA). Berikut adalah gambar FTA yang telah diperoleh.



Gambar 5.4 Grafik FTA (Fault Tree Analysis) Pekerja Terjatuh dan Tercebur

Berdasarkan grafik *Fault Tree Analysis* (FTA) di atas, maka diperoleh penjelasan mengenai notasi huruf dan angka yang telah disesuaikan dengan penjelasan pada permodelan grafis. Berikut ini merupakan Tabel 5.3 deksripsi notasi huruf dan angka.

Tabel 5.3 Deskripsi Notasi Huruf dan Angka

No	Notasi	Deskripsi	No	Notasi	Deskripsi
1	A	Pekerja Terjatuh dan Tercebur	16	E2	Pengalaman
2	B1	Faktor Pekerja	17	E3	Kurang Istirahat
3	B2	Faktor Lingkungan	18	E4	Waktu Pengerjaan Terbatas
4	B3	Faktor Peralatan	19	E5	Bekerja di Ketinggian
5	B4	Faktor Manajemen	20	E6	Angin Kencang
6	C1	Kurangnya Pengetahuan dalam Penyusunan	21	E7	Alat Tidak Diperbaharui
7	C2	Pekerjaan Mengalami Kelelahan Fisik	22	E8	Kondisi Alat Sudah Tua
8	C3	Area Pekerjaan yang Berbahaya	23	E9	Tidak Diletakkan Pada Tempatnya
9	C4	Cuaca Hujan	24	E10	Kurangnya Perawatan
10	C5	Kualitas <i>Scaffolding</i> yang Tidak Sesuai	25	E11	Beban Terlalu Berat
11	C6	Kurangnya Pengawasan Serta Peringatan Penggunaan APD	26	E12	Tidak Memperkirakan Kemampuan Alat
12	C7	Kurangnya Sosialisasi atau Penyuluhan	27	E13	Kurangnya Kedisiplinan
13	D1	Rapuhnya <i>Scaffolding</i>	28	E14	Tidak Adanya Tim HSE di Area Pekerjaan
14	D2	Terdapat Karat Pada <i>Scaffolding</i>	29	E15	Tidak Adanya Pelatihan
15	D3	Bengkoknya <i>Scaffolding</i>	30	E16	Tidak Adanya Penjadwalan Khusus
16	E1	Pendidikan Formal			

5.2.6 Kombinasi *Basic Event*

Berdasarkan hasil penggambaran grafik *Fault Tree Analysis* (FTA), tahap berikutnya adalah menentukan *cut set*. *Cut set* merupakan kombinasi yang membentuk pohon kesalahan/FTA, dan jika semua *cut set* terjadi, maka akan menyebabkan terjadinya peristiwa puncak. Setelah menentukan *cut set*, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi minimal *cut set*, yaitu set minimal atau *cut set* yang telah direduksi sehingga tidak dapat diperkecil lebih lanjut tanpa mengubah makna *cut set* aslinya. Penentuan *cut set* dan minimal *cut set* didapatkan dengan menggunakan analisa MOCUS (*Method for Obtaining Cut Sets*) melalui penerapan Hukum Aljabar *Boolean*.

Pertama, akan dilakukan analisis *basic event* yang berhubungan dengan *top event* dengan cara mencari minimal *cut set* yang diperoleh dari hasil analisis menggunakan hukum Aljabar *Boolean* dengan sifat distributif. Notasi Aljabar *Boolean* yang digunakan untuk gerbang OR (*OR Gate*) adalah penjumlahan dengan simbol (+), sementara notasi untuk gerbang AND (*AND Gate*) adalah perkalian dengan simbol (.).

Tabel 5.4 *Cut Sets* Menggunakan Aljabar Boolean

A	= B1 . B2 . B3 . B4
B1	= C1 . C2
B2	= C3 . C4
B3	= C5
B4	= C6 . C7
C1	= E1 + E2
C2	= E3 + E4
C3	= E5
C4	= E6
C5	= D1 . D2 . D3
C6	= E13 + E14
C7	= E15 + E16
D1	= E7 + E8
D2	= E9 + E10
D3	= E11 + E12

Setelah menentukan *cut set* menggunakan prinsip hukum Aljabar *Boolean*, langkah berikutnya adalah mengombinasikan *event* sehingga hasil akhirnya tidak dapat disederhanakan, diminimalkan, atau direduksi kembali. Hasil akhir dari kombinasi *event* ini akan menjadi bentuk kejadian utama yang menyebabkan terjadinya kejadian puncak. Berikut adalah kombinasi *event* yang dilakukan.

$$\begin{aligned}
 A &= B1. B2. B3. B4 \\
 &= (C1 . C2) . (C3 . C4) . (C5) . (C6 . C7) \\
 &= (E1 + E2) . (E3 + E4) . (E5) . (E6) . (D1 . D2 . D3) . (E13 + E14) . \\
 &\quad (E15 + E16) \\
 &= (E1 + E2) . (E3 + E4) . (E5) . (E6) . (E7 + E8) . (E9 + E10) . (E11 \\
 &\quad + E12) . (E13 + E14) . (E15 + E16)
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil data kombinasi kejadian menggunakan hukum aljabar Boolean di atas, diperoleh 9 minimal *cut set*. Pada grafik *Fault Tree Analysis* (FTA) sebelumnya, ditemukan 16 kejadian dasar (*basic event*). Kemudian, dengan menggunakan metode MOCUS (*Method for Obtaining Cut Sets*) dan penerapan hukum aljabar Boolean, diperoleh 9 kombinasi kegagalan.

5.2.7 Validasi Data FTA (*Fault Tree Analysis*)

Dalam sub bab ini dilakukan pemeriksaan ulang dengan memvalidasi *Fault Tree Analysis* yang telah dibuat, serta memastikan apakah grafik FTA telah sesuai dengan peristiwa yang terjadi. Berdasarkan hasil akhir kombinasi kegagalan, dapat dideskripsikan penyebab kegagalan yang terjadi, serta diberikan upaya pengendalian risiko sesuai dengan peristiwa tersebut. Kesimpulan ini disajikan dalam Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko

No	Kombinasi Event	Deskripsi/Penjelasan	Pengendalian Risiko
1.	E1, E2	Pekerjaan <i>scaffolding</i> memiliki potensi risiko pekerja terjatuh dan tercebur. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor tidak mendapatkan	Menyelenggarakan pelatihan khusus bagi pekerja, terutama dalam pekerjaan <i>scaffolding</i>, untuk meningkatkan

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko

		pendidikan formal dan kurangnya pengalaman.	keterampilan dan pengetahuan para pekerja • Memberikan pelatihan tentang penggunaan alat pelindung diri (APD), seperti sepatu pelindung anti-slip, rompi dan helm proyek.
2.	E3, E4	Pekerjaan <i>scaffolding</i> memiliki potensi risiko pekerja terjatuh dan tercebur. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor pekerja yaitu kurangnya istirahat dan waktu pengerjaan yang terbatas.	• Melakukan penambahan jumlah pekerja untuk mengejar target progress pekerjaan agar lebih cepat. • Penerapan shift kerja agar tenaga pekerja tidak terlalu kelelahan dan memiliki stamina apabila pekerjaan di lokasi memerlukan lembur. • Diberikan mess atau barak pekerja yang lokasinya dekat dengan Lokasi proyek agar lebih efisien.
3.	E5, E6	Pekerjaan <i>scaffolding</i> memiliki potensi risiko pekerja terjatuh dan tercebur. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor pekerja yaitu pekerjaan di	• Memastikan keamanan penggunaan <i>scaffolding</i>, terutama pada permukaan yang diinjak. • Menggunakan alat pelindung diri (APD)

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko

		area tinggi dan angin kencang	yang sesuai untuk kondisi yang tinggi, seperti helm pelindung dan Sepatu pelindung anti-slip.
4.	E7, E8	Pekerjaan <i>scaffolding</i> memiliki potensi risiko pekerja terjatuh dan tercebur. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor peralatan yaitu alat yang tidak diperbaharui dan kondisi alat yang sudah tua.	• Memperbarui alat <i>scaffolding</i>.
5.	E9, E10	Pekerjaan <i>scaffolding</i> memiliki potensi risiko pekerja terjatuh dan tercebur. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor peralatan yaitu alat tidak diletakkan pada tempatnya serta kurangnya perawatan.	• Menyimpan alat ditempat yang kering dan terlindung dari cuaca ekstrem, apabila disimpan atau diletakkan diluar ruangan sebaiknya diberikan penutup atau pelindung tambahan. • Mengganti bagian alat yang telah rusak atau berkarat, untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan menjaga keselamatan.
6.	E11, E12	Pekerjaan <i>scaffolding</i> memiliki potensi risiko pekerja terjatuh dan tercebur. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor	• Mengetahui beban maksimum yang dapat ditanggung oleh <i>scaffolding</i> yang digunakan.

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko

		peralatan yaitu tidak memperkirakan kemampuan alat dan beban yang terlalu berat.	• Memeriksa kembali dan memastikan keselamatan alat yang digunakan.
7.	E13, E14	Pekerjaan <i>scaffolding</i> memiliki potensi risiko pekerja terjatuh dan tercebur. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor manajemen yaitu kurangnya tingkat kedisiplinan dan tidak terdapat tim HSE di area pekerjaan.	• Project manager memberikan kebijakan teguran dan sanksi kepada supervisor HSE yang kurang disiplin. Diharapkan para supervisor HSE dapat lebih disiplin dalam mengawasi dan memperingatkan kondisi yang kurang aman. • Mengadakan kegiatan safety patrol untuk memantau supervisor HSE di seluruh aktivitas pekerjaan, terutama ketika penggunaan <i>scaffolding</i>. Kegiatan ini bertujuan untuk memantau dan mengendalikan pekerjaan secara menyeluruh, khususnya di area yang rawan kecelakaan, serta memberikan teguran kepada supervisor HSE yang kurang disiplin.

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko

8.	E15, E16	Pekerjaan <i>scaffolding</i> memiliki potensi risiko pekerja terjatuh dan tercebur. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor manajemen yaitu tidak adanya pelatihan dan tidak adanya penjadwalan khusus.	• Menyelenggarakan simulasi kecelakaan darurat yang mungkin akan terjadi di lapangan. • Menyusun jadwal pelatihan khusus untuk pekerja
----	----------	--	---

Berdasarkan penjelasan tabel diatas, dapat dilihat kombinasi kegagalan yang telah didapatkan beserta dengan pengendalian risiko yang sesuai dengan masing-masing kegagalan yang terjadi. Terdapat 9 kombinasi kegagalan yang dimana sebelumnya didapatnya 16 *basic event*. Adapun pengendalian risiko yang digunakan di atas dapat dikelompokkan berdasarkan tingkatan hirarki pengendalian risiko yang sebelumnya telah dibahas pada Bab 3 secara umum. Untuk pembahasan lebih detail terkait pengelompokan hirarki pengendalian risiko akan dibahas pada sub bab pembahasan.

5.3 Verifikasi Pakar Ahli K3

Berdasarkan hasil analisis *Fault Tree Analysis* di atas, maka dilakukan sesi berdiskusi dengan Pelaksana, Bapak Safrudin. Hasil analisis yang telah disampaikan sebelumnya merupakan hasil final yang telah disetujui oleh Pelaksana. Diskusi ini dilakukan untuk memastikan bahwa data yang telah dirancang sudah benar, dengan pengawasan dari ahli yang lebih berkompeten. Berikut adalah catatan masukan dan saran mengenai hasil verifikasi oleh Pelaksana dalam Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Masukan dan Saran Pelaksana

No	Pertanyaan	Masukan dan Saran
1.	Apakah data analisis FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>) yang telah disusun sudah memenuhi standar penerapan manajemen K3 di lapangan?	Kondisi di lapangan sudah sesuai dengan keadaan aktual. Namun, dalam pekerjaan tertentu, perlu dilakukan peninjauan lebih rinci mengenai manajemen K3, termasuk peraturan, ketetapan di lapangan, SOP sebelum dan sesudah memulai pekerjaan, pemilihan tenaga kerja dan peralatan, serta memikirkan kualitas dari alat dan bahan yang akan digunakan.
2.	Apakah hasil dari <i>basic event</i> atau akar permasalahan yang diperoleh sudah sesuai dengan <i>top event</i> atau peristiwa masalah puncak yang terjadi?	Permasalahan sudah ditemukan. Oleh karena itu, dalam pelaksanaan di lapangan, diharapkan hal tersebut dapat dijadikan bahan evaluasi agar kejadian tersebut tidak terulang kembali.

Berdasarkan masukan dan saran tersebut, perlu dilakukan pemilihan yang cermat, baik dari sisi pekerja maupun peralatan yang akan digunakan di lapangan. Pekerja dengan keahlian yang tepat akan dapat meminimalisir risiko kecelakaan, dan penting juga dilakukan pemeriksaan terhadap peralatan yang dipilih. Terutama jika berkaitan dengan bahan dan kualitas yang dapat menjadi faktor penyebab kecelakaan. Kelalaian dalam pemilihan peralatan dapat mengakibatkan kerugian berupa korban jiwa dan kerusakan harta benda.

Akar permasalahan yang merupakan *basic event* telah diidentifikasi melalui analisis data, dan hal tersebut mengungkapkan informasi serta permasalahan yang terjadi di lapangan. *basic event* ini harus dijadikan bahan evaluasi dan pembelajaran untuk masa depan agar tidak terulang, terutama pada pekerjaan yang dilakukan di atas permukaan air. Dengan penerapan solusi serta pengendalian risiko yang tepat, diharapkan risiko yang mungkin muncul dari pekerjaan tersebut dapat dikurangi dan dicegah.

5.4 Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan pada Proyek Penggantian Jembatan Trasan II yang berlangsung pada tahun 2024. Fokus penelitian ini hanya pada pekerjaan *scaffolding* selama proses pembangunan. Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu pekerja di Proyek Penggantian Jembatan Trasan II, diperoleh informasi bahwa pernah terjadi kecelakaan kerja berupa jatuh atau robohnya *scaffolding*, yang menyebabkan pekerja terjatuh dan tercebur. Dalam kejadian tersebut, tidak ada korban jiwa, namun terjadi kerugian material seperti beton *ready mix*.

Berdasarkan hasil wawancara, kecelakaan kerja yang terjadi merupakan *top event* dari *Fault Tree Analysis*. *Top event* adalah kejadian puncak yang ditentukan berdasarkan kegagalan yang telah terjadi. *Top event* dalam penelitian ini adalah pekerja terjatuh dan tercebur. Selanjutnya, ditentukan *basic event*, yaitu kejadian dasar yang berpotensi menyebabkan *top event*. Dengan kata lain, *basic event* merupakan akar penyebab peristiwa pekerja terjatuh dan tercebur. *Basic event* diperoleh dari data narasumber serta literatur lainnya.

Setelah memperoleh *basic event*, sesuai dengan sub bab yang telah dijelaskan akan dilakukan penyusunan model grafis FTA. Pada model grafis ini, setiap kejadian diberi notasi huruf dan angka untuk memudahkan pencarian hasil akhir dari *minimal cut set*. Selain itu, menentukan gerbang logika (*logic gate*) antar kejadian berdasarkan model grafis yang telah dibuat sebelumnya. Setelah notasi huruf dan angka serta gerbang logika (*logic gate*) ditentukan, model grafis FTA disusun, dan dilanjutkan dengan pencarian *minimal cut set* menggunakan hukum aljabar *Boolean* yang telah dijelaskan pada Bab 3.

Hasil *minimal cut set* diperoleh melalui kombinasi kejadian seperti yang dijelaskan pada sub bab kombinasi kejadian/*event* pada analisis sebelumnya. Dari hasil kombinasi tersebut, didapatkan *minimal cut set* yang menjadi akar penyebab terjadinya *top event*. Kombinasi kejadian ini didefinisikan sebagai gabungan kegagalan yang menyebabkan *top event*, yaitu pekerja terjatuh dan tercebur. Dalam kombinasi kejadian yang ditemukan, terdapat 4 faktor kegagalan, dan dari setiap faktor diperoleh akar permasalahan yang menjadi penyebab kegagalan. Selanjutnya, ditetapkan pengendalian risiko berdasarkan hierarki pengendalian

risiko (dijelaskan pada Bab 3). Berikut ini adalah rincian faktor penyebab kegagalan beserta tindakan pengendalian risiko yang disarankan:

1. Faktor Pekerja

- a. Kurangnya pengetahuan dalam penyusunan serta kurangnya keterampilan karena pekerja tidak memiliki keahlian yang sesuai, tidak mendapatkan Pendidikan formal, dan kurang berpengalaman, maka pengendalian risiko yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Menyelenggarakan pelatihan khusus bagi pekerja, terutama dalam pekerjaan *scaffolding*, untuk meningkatkan keterampilan dan pengetahuan para pekerja
- 2) Memberikan pelatihan tentang penggunaan alat pelindung diri (APD), seperti sepatu pelindung *anti-slip*, rompi dan helm proyek.

Pengendalian risiko pertama termasuk dalam hierarki pengendalian administratif, karena upaya yang dilakukan berfokus pada pengendalian dari sisi pekerja. Sedangkan pengendalian risiko kedua termasuk dalam hierarki alat pelindung diri, karena melibatkan penggunaan APD yang tepat untuk melindungi tubuh dari potensi bahaya.

- b. Pekerja mengalami kelelahan fisik dikarenakan keterbatasan waktu pengerjaan, sehingga pekerja mengalami kurang istirahat, membuat pekerja kesulitan *focus*, ceroboh saat bekerja dan tidak produktif ketika jam kerja. Oleh karena itu, langkah-langkah pengendalian risiko yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

- 1) Melakukan penambahan jumlah pekerja untuk mengejar target *progress* pekerjaan agar lebih cepat.
- 2) Penerapan *shift* kerja agar tenaga pekerja tidak terlalu kelelahan dan memiliki stamina apabila pekerjaan di lokasi memerlukan lembur.
- 3) Diberikan mess atau barak pekerja yang lokasinya dekat dengan Lokasi proyek agar lebih efisien.

Pengendalian risiko nomor 1 dan 2 termasuk dalam hierarki pengendalian administratif karena melibatkan manajemen pengelolaan tenaga kerja oleh divisi terkait. Pengendalian 3 termasuk dalam hirarki eliminasi, karena

dengan didirikannya mess atau barak tukang yang terletak dekat dengan proyek, potensi bahaya yang disebabkan oleh jarak antara proyek dan tempat tinggal dapat dihilangkan.

2. Faktor Lingkungan

a. Cuaca hujan dan area pekerjaan yang berbahaya. Oleh karena itu, langkah-langkah pengendalian risiko yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut:

- 1) Memastikan keamanan penggunaan *scaffolding*, terutama pada permukaan yang diinjak dan pekerjaan di area yang tinggi.
- 2) Menggunakan alat pelindung diri (APD) yang sesuai untuk kondisi yang tinggi, seperti helm pelindung dan Sepatu pelindung *anti-slip*.

Pengendalian risiko 1 termasuk dalam pengendalian administratif karena dilakukan dari sisi pekerja untuk memastikan pekerja merasa aman. Pengendalian risiko 2 termasuk dalam pengendalian alat pelindung diri karena berkaitan dengan penggunaan alat keselamatan khusus yang digunakan untuk melindungi tubuh dari bahaya.

3. Faktor Peralatan

a. Rapuhnya *scaffolding* karena alat sudah tua dan belum diperbarui. Oleh karena itu, langkah-langkah pengendalian risiko yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Memperbarui alat *scaffolding*.

Pengendalian risiko ini termasuk dalam eliminasi, karena upaya yang dilakukan adalah menghilangkan sumber bahaya, yaitu alat yang rapuh, dan menggantinya dengan alat yang baru.

b. Terdapat karat pada *scaffolding* disebabkan oleh kurangnya perawatan dan penyimpanan yang tidak tepat ketika terjadi cuaca ekstrem. Oleh karena itu, langkah-langkah pengendalian risiko yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Menyimpan alat ditempat yang kering dan terlindung dari cuaca ekstrem, apabila disimpan atau diletakkan diluar ruangan sebaiknya diberikan penutup atau pelindung tambahan.

- 2) Mengganti bagian alat yang telah rusak atau berkarat, untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan menjaga keselamatan.

Pengendalian risiko 1 termasuk dalam hirarki pengendalian administratif karena dilakukan dari sisi pekerja untuk meningkatkan rasa aman. Pengendalian risiko 2 termasuk dalam hirarki substitusi karena mengganti bahan yang awalnya berbahaya dengan bahan yang tidak berbahaya.

- c. Bengkoknya *scaffolding* yang disebabkan oleh beban material yang terlalu berat dan tidak memperhitungkan kapasitas kemampuan *scaffolding* itu sendiri. Oleh karena itu, langkah-langkah pengendalian risiko yang dapat ditetapkan adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui beban maksimum yang dapat ditanggung oleh *scaffolding* yang digunakan.
- 2) Memeriksa kembali dan memastikan keselamatan alat yang digunakan.

Pengendalian risiko 1 termasuk dalam hirarki rekayasa teknologi, karena usaha yang dilakukan bertujuan untuk memisahkan kondisi bahaya dari pekerja dengan memastikan beban maksimum *scaffolding* diperhitungkan dan dapat diantisipasi. Pengendalian risiko 2 termasuk dalam hirarki pengendalian administratif, karena upaya ini fokus pada pengendalian dari sisi pekerja untuk memastikan pekerja dalam keadaan aman.

4. Faktor Manajemen

- a. Kurangnya pengawasan dan peringatan penggunaan APD dari tim HSE. Oleh karena itu, langkah-langkah penyikapan dan pengendalian risiko yang dapat diterapkan adalah sebagai berikut:

- 1) *Project manager* memberikan kebijakan teguran dan sanksi kepada supervisor HSE yang kurang disiplin. Diharapkan para supervisor HSE dapat lebih disiplin dalam mengawasi dan memperingatkan kondisi yang kurang aman.
- 2) Mengadakan kegiatan *safety patrol* untuk memantau *supervisor* HSE di seluruh aktivitas pekerjaan, terutama ketika penggunaan *scaffolding*. Kegiatan ini bertujuan untuk memantau dan

mengendalikan pekerjaan secara menyeluruh, khususnya di area yang rawan kecelakaan, serta memberikan teguran kepada supervisor HSE yang kurang disiplin.

Pengendalian risiko nomor 1 dan 2 termasuk dalam hirarki pengendalian administratif karena berkaitan dengan kebijakan yang ditetapkan oleh divisi terkait, sehingga diharapkan seluruh supervisor HSE dapat lebih disiplin dalam hal pengawasan dan peringatan kepada pekerja.

b. Kurangnya sosialisasi atau penyuluhan yang disebabkan oleh minimnya pelatihan dan tidak adanya jadwal khusus. Oleh karena itu, langkah-langkah pengendalian risiko yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Menyelenggarakan simulasi kecelakaan darurat yang mungkin akan terjadi di lapangan.
- 2) Menyusun jadwal pelatihan khusus untuk pekerja

Pengendalian risiko 1 dan 2 termasuk dalam hirarki pengendalian administratif karena upaya ini bertujuan untuk meningkatkan pengendalian dari sisi pekerja, sehingga pekerja memperoleh pengetahuan baru yang dapat berguna di lapangan.

Berdasarkan hasil identifikasi kegagalan, sebenarnya dapat diterapkan pengendalian risiko yang tepat. Penentuan pengendalian risiko dilakukan berdasarkan diskusi dengan bagian Pelaksana dalam studi kasus ini. Setelah mengetahui langkah-langkah pengendalian risiko, proses selanjutnya adalah mengelompokkan risiko berdasarkan tingkatan dalam prinsip hierarki pengendalian risiko. Dengan demikian, urutan pengendalian risiko dapat diketahui berdasarkan tingkat keefektifannya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. Hasil analisis penyebab kecelakaan kerja pada pekerjaan *scaffolding* dengan menggunakan metode *fault tree analysis* pada proyek Penggantian Jembatan Trasan II menunjukkan akar permasalahan utama yaitu kecelakaan berupa jatuhnya *scaffolding*, sehingga menyebabkan terjatuh dan tercedurnya tenaga kerja yang disebabkan oleh faktor manusia dan peralatan adalah sebagai berikut.

1. Kurangnya pengetahuan dalam penyusunan serta kurangnya keterampilan karena pekerja tidak memiliki keahlian yang sesuai
2. Kurangnya sosialisasi dan penyuluhan dikarenakan tidak adanya jadwal atau waktu khusus untuk diadakannya pelatihan.
3. Kondisi alat yang sudah tua, bengkok, dan terdapat karat dikarenakan kurangnya perawatan, dan alat tidak diperbaharui kembali.

6.2 Saran

Penelitian ini menganalisis kecelakaan kerja yang terjadi selama Pekerjaan Penggantian Jembatan Trasan II dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis*. Penelitian ini sangat bermanfaat sebagai pembelajaran bagi para pembaca agar lebih berhati-hati dalam melakukan pekerjaan, terutama dalam pekerjaan *scaffolding*, sehingga risiko kecelakaan dapat berkurang.

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan yang telah didapatkan, peneliti menyarankan beberapa langkah agar pekerjaan di masa mendatang dapat menghasilkan kualitas yang lebih baik dan mencegah terjadinya kecelakaan kerja, terutama pada pekerjaan *scaffolding*. Saran yang diberikan antara lain:

1. Dalam melaksanakan proyek konstruksi, sangat penting untuk memiliki divisi K3 atau HSE (*health, safety and environment*) dan melakukan pengawasan langsung guna mengurangi angka kecelakaan kerja.

2. Untuk pekerjaan dengan menggunakan *scaffolding*, sebaiknya lebih ditinjau secara detail terkait penggunaan APD dan kondisi alat, dengan demikian dapat mengurangi dampak jika terjadi kecelakaan.
3. Pada penelitian selanjutnya, terutama yang memiliki topik serupa, disarankan menggunakan data yang lebih lengkap dan detail dalam mengidentifikasi kecelakaan kerja, sehingga diperoleh hasil pengamatan dan analisis yang lebih beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhamid, T. S., & Everett, J. G. (2000). Identifying Root Causes of Construction Accidents. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2000\)126:1\(52\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2000)126:1(52))
- Anthony, R., & Noya, S. (2015). The Application Of Hazard Identification And Risk Analysis (HIRA) And Fault Tree Analysis (FTA) Methods For Controlling Occupational Accidents In Mixing Division Dewa-Dewi Farm. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 3(2), 118–129.
- Arikuntoro. (2019). Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktik. *Edisi Revisi VI, Jakarta : PT Rineka Cipta,.*
- Arman, U. D., Melasari, J., & Saputri, S. E. (2021). Identifikasi Faktor Penyebab Berkontribusi Terjadinya Kegagalan Konstruksi Jalan dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA). *Civil Engineering Collaboration*, 6(2), 53–63. <https://doi.org/10.35134/jcivil.v3i2.001-006>
- Arman, U. D., Melasari, J., & Suwanda, A. R. (2022). Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi Menggunakan Accident Root Cause Tracing Model (ARCTM) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 11(1), 17–28. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v11i1.112>
- Artiningsih, N. K. A. (2012). Pemanfaatan bambu pada konstruksi bangunan berdampak positif bagi lingkungan. *Metana*, 8(1).
- Aziz, N. N., Lestari, A. M., Sihotang, R., Rahmawati, D., & Ammar, M. (2022). Analisa Potensi Bahaya Pada Pekerjaan Pemasangan Scaffolding Overhaul Boiler PLTU Pelabuhan Ratu. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 8(1), 16–24.
- Bangun, & Wilson. (2012). Manajemen Sumber Daya Manusia. *Jakarta: Erlangga*.
- Ervianto, W. I. (2005). Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Ketiga. *Manajemen Proyek Konstruksi-Edisi Revisi*.

- Hasyimi, A. F. (2024). *Analisa Kecelakaan Kerja Pekerjaan Pemasangan Stopper Clamp Dengan Metode Fault Tree Analisis (Studi Kasus: Proyek Jetty Upper Structure, PLTU Jawa 9 dan 10)*.
- International Organization for Standardization. (2009). ISO/IEC 31010:2009 Risk management - Risk assessment techniques. *Risk Management*, 31010.
- Ir. Iman Soeharto. (1999). Manajemen Proyek Jilid 1 (Dari Konseptual sampai Operasional). *Manajemen Proyek Jilid 1 (Dari Konseptual sampai Operasional)*, 60(5). <https://doi.org/10.3938/jkps.60.674>
- Kritzinger, D. (2017). *Aircraft System Safety*. Woodhead Publishing.
- Nurhayati. (2010). *Manajemen proyek* (1 ed.). Graha Ilmu.
- Occupational Safety and Health Administration. (2024). *Scaffolds*. U.S. Department of Labor. <https://www.osha.gov/etools/scaffolding/suspended>
- Rani, H. A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi* (1 ed., Vol. 1). Deepublish.
- Safety Sign Indonesia. (2022). *Safety Sign Indonesia*. <https://safetysignindonesia.id/>
- Sefiani Adella, T., & Yuamita, F. (2023). Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Pada PT. Surya Karya Setiabudi Informasi Artikel. *Jurnal Ekonomi - Teknik*, 2(7), 650–656.
- Suma'mur. (2014). Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (Hiperkes) Edisi 2. Dalam *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Trijayanti, L. (2018, Juni 5). *Pengertian Steger , Perancah atau Scaffolding*. <https://hse.marine.co.id/pengertian-steger-perancah-atau-scaffolding/>
- Vesely, W., Stamatelatos, M., Dugan, J., Fragola, J., Minarick III, J., & Railsback, J. (2002). Fault tree handbook with aerospace applications version 1.1. Dalam *NASA Office of Safety and Mission Assurance, NASA HQ*.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Bukti Wawancara



No : 01 / SAD-TA / CVTCH / PJTI / IX / 2024
Lamp : -
Perihal : Surat Keterangan

SURAT BUKTI WAWANCARA

Dengan hormat,

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan dengan sebenar-benarnya bahwa mahasiswa:

Nama : Muhamad Attar Pratama
Nomor Mahasiswa : 20511024
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Indonesia – Yogyakarta
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Jurusan : Teknik Sipil
Waktu Penelitian : Juli s.d. September 2024
Judul Penelitian : Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring Kab. Klaten Menggunakan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*).

Telah melakukan wawancara untuk pengambilan data penelitian Tugas Akhir di CV. TECHNICSI pada tanggal 26 September 2024 yang berlokasi di Klaten, Jawa Tengah.
Demikian surat wawancara ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Klaten, 26 September 2024
Penyedia Barang/Jasa
CV. TECHNICSI.

SAPRUDIN
Pelaksana

Lampiran 2 Transkrip Wawancara

Pewawancara	: Muhamad Attar Pratama
Narasumber	: Safrudin (Pelaksana)
Lokasi	: Kantor CV. TECHNICSI
Waktu	: 26 September 2024
Peneliti	: Bagaimana Gambaran umum dari proyek Penggantian Jembatan Trasan II?
Narasumber	: Jalan ini merupakan jalur alternatif dari Klaten menuju Sukoharjo. Proyek ini diadakan karena lebar jembatan sebelumnya itu cukup sempit atau tidak sesuai dengan lebar jalan, sehingga perlu dilebarkan karena banyak kendaraan mobil atau truk harus bergantian untuk melewati jembatan itu. Berdasarkan data dari LPSE (Layanan Pengadaan Secara Elektronik), nilai proyek ini Rp 4.200.000.000
Peneliti	: Bagaimana kronologi kecelakaan kerjanya Pak?
Narasumber	: Iya Mas, jadi untuk kronologi kecelakaan kerja di proyek Jembatan Trasan ini terjadi pas bulan April kemaren Mas. Ceritanya saat itu sedang melaksanakan pengecoran di siang hari sekitar jam setengah 2 itu Mas. Jadi didirikan dan disusunlah <i>scaffolding</i> , lalu di atasnya itu ada potongan drum bensin atau solar untuk melangsir cor-coran dari <i>truck mixer</i> yang ada di daratan atas itu menuju area bawah dan saat itu masih pekerjaan pondasi Mas. Karena beban nya terlalu berat ya Mas, pijakannya itu rapuh dan tukangnya kaget langsung tergelincir itu Mas, ada 3 tukang yang terjatuh dan tercebur ke area bawah, kondisi tidak ada korban jiwa, tetapi luka kecil sih Mas. Untuk kerugiannya itu beton yang tumpah Mas, karena drumnya pun ikut terjatuh juga.
Peneliti	: Menurut Bapak, faktor apa saja yang menyebabkan kecelakaan kerja tersebut dapat terjadi Pak?
Narasumber	: Ya faktor peralatan sih Mas yang pertama, musibah tersebut tidak ada yang menduga Mas, kebetulan di <i>scaffolding</i> itu juga terdapat bengkok dan karat juga Mas, dan setelah kejadian itu langsung kita tukar <i>scaffolding</i> nya itu ke tempat yang kita sewa. Tukang-tukang di proyek juga kebanyakan tidak menggunakan APD Mas, dan kita juga kurang menegur dan memberikan

arahan karena ya tidak ada yang mengira musibah itu pun bakal terjadi.

- Peneliti : Untuk di proyek ini, apakah ada tim HSE nya Pak?
- Narasumber : Untuk tim HSE ada Mas, tapi orangnya baru di proyek lain juga Mas, jadi dilokasi saya sebagai pelaksana yang melaksanakan pekerjaan proyek ini Mas.
- Peneliti : Baik Pak, kemudian bagaimana cara Bapak menangani kejadian tersebut agar tidak terulang Kembali Pak?
- Narasumber : Ya pada saat itu, tentunya kita menukar *scaffolding* yang lama dengan yang masih layak dipakai dan alhamdulillahnya aman Mas hingga proyek selesai, dan saya pun juga mengarahkan mandor di proyek itu untuk mengingatkan ke tukang-tukangnya untuk lebih berhati-hati, luasan area jembatan ini itu panjangnya 25 meter dan lebarnya 6 meter Mas. Tukang-tukang pun kami siapkan juga APD nya untuk digunakan di area proyek Mas.

Lampiran 3 Surat Keterangan Validasi



No : 02 / SAD-TA / CVTCH / PJTH / IX / 2024
Lamp : -
Perihal : Surat Keterangan

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Dengan hormat,

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan dengan sebenar-benarnya bahwa mahasiswa:

Nama : Muhamad Attar Pratama
Nomor Mahasiswa : 20511024
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Indonesia – Yogyakarta
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Jurusan : Teknik Sipil
Waktu Penelitian : Juli s.d. September 2024
Judul Penelitian : Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Penggantian Jembatan Trasan II, Juwiring Kab. Klaten Menggunakan Metode FTA (*Fault Tree Analysis*).

Telah selesai melaksanakan penelitian Tugas Akhir di CV. TECHNICSI, maka hasil analisis dan pembahasan tersebut dinyatakan sudah memenuhi validasi dan layak digunakan untuk penelitian.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Klaten, 30 September 2024
Penyedia Barang/Jasa
CV. TECHNICSI

SAFRUDIN
Pelaksana

Lampiran 4 Dokumentasi Proyek



