

TUGAS AKHIR

**ANALISIS FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN
KERJA PADA PEKERJAAN *ERECTION GIRDER*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE*
ANALYSIS (STUDI KASUS: PROYEK KONSTRUKSI
OVERPASS TOL PASURUAN-PROBOLINGGO)**

***(ANALYSIS OF FACTORS CAUSING WORK ACCIDENTS ON
GIRDER ERECTION WORK USING THE FAULT TREE
ANALYSIS METHOD) (CASE STUDY: PASURUAN-
PROBOLINGGO TOLL OVERPASS CONSTRUCTION
PROJECT)***

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



**TEUKU RAQIL MAULANA TAUFIQ
18511048**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR

**ANALYSIS FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN
KERJA PADA PEKERJAAN *ERECTION GIRDER*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE*
ANALYSIS (STUDI KASUS: PROYEK KONSTRUKSI
OVERPASS TOL PASURUAN-PROBOLINGGO)**

**(ANALYSIS OF FACTORS CAUSING WORK ACCIDENTS ON
GIRDER ERECTION WORK USING THE *FAULT TREE*
ANALYSIS METHOD) (CASE STUDY: PASURUAN-
PROBOLINGGO TOLL *OVERPASS CONSTRUCTION*
PROJECT)**

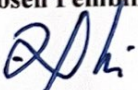
Disusun oleh:

**TEUKU RAQIL MAULANA TAUFIQ
18511048**


Telah Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 11 Oktober 2023
Oleh Dewan Penguji

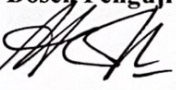
Dosen Pembimbing
19.10.23


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

Dosen Penguji I
18.10.23


Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

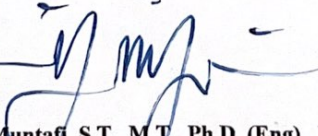
Dosen Penguji II
19.10.23


Albani Musyafa, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110102



Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana


Dr. Nurzalia Muntali, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa laporan Tugas Akhir yang saya buat untuk memenuhi salah satu persyaratan program studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia ialah hasil karya saya sendiri. Dalam penulisan laporan Tugas Akhir saya, saya telah mengutip sebagian karya orang lain dan menuliskannya dengan jelas pada sumbernya sesuai dengan norma, kaidah, dan etika pengerjaan Tugas Akhir. Jika di temukan ternyata ada beberapa atau seluruh isi tugas akhir ini bukan pengerjaan saya sendiri, atau ada bagian tertentu yang merupakan plagiat, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik saya sesuai dengan ketentuan yang berlaku hukum yang berlaku

Yogyakarta, 09 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Teuku Raqil M.T
(18511048)

KATA PENGANTAR

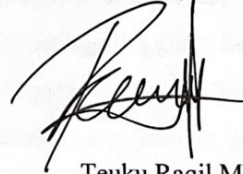
Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena saya dapat menyelesaikan tugas akhir analisis penyebab kecelakaan proyek *erection girder overpass* jalan tol Pasuruan-Probolinggo dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi sarjana pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis ingin:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, ST., M.T., Ph.D. 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 hingga selesainya tugas akhir ini,
3. Para Dosen Penguji yang sudah menguji dan membimbing hingga tugas akhir ini selesai,
4. Bapak Ir. M. Rifqi Rosady selaku validator yang sudah membantu memvalidasi sekaligus membimbing penelitian tugas akhir ini,

Saya berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 09 Oktober 2023

Penulis,



Teuku Raqil M.T

DEDIKASI

Dengan rasa syukur yang mendalam, dengan telah diselesaikannya Tugas Akhir ini Penulis mempersembahkannya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, rahmat, rezeki, serta kemudahan kepada saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Diri saya yang telah berjuang dan bertahan sampai saat ini sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Mama dan Ayah telah melalui banyak perjuangan dan rasa sakit. Tapi saya berjanji tidak akan membiarkan semua itu sia-sia. Saya ingin melakukan yang terbaik untuk setiap kepercayaan yang diberikan. Saya akan tumbuh, untuk menjadi yang terbaik yang saya bisa. Pencapaian ini adalah persembahan istimewa saya untuk ayah dan ibu.
4. Kakak dan abang saya Dr. Cut Putri Astritd Adelina dan Teuku Andrew A.A.T S. Arch, terima kasih telah menjadi penyemangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan saya yang tidak bisa saya sebut satu persatu, selalu menyemangati dan memberikan pukulan mental untuk tidak malas dan terus mengerjakan Tugas Akhir dan segera menyelesaikannya.
6. Exsa Pallawa S.Hub.Int. yang telah memberikan motivasi, membantu, dan mendorong penuh saya kembali dalam menyelesaikan tugas akhir saya.
7. Teruntuk Yogyakarta kota istimewa, terima kasih sudah menjadi tempat untuk bersua, patah hati lalu jatuh cinta kembali,

Dan kepada seluruh pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu. Saya menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh pihak yang telah membantu proses penyelesaian Tugas Akhir saya. Semoga amal ibadah kalian dibalas oleh Allah swt dengan pahala yang berlipat ganda, Amin.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DEDIKASI	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4

2.2.1	Analisis Potensi Bahaya Pada PT Adhi Karya (Persero) TBK Dalam Prosees Pembangunan Jalan Tol Seksi 1A Tanjung Morawa – Tanjung Baru Menggunakan Metode <i>Job Safety Analysis</i> (JSA)	4
2.2.2	Analisis Keterlambatan Proyek Pada Pembangunan Gedung Perpustakaan Uin Sunan Ampel Surabaya	5
2.2.3	Analisis Risiko Yang Mempengaruhi Kinerja Proyek Terhadap Biaya Dan Waktu Pada Pekerjaan Basement Apartement Klaska Residence Menggunakan Fault Tree Analysis	6
2.2.4	Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur <i>Elevated</i> Menggunakan Metode FMEA	6
2.3	Perbedaan Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI		15
3.1	Proyek	15
3.1.1	Pengertian Proyek	15
3.2	Tujuan Proyek	16
3.3	Batasan Proyek	16
3.4	Proyek Konstruksi	16
3.4.1	Jenis Proyek Konstruksi	17
3.4.2	Ciri umum Proyek Konstruksi	17
3.4.3	Tahap-tahap Pelaksanaan Proyek Konstruksi	18
3.4.4	Batasan Proyek Konstruksi	19
3.5	<i>Overpass</i>	19
3.6	Tipe-tipe <i>Girder</i>	20
3.7	<i>Erection</i>	23
3.7.1	Metode Pelaksanaan <i>Erection Girder</i>	23
3.8	Keselamatan dan Kesehatan Kerja	25
3.8.1	Pengertian keselamatan dan kesehatan kerja	25

3.8.2	Tujuan keselamatan dan kesehatan kerja	26
3.8.3	Kerugian yang di timbulkan oleh kecelakaan	27
3.8.4	Jenis-Jenis Kecelakaan Kerja	29
3.8.5	Pencegahan Kecelakaan Kerja	31
3.9	Risiko (<i>Risk</i>)	32
3.10	Bahaya (<i>Hazard</i>)	33
3.11	Teori Domino	34
3.12	Teori Penyebab Kecelakaan Kerja	36
3.13	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	37
3.13.1	Manfaat <i>Fault Tree Analysis</i>	39
3.13.2	Tujuan <i>Fault Tree Analysis</i>	39
3.13.3	Kelebihan dan kekurangan metode <i>Fault Tree Analysis</i>	39
3.13.4	Prinsip kerja metode <i>Fault Tree Analysis</i>	40
3.13.5	Langkah Langkah Mengerjakan FTA	40
3.13.6	Simbol-simbol <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	41
3.14	Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)	45
3.15	Pengendalian risiko	46
BAB IV METODE PENELITIAN		48
4.1	Pengertian Metode Penelitian	48
4.2	Subjek Penelitian.	48
4.3	Objek Penelitian.	48
4.4	Metode Pengambilan Data	49
4.5	Metode Analisis Data	49
4.6	Tahapan Penelitian	50
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		53
5.1	Pendahuluan	53

5.2	Regulasi	53
5.3	Data Proyek	54
5.4	Analisis	54
5.5	Pengerjaan <i>Fault Tree Analysis</i>	55
5.6	Validasi Pakar K3	66
5.7	Pembahasan	66
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		71
6.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN		75

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Tentang K3	8
Tabel 5. 1 Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja	56
Tabel 5. 2 Notasi Huruf dan Angka	60
Tabel 5. 3 Cut Set Aljabar Boolean	61
Tabel 5. 4 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 4 Batasan Proyek Konstruksi	19
Gambar 3. 2 <i>I-Girder</i>	21
Gambar 3. 3 <i>U-Girder</i>	21
Gambar 3. 4 <i>T-Girder</i>	22
Gambar 3. 5 <i>Box Girder</i>	23
Gambar 3. 6 <i>Teori Domino Heinrich</i>	35
Gambar 3. 7 <i>Basic event</i>	41
Gambar 3. 8 <i>Undeveloped event</i>	42
Gambar 3. 9 <i>Conditioning event</i>	42
Gambar 3. 10 <i>External event</i>	43
Gambar 3. 11 <i>Intermediate event</i>	43
Gambar 3. 12 Simbol gerbang OR	43
Gambar 3. 13 Simbol gerbang AND	44
Gambar 3. 15 Gerbang OR	44
Gambar 3. 16 Gerbang AND	45
Gambar 3. 17 Pendekatan Hirarki	47
Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian	51
Gambar 5. 1 Rencana Grafis Permodelan Ambruknya <i>Girder</i>	57
Gambar 5. 2 Grafik FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>) Ambruknya <i>Girder</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keterangan Validasi	76
Lampiran 2 Surat Bukti Wawancara	77
Lampiran 3 Surat Keterangan Validasi	78
Lampiran 4 Open Source	80
Lampiran 5 Dokumentasi Kejadian	81

ABSTRAK

Pada pembangunan Proyek Overpass Tol Pasuruan-Probolinggo saat erection girder terjadi kecelakaan yang membuat Girder tersebut jatuh dan menimbulkan korban meninggal dan luka-luka, dikarenakan saat girder keempat sudah diposisi Bearing Pad dan akan dilakukan pemasangan Bracing, Girder tersebut tiba-tiba goyang mengenai tiga Girder yang sudah terpasang dan mengakibatkan semua Girder jatuh. Maka dari hal ini sangat perlu dilakukan penelitian terhadap pembangunan Proyek Overpass Tol Pasuruan-Probolinggo untuk di kembangkan. Sehingga yang cocok untuk menentukan kegagalan sistem yaitu menggunakan metode Fault Tree Analysis.

Adapun analisis data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Fault Tree Analysis. Metode Fault Tree Analysis, Setelah mengetahui kecelakaan kerja yang terjadi maka akan dilakukan analisis menggunakan metode fault tree analysis. Adapun langkah Analisis sistematis analisis data sebagai berikut. Pertama mendeskripsikan kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerjaan Erection. Kedua membuat rancangan grafis Fault Tree Analysis. Ketiga menganalisis dan menghitung minimal cut set dengan menggunakan aljabar Boolean. Keempat menentukan pengendalian risiko yang sesuai dengan kombinasi kegagalan. Apabila peristiwa puncak telah ditentukan maka selanjutnya mencari akar permasalahan atau basic event dari penyebab terjadinya kecelakaan pada saat Erection berlangsung. Apabila basic event telah ditemukan selanjutnya dilakukan pengerjaan penggambaran FTA dan pada saat penggambaran FTA dikasi notasi agar memudahkan dalam menemukan hasil akhir dari minimal cut set menggunakan aljabar boolean dan menentukan gerbang logika (logic gate). Berdasarkan pada hasil kegagalan yang ditemukan peneliti, dapat dilakukan pengendalian resiko berdasarkan kegagalan yang terjadi. Pengendalian risiko yang didapatkan berdasarkan hasil diskusi peneliti bersama ahli pakar K3. Setelah memetakan/mengelompokkan pengendalian risiko berdasarkan tingkatan ataupun hirarki pengendalian risikonya kita dapat mengetahui urutan pengendalian yang harus dilakukan berdasarkan keefektifannya.

Hasil analisis penyebab kecelakaan kerja pada pekerjaan Erection Girder dengan menggunakan metode fault tree analysis pada proyek Tol Pasuruan-Probolinggo didapatkan masalah utama yang merupakan penyebab terjadinya kecelakaan ambruknya Girder antara lain sebagai berikut. Pertama kurang memiliki keterampilan dan pengetahuan dikarenakan kurangnya Pendidikan, dan tidak bersekolah. Kedua Kurangnya pengawasan dikarenakan kurangnya kedisiplinan, meremehkan prosedur, dan kurangnya koordinasi antar pekerja. Ketiga kurangnya penyuluhan/sosialisasi dikarenakan tidak adanya dilakukan pelatihan.

Kata kunci: Kecelakaan Kerja, *Overpass*, *Erection*, *Girder*, *Fault Tree Analysis*.

ABSTRACT

One Project is during the construction of the Pasuruan-Probolinggo Toll Road Overpass Project, when the girder was erected, an accident occurred which caused the girder to fall and resulted in deaths and injuries, because when the fourth girder was in the Bearing Pad position and the Bracing was about to be installed, the Girder suddenly swayed. hit three Girders that were already installed and caused all the Girders to fall. Therefore, it is very necessary to carry out research on the construction of the Pasuruan-Probolinggo Toll Overpass Project to be developed. So what is suitable for determining system failure is using the Fault Tree Analysis method.

The data analysis that will be used in this research is Fault Tree Analysis. Fault Tree Analysis Method. After knowing the work accident that occurred, an analysis will be carried out using the fault tree analysis method. The steps for systematic analysis of data analysis are as follows. The first describes work accidents that occur in Erection work. Second, create a Fault Tree Analysis graphic design. Third, analyze and calculate the minimum cut set using Boolean algebra. Fourth, determine risk controls that are appropriate to the combination of failures. If the peak event has been determined, the next step is to look for the root cause or basic event that caused the accident during the erection. If the basic event has been found, then the FTA drawing is carried out and when drawing the FTA a notation is given to make it easier to find the final result of the minimum cut set using Boolean algebra and determining the logic gate. Based on the failure results found by researchers, risk control can be carried out based on the failures that occur. Risk control obtained is based on the results of discussions between researchers and K3 experts. After mapping/grouping risk controls based on levels or hierarchy of risk controls, we can find out the sequence of controls that must be carried out based on their effectiveness.

The results of the analysis of the causes of work accidents on Girder Erection work using the fault tree analysis method on the Pasuruan-Probolinggo Toll Road project showed that the main problems that caused Girder collapse accidents were as follows. Firstly, they lack skills and knowledge due to lack of education and not going to school. Second, lack of supervision is due to lack of discipline, underestimating procedures, and lack of coordination between workers. Third, the lack of counseling/socialization is due to the absence of training.

Keyword: Occupational safety and health, Overpass, Erection, Girder, Fault Tree Analysis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di sektor bangunan telah maju seiring dengan kemajuan teknologi di sektor pembangunan. Ekspansi ini telah membawa sejumlah masalah serta dampak dari industri yang berkembang lebih cepat. Manusia maupun lingkungan memiliki peran dalam penyebab terjadinya kecelakaan kerja. Sebagian besar kecelakaan kerja disebabkan oleh penyebab manusia, meskipun variabel lingkungan seperti peralatan atau mesin dapat menciptakan keadaan yang berbahaya di tempat kerja.

Dalam melaksanakan pembangunan infrastruktur, pengelolaan dan perencanaan konstruksi yang baik harus diperhatikan untuk menghindari kemungkinan terjadinya kegagalan dan kecelakaan yang dapat menimbulkan kerugian bagi pembangunan infrastruktur itu sendiri dan orang-orang disekitarnya. Faktanya, kecelakaan konstruksi dalam pelaksanaan proyek infrastruktur Indonesia belum menunjukkan kinerja yang baik, dan penekanan terhadap keselamatan konstruksi pada setiap proyek pembangunan masih rendah, sehingga berdampak pada standar infrastruktur dan kondisi sekitar proyek yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa jumlah kecelakaan kerja masih tinggi.

Ibu Ida Fauziah, Menteri Ketenagakerjaan, mengatakan angka ketenagakerjaan mengalami peningkatan selama tiga tahun terakhir berdasarkan data ketenagakerjaan BPJS. Hal itu disampaikannya 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 meningkat lagi menjadi 265.334 kasus (tercatat per November). www.okezone.com Mengingat berbagai risiko dalam pekerjaan proyek yang dapat menunda jadwal dan kegiatan proyek dapat menimbulkan kerugian bagi semua pihak, maka para penggiat dunia konstruksi saat ini harus

menyadari betapa pentingnya untuk memprioritaskan risiko-risiko yang mungkin terjadi dalam proyek, baik langsung maupun tidak langsung.

Salah satu contoh pada pembangunan Proyek *Overpass* Tol Pasuruan-Probolinggo saat *erection girder* terjadi kecelakaan yang membuat *Girder* tersebut jatuh dan menimbulkan korban meninggal dan luka-luka, dikarenakan saat girder keempat sudah diposisi *Bearing Pad* dan akan dilakukan pemasangan *Bracing*, *Girder* tersebut tiba-tiba goyang mengenai tiga *Girder* yang sudah terpasang dan mengakibatkan semua *Girder* jatuh.

Maka dari hal ini sangat perlu dilakukan penelitian terhadap pembangunan Proyek *Overpass* Tol Pasuruan-Probolinggo untuk di kembangkan. Sehingga yang cocok untuk menentukan kegagalan sistem yaitu menggunakan metode *Fault Tree Analysis*, dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis*, metode ini dapat memecahkan masalah dan menemukan sumber masalah yang akan dipecahkan dapat dilakukan dengan cukup baik dengan strategi ini.

Berdasarkan hal tersebut, menimbulkan kerugian banyak pihak, maka digunakan metode analisis pohon kesalahan (*fault tree analysis*) untuk mempelajari faktor penyebab kecelakaan kerja. Tujuan analisis adalah untuk mencari akar atau asal muasal permasalahan kecelakaan kerja dan mengupayakan mitigasi atau pengendalian risiko dari akar atau akar permasalahan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang sudah dijelaskan, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

Apa faktor utama dari penyebab terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *Erection Grirder* di proyek konstruksi *Overpass* Tol Pasuruan - Probolinggo?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis faktor utama penyebab terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan *erection girder* di proyek konstruksi *Overpass* Tol Pasuruan - Probolinggo yang ambruk pada saat proses *Erection* berlangsung.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dari penelitian, mahasiswa dan praktisi dapat menambah referensi dan para mahasiswa dalam bidang manajemen konstruksi pada proyek.
2. Menganalisis penyebab robohnya *Girder* pada Proyek konstruksi *Overpass* Tol Pasuruan-Probolinggo.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Objek penelitian hanya berfokus pada pekerjaan *erection girder*.
2. Penelitian ini menggunakan metode *Fault Tree Analysis*.
3. Lokasi penelitian ini hanya pada *Overpass* Tol Pasuruan-Probolinggo, Jawa Timur.
4. Validasi dengan metode *Fault Tree Analysis* dilakukan oleh ahli K3.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Kecelakaan kerja merupakan hal yang sering terjadi di dunia jasa konstruksi, namun masih kurangnya pemahaman para pelaku jasa konstruksi. Program untuk keselamatan kerja sering dianggap sebagai hambatan untuk pekerjaan. Penelaahan terhadap berbagai penelitian terdahulu berikut ini menunjukkan bahwa semua penyedia jasa konstruksi sebenarnya harus memasukkan keselamatan kerja sebagai pertimbangan dalam menentukan keberhasilan suatu pekerjaan selain produk akhir. Perbandingan antara penelitian sebelumnya dan penelitian saat ini akan dibahas dalam bab ini.

2.2 Penelitian Terdahulu

Referensi berikut dapat digunakan sebagai referensi untuk penyelidikan yang akan datang. Publikasi ilmiah atau tugas akhir merupakan contoh referensi yang dapat dijadikan sumber. Sejumlah penelitian tentang keselamatan dan kesehatan kerja telah dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik. Penelitian sebelumnya berikut mungkin dikonsultasikan untuk tinjauan literatur penelitian ini.

2.2.1 Analisis Potensi Bahaya Pada PT Adhi Karya (Persero) TBK Dalam Proses Pembangunan Jalan Tol Seksi 1A Tanjung Morawa – Tanjung Baru Menggunakan Metode *Job Safety Analysis* (JSA)

Penelitian yang dilakukan oleh Adriati (2019) bertujuan untuk menganalisis potensi bahaya pada pekerjaan pengerasan proses pembangunan jalan tol di PT. Adhi Karya dan menganalisis potensi bahaya pada pekerjaan struktur proses pembangunan jalan tol di PT Adhi Karya.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis potensi bahaya pada proses pembangunan jalan tol MKTT Seksi 1A Tanjung Baru-Tanjung Morawa oleh PT. Adhi Karya terdapat lima jenis bahaya paling berisiko yaitu perilaku tidak aman, bahaya gravitasi, bahaya kimia, bahaya fisik, dan bahaya mekanik.
2. Kelalaian Manusia atau Perilaku Tidak Aman (*unsafe act*) menjadi faktor penyebab potensi bahaya terbesar dengan persentase 38% yang menyebabkan risiko cedera ringan, cedera parah, hingga kematian.
3. Potensi bahaya yang paling berisiko karena perilaku tidak aman ialah terluka, terjatuh, terbentur, terpeleset, terjepit, dan tertabrak atau menabrak alat berat. Bahaya perilaku tidak aman ini teridentifikasi di delapan tahapan kerja pekerjaan struktur dan pekerjaan pengerasan jalan.
4. Setelah dianalisis, tahapan pekerjaan paling berisiko adalah pekerjaan struktur dengan tahapan pekerjaan pengeboran, pemancangan tiang, *abutment* jembatan, dan pekerjaan instalasi *girder*.
5. Hasil analisis *Job Safety Analysis* (JSA) ditemukan bahaya berisiko tinggi namun belum teridentifikasi dengan menggunakan metode HIRARC yang digunakan PT. Adhi Karya. Potensi bahaya tersebut ialah perilaku tidak aman

2.2.2 Analisis Keterlambatan Proyek Pada Pembangunan Gedung Perpustakaan Uin Sunan Ampel Surabaya

Penelitian yang dilakukan oleh Yudhagama (2020) bertujuan untuk mengetahui pekerjaan yang terlambat pada pembangunan proyek tersebut dan mencari faktor penyebab keterlambatan proyek dengan menggunakan metode *fault tree analysis*.

Pada penelitian ini menyimpulkan bahwa pekerjaan yang terlambat adalah pekerjaan persiapan dan urugan, faktor penyebabnya yaitu dari pihak kontraktor yang kurang koordinasi dan mendurnya waktu pelaksanaan uji tanah ulang. Pada penggunaan metode system kerja 3 shif memakai tenaga kerja yang sama mengakibatkan faktor penyebab lambatnya pekerjaan yaitu faktor cuaca, kurangnya pengarahan tenaga kerja, kelelahan tenaga kerja, dan minimnya atau kurang tenaga kerja.

2.2.3 Analisis Risiko Yang Mempengaruhi Kinerja Proyek Terhadap Biaya Dan Waktu Pada Pekerjaan Basement Apartement Klaska Residence Menggunakan Fault Tree Analysis

Penelitian yang dilakukan oleh Anggraeni (2020) Penelitian ini bertujuan untuk menentukan factor risiko yang dominan terhadap kinerja proyek yang mempengaruhi biaya dan waktu didasarkan oleh nilai probabilitas pada proyek tersebut menggunakan metode *fault tree analysis*. Membuat pengendalian risiko atas faktor yang mendominasi pada pelaksanaan pekerjaan.

Hasil dari penelitian ini adalah faktor risiko yang dominan terhadap biaya dan waktu yaitu perubahan dimensi dan desain, Koordinasi pelaksanaan dan perencanaan tidak berjalan dengan baik, Adanya kerusakan bangunan sekitar akibat pengerjaan galian. terjadi banjir disekitar pengerjaan galian, produktivitas peralatan rendah, produktivitas tenaga kerja rendah, adanya penggunaan dana diluar yang terdapat dikontrak, adanya perbedaan interpretasi dokumen kontrak antara owner dengan kontraktor, adanya perbedaan dengan gambar rencana dan lapangan.

2.2.4 Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur *Elevated* Menggunakan Metode FMEA.

Penelitian yang dilakukan oleh Ihsan dan Nurcahyo (2022) bertujuan untuk mengidentifikasi risiko proyek konstruksi didasarkan pada studi sebelumnya dan tinjauan lapangan dan kemudian diverifikasi melalui kuesioner awal yang diberikan kepada responden. Selanjutnya, responden menilai tingkat keparahan (*severity*), kejadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*) dengan mengisi kuesioner utama menggunakan skala penilaian yang telah ditentukan.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Gunakan metode FMEA untuk melakukan analisis risiko Variabel yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah risiko pekerja terjatuh dari tempat tinggi (V39) pada proyek pemasangan balok dengan nilai RPN sebesar 158667. Risiko

ini timbul akibat modus kegagalan dimana posisi pekerja terlalu dekat dengan girder akibat terbatasnya area kerja.

2. Bekerja untuk mengendalikan risiko pada aktivitas dengan RPN tertinggi yaitu menghilangkan modus kegagalan dengan mempertimbangkan penggunaan APD secara penuh, menggunakan peralatan dan rambu-rambu K3, membatasi jumlah pekerja dan jam kerja, memberikan edukasi tentang K3, melakukan inspeksi terhadap pekerjaan dan peralatan, dan menggunakan peralatan tambahan seperti *windsock*, *hand-held transceiver* (HT) dan *drone*.

2.3 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan dari beberapa penelitian terdahulu adapun perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Penelitian Tentang K3

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
Adriati (2019)	Analisis Potensi Bahaya Pada PT Adhi Karya (Persero) TBK Dalam Proses Pembangunan Jalan Tol Seksi 1A Tanjung Morawa – Tanjung Baru Menggunakan Metode <i>Job Safety Analysis</i> (JSA)	Bertujuan menganalisis bahaya pada pekerjaan pengerasan pembangunan jalan tol di PT. Adhi Karya dan menganalisis potensi bahaya pada pekerjaan struktur proses pembangunan jalan tol di PT Adhi Karya.	<i>Job Safety Analysis</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. PT. Adhi Karya terdapat terdapat lima jenis bahaya paling berisiko yaitu perilaku tidak aman, bahaya gravitasi, bahaya kimia, bahaya fisik, dan bahaya mekanik. 2. Kelalaian Manusia, persentase 38% yang menyebabkan risiko cidera ringan, cidera parah, hingga kematian. 3. Potensi yang berisiko karena perilaku tidak aman ialah terluka, terjatuh, terbentur, terpeleset, terjepit, dan tertabrak atau menabrak alat berat

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Tentang K3

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
				<p>4. pekerjaan paling berisiko adalah pekerjaan struktur dengan tahapan pekerjaan pengeboran, pemancangan tiang, <i>abutment</i> jembatan, dan pekerjaan instalasi girder.</p> <p>5. Hasil analisis <i>Job Safety Analysis</i> (JSA) ditemukan bahaya berisiko tinggi namun belum teridentifikasi dengan menggunakan metode HIRARC yang digunakan PT. Adhi Karya .</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Tentang K3

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
Yudhagama (2020)	Analisis Keterlambatan Proyek Pada Pembangunan Gedung Perpustakaan Uin Sunan Ampel Surabaya	Bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya proses kerja dan menilai risiko pada perusahaan jasa pembangunan jalan tol	<i>Fault Tree Analysis</i>	Pekerjaan yang terlambat adalah pekerjaan persiapan dan urugan, faktor penyebabnya yaitu dari pihak kontraktor yang kurang koordinasi dan mendurnya waktu pelaksanaan uji tanah ulang. Pada penggunaan metode system kerja 3 shift memakai tenaga kerja yang sama mengakibatkan faktor penyebab lambatnya pekerjaan yaitu faktor cuaca, kurangnya pengarahan tenaga kerja, kelelahan tenaga kerja, dan minimnya atau kurang tenaga kerja.

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Tentang K3

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
Anggraeni (2020)	Analisis Risiko Yang Mempengaruhi Kinerja Proyek Terhadap Biaya Dan Waktu Pada Pekerjaan Basement Apartement Klaska Residence Menggunakan <i>Fault Tree Analysis</i>	Untuk menentukan factor risiko yang dominan terhadap kinerja proyek yang mempengaruhi biaya dan waktu didasarkan oleh nilai probabilitas pada proyek tersebut menggunakan metode <i>fault tree analysis</i> . Membuat pengendalian risiko atas faktor yang mendominasi pada pelaksanaan pekerjaan.	<i>Fault Tree Analysis</i>	Faktor risiko yang dominan terhadap biaya dan waktu yaitu perubahan dimensi dan desain, Koordinasi pelaksanaan dan perencanaan tidak berjalan dengan baik, Adanya kerusakan bangunan sekitar akibat pengerjaan galian. terjadi banjir disekitar pengerjaan galian, produktivitas peralatan rendah, produktivitas tenaga kerja rendah, adanya penggunaan dana diluar yang terdapat dikontrak, adanya perbedaan interpretasi dokumen kontrak antara owner dengan kontraktor, adanya perbedaan dengan gambar rencana dan lapangan.

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Tentang K3

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
Ihsan dan Nurcahyo (2022)	Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur Elevated Menggunakan Metode FMEA	Bertujuan untuk mengidentifikasi risiko proyek konstruksi didasarkan pada studi sebelumnya dan tinjauan lapangan dan kemudian diverifikasi melalui kuesioner awal yang diberikan kepada responden. Selanjutnya, responden menilai tingkat keparahan (<i>severity</i>), kejadian (<i>occurrence</i>), dan deteksi (<i>detection</i>) dengan mengisi kuesioner utama menggunakan skala penilaian yang telah ditentukan.	<i>Failure Mode and Effect</i>	<ol style="list-style-type: none"> Gunakan metode FMEA untuk melakukan analisis risiko Variabel yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah risiko pekerja terjatuh dari tempat tinggi (V39) pada proyek pemasangan balok dengan nilai RPN sebesar 158667. Risiko ini timbul akibat modus kegagalan dimana posisi pekerja terlalu dekat dengan girder akibat terbatasnya area kerja. Bekerja untuk mengendalikan risiko pada aktivitas dengan

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Tentang K3

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
				<p>RPN tertinggi yaitu menghilangkan modus kegagalan dengan mempertimbangkan penggunaan APD secara penuh, menggunakan peralatan dan rambu-rambu K3, membatasi jumlah pekerja dan jam kerja, memberikan edukasi tentang K3, melakukan inspeksi terhadap pekerjaan dan peralatan, dan menggunakan peralatan tambahan seperti <i>windsock</i>, <i>hand-held transceiver</i> (HT) dan <i>drone</i>.</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Tentang K3 (Lanjutan)

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
Raqil (2023)	Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja pada pekerjaan <i>erection girder Overpass Tol Pasuruan- Probolinggo</i> Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> .	Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis faktor utama penyebab terjadinya kecelakaan kerja pada pekerjaan <i>erection girder</i> di proyek konstruksi <i>Overpass Tol Pasuruan - Probolinggo</i> yang ambruk pada saat proses <i>erection</i> berlangsung.	<i>Fault Tree Analysis</i>	<p>Didapatkan masalah utama yang merupakan penyebab terjadinya kecelakaan ambruknya <i>Girder</i> yaitu disebabkan oleh Faktor Manusia dengan penjelasan berikut ini:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Kurang memiliki keterampilan dan pengetahuan dikarenakan kurangnya Pendidikan sehingga tidak bersekolah dikarenakan faktor ekonomi yang lemah sehingga tidak dapat melanjutkan Pendidikan. b. Kurangnya pengawasan dikarenakan kurangnya kedisiplinan, meremehkan prosedur, dan kurangnya koordinasi antar pekerja. c. Kurangnya penyuluhan/sosialisasi dikarenakan tidak adanya dilakukan pelatihan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek

3.1.1 Pengertian Proyek

Proyek adalah kegiatan yang rumit dengan karakteristik yang tidak dapat diduplikasi, jumlah waktu yang terbatas, dan parameter yang telah ditentukan untuk membuat suatu produk. Karena kendala dalam menyelesaikan proyek, organisasi proyek diperlukan untuk mengelola sumber dayanya dan melaksanakan tugas untuk memenuhi tujuan proyek. Untuk melaksanakan tugas secara efektif, segera, dan dengan standar kualitas yang diinginkan, dan proyek harus diatur.

Menurut Schwalbe, sebagaimana diterjemahkan oleh Dimiyati & Nurjaman (2014) Proyek adalah upaya jangka pendek untuk menciptakan barang atau jasa yang khas. Sponsor proyek utama sering memperhatikan penggunaan sumber daya yang efisien untuk melaksanakan proyek secara efektif dan sesuai jadwal. Proyek biasanya melibatkan sejumlah orang yang kegiatannya saling terkait.

Upaya atau kegiatan terorganisir yang menggunakan uang tunai dan sumber daya dari anggaran untuk mencapai tujuan, sasaran, dan harapan yang signifikan, dan yang harus diselesaikan dalam jangka waktu yang ditentukan dikenal sebagai proyek, (Nurhayati 2010).

Subagya (2000) menyatakan bahwa sebuah proyek adalah tugas yang memiliki ciri khas sebagai berikut:

1. Waktu mulai dan selesai dijadwalkan.
2. Ini adalah kelompok kerja yang mampu dipisahkan dari yang lain.
3. Biasanya, ada banyak pekerjaan yang harus diselesaikan, dan hubungan antar tugas rumit.

3.2 Tujuan Proyek

Larson (2014) mengklaim bahwa tujuan utama proyek ini adalah untuk memenuhi permintaan konsumen. Selain kesamaan, kualitas proyek membantu membedakannya dari yang lain dalam organisasi. Kualitas utama proyek adalah:

1. Menetapkan tujuan
2. Jangka waktu yang ditentukan dari awal hingga akhir
3. Keterlibatan banyak departemen dan profesional
4. Waktu, uang, dan kriteria tertentu
5. Mencoba sesuatu yang belum pernah dilakukan sebelumnya

3.3 Batasan Proyek

Pembatasan anggaran, tenggat waktu, dan standar yang harus dicapai semuanya telah ditetapkan sebagai bagian dari proses pencapaian tujuan tersebut. Tiga batasan yang disebutkan di atas juga dikenal sebagai batasan rangkap tiga dan sering digunakan sebagai tujuan proyek.

Peningkatan kualitas biasanya diperlukan untuk mencapai peningkatan kinerja yang ditentukan dalam kontrak, yang mengarah pada peningkatan biaya yang lebih tinggi dari yang diharapkan. Sebaliknya, jika Anda ingin memangkas biaya, Anda biasanya harus membuat kompromi jadwal atau kualitas.

3.4 Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi adalah tindakan tertentu atau bagian dari pekerjaan yang pada dasarnya memenuhi standar yang diperlukan untuk kualitas, waktu, dan biaya sementara juga memiliki tujuan atau sasaran tertentu. (Ahuja, 1994).

Berikut ini adalah beberapa fitur yang dimiliki proyek konstruksi: Proyek bangunan yang unik membutuhkan sumber daya dan organisasi. Meskipun ada batasan proyek yang dimulai pada awal proyek dan berakhir pada akhir proyek, konstruksi mempunyai jangka waktu yang terbatas, rangkaian kegiatan proyek dilakukan hanya sekali, dan tidak ada produk yang unik. Proyek konstruksi mempunyai tujuan yang jelas, biasanya terfokus pada perubahan atau pembaharuan, dan tanggung jawab terbatas hanya untuk mencapai tujuan tersebut.

3.4.1 Jenis Proyek Konstruksi

Bangunan dan bangunan sipil adalah dua kategori utama di mana proyek konstruksi jatuh. Dua jenis kelompok dalam proyek konstruksi adalah sebagai berikut, (Ervianto 2005)

- a. Bangunan gedung dengan ciri-ciri sebagai berikut: menciptakan tempat bagi orang yang mau bekerja atau bertempat tinggal, pekerjaan didaerah yang relatif kecil, dan kondisi pondasinya diketahui dengan baik. Manajemen biasanya diperlukan untuk *Progressing*.
- b. Bangunan sipil dengan ciri ciri sebagai berikut: proyek konstruksi dilakukan untuk menguasai alam agar bermanfaat bagi kepentingan umum maupun kepentingan manusia. Pekerjaan konstruksi dilakukan pada lokasi dan lahan yang luas dengan kondisi pondasi yang berbeda satu sama lain dalam suatu proyek. Manajemen diperlukan untuk memecahkan masalah.

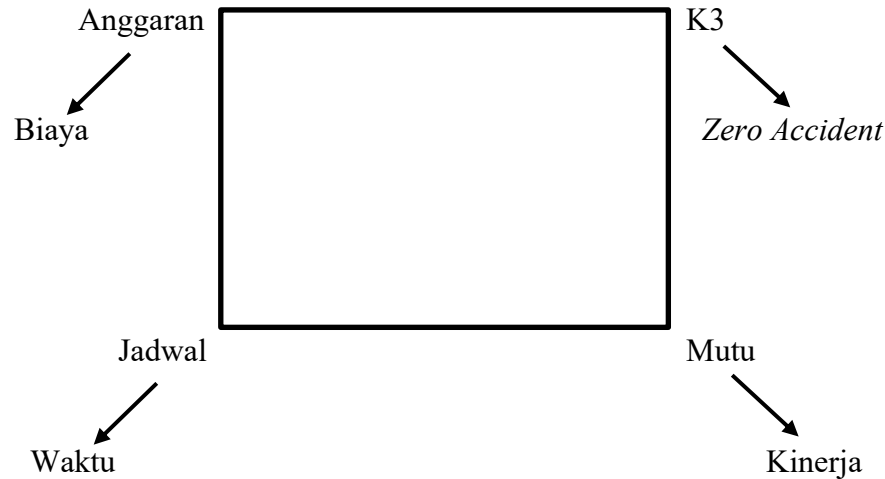
3.4.2 Ciri umum Proyek Konstruksi

1. Kemampuan untuk menggunakan tujuan, sasaran, harapan, dan taktik sebagai kesepakatan tim.
2. Kejelasan jadwal kerja, anggaran, dan rencana.
3. Menetapkan peran dan tugas bagi seluruh karyawan .
4. Tata cara pemantauan, pengorganisasian, pengelolaan, dan pengawasan terhadap pelaksanaan tugas harus jelas.
5. Mekanisme sistem penilaian kerja yang dapat digunakan untuk memberikan umpan balik kepada manajemen.
6. Struktur organisasi yang cair tidak terikat oleh prinsip-prinsip "organisasi biasa".
7. Mengetahui bagaimana tata cara dan dasar dasar birokrasi dan memiliki pemahaman yang kuat tentang dasar-dasar aturan birokrasi.

3.4.3 Tahap-tahap Pelaksanaan Proyek Konstruksi

- a. Tahap Perencanaan, desain selesai karena suatu kebutuhan, dan pada titik ini analisis kelayakan akan dilakukan untuk meyakinkan pemilik proyek bahwa adalah mungkin untuk menyelesaikan proyek.
- b. Tahap Perancangan, tujuan dari tahap desain adalah untuk menyelesaikan deskripsi proyek dan untuk memilih tata letak, desain, strategi konstruksi, dan biaya yang diharapkan untuk mendapatkan persetujuan pemilik proyek dan pihak lain.
- c. Tahap pengadaan adalah di mana seorang kontraktor atau sekelompok kontraktor dipilih untuk melaksanakan proyek-proyek pembangunan dan perolehan persediaan dan peralatan.
- d. Tahap implementasi adalah dimana bangunan yang telah dirancang sesuai dengan desain, SPK, dan kontrak membuahkan hasil. Konsultan pengawas, konsultan MK, kontraktor, subkontraktor, pemasok, dan organisasi terkait adalah pemangku kepentingan yang terlibat.
- e. Tahap Uji Operasional, tahap ini melibatkan pengujian komponen bangunan sesuai dengan fungsi yang dioperasikan. Konsultan pengawas, pemilik, konsultan MK, kontraktor, dan pemasok subkontraktor adalah pemangku kepentingan yang terlibat.
- f. Tahap Operasional dan Pemeliharaan Pada tahap ini diharapkan bangunan dapat digunakan sesuai dengan surat kontrak dan berfungsi sebagaimana dimaksud, dengan spesifikasi sebagai berikut. Tahap operasional setelah pembayaran penuh sebesar 95% dari nilai kontrak. Deposit pemeliharaan yang dimiliki pemilik digunakan untuk mendanai pemeliharaan selama tiga bulan. Pengguna, pemilik, dan konsultan pengawas (MK) adalah pihak-pihak yang terlibat.

3.4.4 Batasan Proyek Konstruksi



Gambar 3. 1 4 Batasan Proyek Konstruksi

1. Anggaran Proyek harus diselesaikan sesuai anggaran yang dialokasikan.
2. Jadwal Proyek harus diselesaikan dalam jangka waktu yang ditentukan dan dengan tenggat waktu yang ditentukan.
3. Kualitas produk atau hasil operasi proyek harus memenuhi persyaratan dan standar yang diperlukan. Untuk mencapai tugas yang diinginkan, standar kualitas harus dipenuhi.
4. Kesehatan dan keselamatan kerja harus mengikuti pedoman pelaksanaan yang berlaku dengan penerapan K3 yang tepat maka tidak akan terjadi kecelakaan kerja.

3.5 *Overpass*

Overpass adalah suatu bentuk prasarana jalan atau rel yang dirancang untuk mengatasi perpotongan dua jalur lalu lintas atau tingkat yang berbeda. *Overpass* digunakan untuk memungkinkan lalu lintas dari satu jalur melewati jalur lain tanpa mengganggu atau berinteraksi dengan lalu lintas di bawahnya. *Overpass* biasanya merupakan jembatan atau bangunan yang dibangun di atas jalan raya atau rel kereta api yang sudah ada. Hal ini memungkinkan kendaraan atau pejalan kaki di satu sisi untuk menyeberang dengan aman ke sisi lain jalan atau rel tanpa mengganggu lalu lintas yang sedang berlangsung di bawahnya.

Overpass penting dalam perencanaan transportasi perkotaan karena membantu mengurangi kemacetan lalu lintas, meningkatkan keselamatan, dan memberikan mobilitas yang lebih baik bagi penduduk dan kendaraan.

3.6 Tipe-tipe *Girder*

Girder sendiri merupakan struktur jembatan yang menghubungkan substruktur dan menopang panel-panel yang berada di atasnya. *Girder* adalah balok antara dua penyangga (*Pier* atau *Abutment*) pada jembatan atau jalan layang. Biasanya balok-I, tetapi bisa juga berbentuk kotak atau bentuk lainnya. *Girder* merupakan komponen konstruksi jembatan yang sangat penting karena fungsinya yaitu untuk menopang beban-beban konstruksi yang ada di atasnya yaitu pelat lantai dan untuk menyambung *pile-pile* jembatan. (Fadhilah, Fitriani, & Astuti, 2011).

Adapun beberapa jenis tipe *Girder* yang digunakan di Indonesia yaitu:

1. *I-Girder*

Girder dengan bentuk I sering disebut *I-Girder*. *Girder* I adalah salah satu *Girder* yang paling umum digunakan dalam konstruksi jembatan. Profil *Girder* berbentuk I, dengan bagian tengahnya lebih tipis daripada bagian tepinya. *Girder* I memiliki penampang yang lebih kecil dibandingkan *Girder* jenis lainnya, sehingga hasil analisis seringkali menunjukkan penampang yang ekonomis. Karena penampangnya yang lebih kecil, balok ini kurang mampu menahan gaya puntir/rotasi (sering disebut torsi). Oleh karena itu, dalam memilih *I-Girder* perlu memperhatikan desain konstruksi jembatan, kekuatan yang dibutuhkan, dan biaya yang dibutuhkan. Balok *girder* tipe I dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 I-Girder

(sumber : web.waskitaprecast.co.id)

2. U-Girder

Girder berbentuk U hampir sama dengan *Box Girder*. Hanya saja pelat bawah pada balok berbentuk U terpisah dengan profil. Keunikan balok berbentuk U adalah tulang rusuknya disusun berpasangan. Susunan ini memerlukan penggunaan dua dongkrak secara bersamaan untuk menarik untai hingga ke *girder*. Di Indonesia, *girder* jenis ini masih jarang digunakan karena beberapa produsen *girder* belum memiliki cetakan berbentuk U. *Girder* tipe U dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3. 3 U-Girder

(sumber : web.waskitaprecast.co.id)

3. *T-Girder*

T-Girder hampir identik dengan *Girder -I*. Profil *T-Girder* hanya memiliki satu *flange* di bagian atas. *Flange T-Girder* juga dapat digunakan sebagai pelat lantai, berbeda dengan *Girder-I*, yang harus dilengkapi dengan konektor geser dan kemudian dicor untuk membentuk pelat lantai. *T-Girder* biasanya digunakan untuk membangun jembatan penyeberangan dengan bentang 40 hingga 60 kaki. Hanya saja untuk konstruksi jembatan miring, penggunaan *T-Girder* memerlukan kerangka kerja yang agak rumit. *T-Girder* dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 *T-Girder*

(sumber : web.waskitaprecast.co.id)

4. *Box Girder*

Box Girder merupakan bentuk balok yang paling cocok untuk konstruksi jembatan karena *Box Girder* mempunyai bentuk dan keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bentuk *Girder* lainnya. Tidak ada batasan panjang bentang dalam spesifikasi produksi *Box Girder*. Oleh karena itu, *Box Girder* sangat cocok untuk konstruksi jembatan bentang panjang. *Box Girder* juga lebih kuat dalam menahan gaya puntir, sehingga ideal untuk konstruksi jembatan lengkung. *Box girder* dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Box Girder

(sumber : web.waskitaprecast.co.id)

3.7 Erection

Erection adalah proses menempelkan *girder* pada penyangganya. Titik tumpu yang umum digunakan dalam konstruksi jembatan adalah bantalan karet atau lebih dikenal dengan bantalan elastis (*bearing pad*). Proses pemasangan *girder* merupakan pekerjaan yang beresiko tinggi, sehingga penentuan metode pemasangan memerlukan pertimbangan yang sangat penting, seperti kondisi lokasi. Hal ini akan berhubungan langsung dengan efisiensi biaya dan waktu yang digunakan. Ada banyak metode umum dalam memasang *girder*, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada proyek pembangunan jalan tol Pasuruan-Probolinggo, digunakan dua metode dalam proses *erection girder*, yaitu *erection crawler crane girder* dan *erection gantry girder*. (Umar dan Naibaho, 2022).

3.7.1 Metode Pelaksanaan Erection Girder

Pemasangan *Girder (Beam Erection)* adalah proses pengangkatan, penempatan dan pengikatan *girder* (balok) pada proyek pembangunan jembatan atau struktur bangunan lainnya. Prosesnya memerlukan perencanaan yang matang, peralatan khusus, dan personil yang sangat terlatih. Langkah-langkah umum pelaksanaan metode pemancangan balok adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan
 - a. Tentukan ukuran, jenis dan jumlah *Girder* yang dibutuhkan.
 - b. Hitung beban maksimum yang dapat ditangani oleh derek atau peralatan derek yang akan digunakan.
 - c. Tentukan posisi *girder* gantung yang benar sesuai dengan desain konstruksi.
 - d. Amati kondisi cuaca dan faktor lingkungan lainnya yang mungkin mempengaruhi pemasangan *girder*.
2. Persiapan Peralatan
 - a. Pastikan *crane* yang akan digunakan dalam kondisi baik dan telah mendapatkan perawatan rutin.
 - b. Sediakan tali baja, rantai, dan aksesoris pengangkatan yang diperlukan
 - c. Pemeriksaan peralatan harus dilakukan untuk memastikan keamanan dan kinerja optimal.
3. Penyiapan Situs
 - a. Pastikan area kerja aman dan bersih dari penghalang.
 - b. Pasang penyangga atau tumpuan sementara (*temporary supports*) untuk *girder* jika diperlukan.
 - c. Siapkan area untuk mengangkut *girder* ke tempat yang tepat.
5. Pengangkatan *Girder*
 - a. Gunakan *crane* sesuai dengan kapasitas dan spesifikasi yang diperlukan.
 - b. Angkat *girder* secara perlahan dan pastikan posisinya tepat.
 - c. Koordinasikan dengan operator *crane* untuk mengangkat *girder* secara hati-hati.
6. Penempatan *Girder*
 - a. Letakkan *girder* di tempat yang telah ditentukan dalam desain konstruksi.
 - b. Pastikan girder terletak pada posisi yang tepat dan sesuai dengan ukuran dan tata letak yang direncanakan.

7. Pengikatan *Girder*

- a. Setelah *girder* ditempatkan dengan benar, ikat *girder* dengan penopang atau struktur pendukung lainnya.
- b. Pastikan semua pengikatan aman dan kuat.

8. Pengujian dan Inspeksi

- a. Lakukan pengujian beban untuk memastikan keamanan dan stabilitas *girder*.
- b. Lakukan inspeksi *visual* untuk memeriksa apakah *girder* telah ditempatkan dengan benar dan sesuai dengan spesifikasi.

9. Pembersihan dan Pemeliharaan

- a. Setelah selesai, pastikan untuk membersihkan area kerja dan merawat peralatan dengan baik.

3.8 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

3.8.1 Pengertian keselamatan dan kesehatan kerja

Menurut Kesehatan dan Keselamatan Kerja, “kesehatan dan keselamatan kerja” berarti kondisi atau faktor yang mempengaruhi atau dapat mempengaruhi kesehatan dan keselamatan karyawan atau pekerja lain (termasuk karyawan sementara), pengunjung atau orang lain. Kesehatan dan keselamatan kerja didefinisikan sebagai suatu kondisi atau faktor yang mempengaruhi atau dapat mempengaruhi kesehatan dan keselamatan karyawan atau pekerja lain (termasuk karyawan sementara. OHSAS 18001 adalah seri penilaian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (2007). Istilah tersebut di atas, keselamatan dan kesehatan kerja mengacu pada keadaan dan faktor-faktor yang berdampak pada kesehatan dan keselamatan pekerja atau orang lain yang ada di tempat kerja. Menurut sudut pandang yang berbeda, struktur tempat kerja, lingkungan di mana ia berada, serta praktik kerja itu sendiri adalah semua komponen keselamatan kerja (Suma'mur, 1985). Ini mencakup masalah keselamatan dengan mesin, pesawat terbang, peralatan kerja, bahan, dan metode pemrosesan. Di sisi lain, kecelakaan di tempat kerja mengacu pada setiap tindakan atau skenario tidak aman di tempat kerja yang meningkatkan kemungkinan sakit atau mengalami kecelakaan (Silalahi, 1995).

Berdasarkan definisi yang disajikan sebelumnya, seseorang dapat mencapai kesimpulan berikut: keselamatan dan kesehatan kerja mengacu pada berbagai kegiatan yang terjadi selama produksi atau pemrosesan bahan, serta selama perbaikan dan transportasi, dengan atau tanpa penggunaan teknologi, baik teknologi modern maupun teknologi tradisional. Karena kegiatan-kegiatan tersebut selalu memiliki kemungkinan merugikan atau menyebabkan kecelakaan, maka pembatasan operasional selalu diperlukan. Sehingga pekerja yang menggunakan peralatan manufaktur terlindungi dari bahaya yang terkait dengan pekerjaan mereka serta yang ditimbulkan oleh peralatan itu sendiri.

3.8.2 Tujuan keselamatan dan kesehatan kerja

Menurut Suma'mur (1976) Setiap orang yang secara fungsional dialokasikan untuk pekerjaan atau lingkungan memiliki tanggung jawab untuk mempromosikan keselamatan dan kesehatan kerja, berikut adalah tujuan keselamatan dan kesehatan kerja:

1. Mensejahterakan tenaga kerja sebagai sarana untuk mencapai derajat kesehatan yang paling tinggi bagi pekerja, nelayan, petani, baik buruh, pegawai negeri, maupun pekerja lepas.
2. Salah satu cara untuk meningkatkan *output*, yang didasarkan pada peningkatan efektivitas dan produktivitas pada komponen manusia yang padat karya.

Aturan dan regulasi yang ada sekarang yaitu UU No. 1 tahun 1970 pasal 3 ayat 1, menetapkan bahwa pekerjaan berikut memiliki persyaratan keselamatan tambahan:

1. Mengambil tindakan untuk menghindari dan mengurangi kecelakaan.
2. Padamkan api, padamkan api yang lebih kecil, dan cegah kebakaran yang lebih besar.
3. Mencegah dan mengurangi kemungkinan terjadinya ledakan.
4. Pastikan Anda memiliki kesempatan atau sarana untuk menyelamatkan diri jika terjadi kebakaran atau jenis insiden berbahaya lainnya.
5. Bersiaplah untuk memberikan bantuan jika terjadi kecelakaan.
6. Pastikan bahwa pekerja memiliki akses ke alat pelindung.

7. Penting untuk mencegah dan mengelola munculnya atau penyebaran suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, cahaya atau radiasi, suara dan getaran.
8. Mencegah dan mengatur terjadinya penyakit akibat kerja, termasuk penyakit fisik dan psikis serta keracunan, infeksi, dan penularan di tempat kerja.
9. Pastikan anda memiliki informasi yang memadai dan relevan.
10. Pastikan suhu dan kelembapan tepat.
11. Siapkan penyegar udara yang sesuai.
12. Memastikan kebersihan, kesehatan, dan ketertiban tetap terjaga.
13. Berusaha untuk mencapai keselarasan antara staf anda, lingkungan kerja, alat kerja, dan teknik dan prosedur kerja.
14. Memastikan keselamatan pengangkutan orang, hewan, tumbuhan, dan kargo sekaligus memudahkan untuk melakukannya.
15. Menyediakan perlindungan dan pemeliharaan segala macam struktur.
16. Memberikan perlindungan dan kemudahan dalam proses bongkar muat tenaga kerja, serta perawatan dan pengalihan barang.
17. Menghindari risiko sengatan listrik.
18. Memodifikasi dan meningkatkan langkah-langkah keselamatan di tempat kerja di mana risiko kecelakaan baru-baru ini meningkat.

3.8.3 Kerugian yang di timbulkan oleh kecelakaan

Selain kerugian finansial, kecelakaan juga dapat menyebabkan kerusakan properti dan kerusakan lingkungan. Kerugian akibat kecelakaan juga dapat mencakup cedera atau kematian pekerja. Kerugian yang memakan waktu akibat kecelakaan kerja adalah sebagai berikut (Bird dan Germain, 1990)

1. Waktu pekerja yang hilang karena cedera dan ketidakmampuan untuk diganti, sering dikenal sebagai waktu produktif yang hilang.
2. Waktunya untuk teman di tempat kerja
 - a. Ketika seorang rekan kerja menghilang dari tempat kejadian setelah membantu korban ke ambulans atau rumah sakit.

- b. Pekerjaan berhenti pada saat kecelakaan dan setelahnya karena pembicaraan tentang kejadian tersebut.
 - c. Waktu dari rekan kerja terbuang karena rasa kasihan dan rasa ingin tahu.
 - d. Waktu yang terbuang oleh rekan kerja membersihkan tempat kejadian dan meminta uang untuk membantu korban dan keluarganya.
3. Waktu pengamat/surveyor
- a. Waktu pengawas terbuang untuk membantu korban, yang menghabiskan waktu berharga.
 - b. Waktu yang hilang di tempat kerja digunakan untuk melihat apa yang menyebabkan terjadinya, termasuk penyelidikan awal, tindak lanjut, dan penelitian pencegahan.
 - c. Waktu kerja yang produktif hilang karena perubahan jadwal, mendapatkan suplai baru, dan menjaga kontinuitas kerja.
 - d. Kehilangan produktivitas terjadi sebagai akibat dari pemilihan dan pelatihan karyawan baru, serta proses peninjauan lamaran kerja, wawancara kandidat, penerimaan karyawan baru, dan pemindahan karyawan.
 - e. Jumlah waktu yang dihabiskan untuk menulis laporan kecelakaan, yang mungkin mencakup informasi tentang pekerja yang terluka, properti yang rusak, rekomendasi kecelakaan, dan sebagainya.
4. Kerugian-kerugian yang bersifat umum yaitu,
- a. Waktu kerja yang hilang yang mungkin berguna karena ketidakpuasan karyawan, keterkejutan, atau perubahan fokus, prosedur kerja yang tertunda, atau percakapan dengan rekan kerja.
 - b. Kerugian yang disebabkan oleh penghentian sementara atau permanen peralatan, kendaraan, pabrik, gedung, dan hal-hal lain yang berdampak pada penjadwalan dan peralatan.
 - c. Kembali bekerja saat cedera sering kali berkinerja kurang efektif.
 - d. Kehilangan bisnis dan motivasi untuk melakukan bisnis, publisitas negatif, dan masalah yang disebabkan oleh perekrutan baru.

- e. Meningkatkan biaya hukum relatif terhadap biaya langsung dalam bentuk asuransi, seperti kompensasi dan tanggung jawab untuk memproses klaim.
 - f. Peningkatan biaya asuransi
5. Kerugian-kerugian yang berkaitan dengan properti
 - a. Biaya untuk barang yang bersifat *emergency*
 - b. Memperbaiki atau memindah material dan alat
 - c. Lama waktu untuk memperbaiki peralatan membuat kehilangan produktivitas
 6. Kerugian lain yaitu *penalty*, denda dan adanya iuran.

Baik bisnis maupun karyawan itu sendiri akan terkena dampak negatif dari terjadinya kecelakaan kerja yang menyebabkan kerugian atau cedera yang signifikan. Istilah "gunung es biaya kecelakaan" mengacu pada jumlah kerusakan yang disebabkan oleh suatu kecelakaan, di mana kerugian di lapisan bawah jauh lebih banyak dan tak tertandingi daripada kerugian di lapisan yang lebih tinggi.

3.8.4 Jenis-Jenis Kecelakaan Kerja

Berbagai bentuk kecelakaan kerja yang dapat terjadi pada saat proses pembangunan suatu proyek konstruksi. Kementerian Pekerjaan Umum (2007) mengelompokkan jenis-jenis kecelakaan konstruksi ke dalam 5 (lima) kategori besar, yaitu:

1. Kecelakaan yang disebabkan oleh alat transportasi dan lalu lintas

Penyebab kecelakaan ini adalah sebagai berikut:

 - a. Penempatan alat dan bahan yang tidak teratur, buruk, dan salah tempat.
 - b. Pekerja yang bersangkutan kurang disiplin.
 - c. Para pekerja yang bersangkutan kurang memiliki pengetahuan profesional.
 - d. Kurangnya jaminan keselamatan dalam transportasi.
 - e. Cara pengangkutan bahan/barang yang salah.
 - f. Kelebihan muatan/muatan selama pengangkutan.
 - g. Rambu dan marka lalu lintas serta langkah-langkah keselamatan lainnya tidak memadai.

2. Kecelakaan karena kejatuhan benda

Penyebab kecelakaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Kesalahan yang melempar barang dari ketinggian
- b. Penyimpanan/penempatan benda atau peralatan yang tidak tepat.
- c. Pemasangan material/peralatan yang kualitasnya buruk dan tidak pada lokasi yang tepat.
- d. Tidak ada tindakan pengamanan terhadap benda/peralatan yang jatuh.
- e. Kesalahan pada saat mengangkat material/peralatan ke posisi yang lebih tinggi.

3. Kecelakaan karena tergelincir, terpukul, terkena benda tajam/keras.

- a. Biasanya kecelakaan terpeleset dan jatuh disebabkan oleh jalan licin, kegelapan, posisi berdiri yang salah atau pengoperasian yang tidak tepat.
- b. Kecelakaan kerja akibat terpukul disebabkan oleh cara kerja yang salah atau kelalaian.

4. Kecelakaan karena jatuh dari ketinggian.

Kecelakaan tersebut dapat berakibat fatal, seperti cacat parah atau kematian. Oleh karena itu, pengawas dan pekerja harus tetap waspada, berhati-hati, dan berhati-hati dalam menghadapi kemungkinan terjatuh dari ketinggian. Orang-orang yang melakukan pekerjaan berikut rentan mengalami kecelakaan jatuh dari ketinggian:

- a. Pekerjaan atap dan plafon.
- b. Untuk proyek dinding, gunakan scaffolding atau perancah untuk plesteran.
- c. Pekerjaan listrik, AC, telepon dan pipa *plumbing*.

5. Kecelakaan karena aliran listrik, kebakaran dan ledakan

Kecelakaan itu juga bisa berakibat fatal hingga berujung pada kematian. Kecelakaan jenis ini dapat terjadi pada pekerja karena:

- a. Kecelakaan listrik terjadi karena kabel rusak dan mengenai bagian tubuh pekerja.
- b. Kecelakaan listrik terjadi karena kelalaian staf dan kegagalan memastikan pasokan listrik.

- c. Kecelakaan kebakaran terjadi karena kepanikan awal dan kegagalan alat pendeteksi kebakaran atau asap, serta kegagalan peralatan pemadam kebakaran seperti *sprinkler*, alat pemadam kebakaran dan *hydrant*.
- d. Kecelakaan ledakan terjadi karena kurangnya tindakan perlindungan terhadap bahan/peralatan yang mudah meledak.

3.8.5 Pencegahan Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja yang disebabkan oleh faktor teknis dan lingkungan kerja pada konstruksi bangunan dapat dicegah dengan membuat prosedur kerja berbasis K3. Pencegahan terjadinya kecelakaan kerja tersebut di atas dilakukan melalui cara-cara sebagai berikut (Dinas Pekerjaan Umum 2007):

1. Mencegah alat transportasi dan kecelakaan lalu lintas Pengendalian lalu lintas kendaraan, orang, barang dan peralatan harus mendapat perhatian dan pengawasan secara berkala. Barang, bahan dan peralatan di dalam bangunan gedung harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu atau membahayakan pekerja dan penghuni pada saat diangkut dan dipindahkan. Syarat dan ketentuan pengangkutan dan pemindahan barang, bahan dan peralatan antara lain sebagai berikut:
 - a. Alat yang digunakan harus dalam keadaan baik dan dapat digunakan.
 - b. Data dan informasi alat harus lengkap.
 - c. Peralatan tambahan harus tersedia dan berfungsi dengan baik.
 - d. Urutan dan penggunaan alat harus benar.
 - e. Alat dan bahan harus ditempatkan dengan baik.
 - f. Disiplin dan keterampilan pekerja harus tinggi.
 - g. Keamanan selama pengangkutan dan pergerakan harus baik.
 - h. Cara pengangkutan bahan/barang harus benar.
 - i. Muatannya tidak melebihi kapasitas kendaraan.
 - j. Rambu lalu lintas dan tindakan keselamatan lainnya harus ada.
2. Mencegah benda terjatuh secara tidak sengaja

Pencegahan kecelakaan akibat benda jatuh dan runtuhnya bangunan meliputi:

- a. Jaring pengaman atau jaring pelindung perlu dipasang di area bawah.

- b. Tanda “Hati-hati, ada pekerjaan yang harus dilakukan” harus dipasang.
 - c. Jangan membuang barang-barang yang tidak terpakai.
 - d. Penyimpanan/penempatan barang atau peralatan harus ada pada tempatnya.
 - e. Bahan/peralatan harus ditempatkan dengan baik dan pada tempatnya.
 - f. Angkat material/peralatan untuk menghindari melebihi batas beban.
 - g. Pekerja harus memakai alat pelindung diri
3. Cedera akibat kerja akibat terpelelet, terbentur, atau terbentur benda tajam/keras.

Upaya untuk mencegah terjadinya kecelakaan ini antara lain:

- a. Pastikan *scaffolding* sesuai untuk digunakan dan bebannya tidak berlebihan.
 - b. Pedal kaki harus kokoh, bersih, empuk, dan cukup lebar untuk mengakomodasi posisi pekerja.
 - c. pekerja harus mengenakan semua perlengkapan keselamatan seperti sabuk pengaman, tali pengaman, dan helm pengaman.
4. Kecelakaan kerja akibat sengatan listrik, kebakaran, ledakan, dan lain-lain.

Upaya untuk mencegah terjadinya kecelakaan ini antara lain:

- a. Penggunaan listrik harus dilakukan oleh pekerja yang berkualifikasi.
- b. Pemeliharaan dan perbaikan kabel dan panel sedang berlangsung.
- c. Pekerja harus rajin, berhati-hati, waspada, dan menggunakan listrik dengan aman.
- d. Pekerja dilarang merokok selama bekerja dan menyalakan api sekecil apapun di tempat penempatan bahan bakar.
- e. Barang-barang yang mudah terbakar harus disimpan jauh dari sumber api dan tidak boleh merokok.

3.9 Risiko (*Risk*)

Menurut Darmawi (2008), tahap pertama dalam proses manajemen risiko adalah tahap identifikasi risiko. Identifikasi risiko adalah proses mencari secara sistematis dan terus menerus kemungkinan adanya risiko atau kerugian terhadap aset, kewajiban, dan karyawan perusahaan. Proses analisis risiko ini mungkin

merupakan proses yang paling penting karena melalui proses inilah seluruh risiko yang ada atau timbul pada proyek harus diidentifikasi.

Darmawi (2008) mengemukakan beberapa definisi risiko, yaitu:

1. Risiko adalah peluang terjadinya kerugian, peluang kerugian biasanya digunakan untuk menjelaskan situasi dimana kemungkinan terjadinya kerugian. Sebaliknya jika disesuaikan dengan istilah yang digunakan dalam statistik, peluang seringkali digunakan untuk menunjukkan tingkat kemungkinan terjadinya suatu situasi tertentu.
2. Risiko adalah kemungkinan terjadinya kerugian (*Risk is the facility of loss*) risiko seperti ini menandakan bahwa suatu kerugian dapat terjadi apabila risiko tersebut tidak segera diatasi.

Risiko adalah kepastian risiko yang dimaksud disini mengacu pada pengertian risiko dan ketidakpastian, dan risiko di sini disebabkan oleh ketidakpastian. Dapat dijelaskan bahwa risiko adalah akibat atau akibat yang mungkin terjadi dalam proses sehingga menimbulkan dampak negatif, yang dapat menimbulkan kerugian finansial dan non finansial.

3.10 Bahaya (*Hazard*)

Menurut Wijanarko (2017) bahaya dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu:

1. Bahaya keselamatan yang tersembunyi adalah risiko yang dapat menimbulkan kecelakaan sehingga menimbulkan korban jiwa dan kerugian harta benda. Jenis risiko keamanan meliputi:
 - a. Bahaya mekanis disebabkan oleh mesin atau pekerjaan mekanis, peralatan pemotongan, pembuangan, dan penggilingan.
 - b. Bahaya listrik berasal dari peralatan listrik.
 - c. Bahan kimia yang mudah terbakar dapat menyebabkan kebakaran.
 - d. Risiko ledakan bahan kimia secara cepat.
2. Bahaya kesehatan kerja (*health hazard*) adalah jenis bahaya yang mempengaruhi kesehatan dan menimbulkan gangguan kesehatan dan penyakit akibat kerja
Jenis risiko kesehatan adalah:

- a. Bahaya fisik meliputi getaran, radiasi, cahaya, kebisingan, dan lingkungan kerja.
- b. Bahaya kimia termasuk namun tidak terbatas pada zat atau bahan kimia seperti aerosol, pestisida, gas dan bahan kimia lainnya.
- c. Bahaya ergonomis mencakup gerakan berulang dan pengoperasian manual dari posisi statis.
- d. Bahaya biologis meliputi organisme hidup di lingkungan kerja yaitu bakteri patogen, virus, dan jamur.
- e. Risiko psikologis meliputi beban kerja yang berlebihan, hubungan interpersonal dan kondisi kerja yang buruk.

3.11 Teori Domino

Teori domino yang dikemukakan oleh Heinrich (1931) merupakan teori yang terkenal untuk menjelaskan terjadinya kecelakaan industri. Heinrich berpendapat bahwa 88% kecelakaan disebabkan oleh perilaku manusia yang tidak aman (*unsafe behavior*) dan sisanya disebabkan oleh hal-hal yang tidak berkaitan dengan *human error*, yaitu 10% disebabkan oleh kondisi tidak aman dan 2% disebabkan oleh takdir. Heinrich menekankan, kecelakaan kerja sebagian besar disebabkan oleh kesalahan atau *human error*. Menurutnya, Apabila manusia melakukan kekeliruan atau kekeliruan maka dapat timbul situasi tidak aman. Hal ini selanjutnya disebabkan oleh karakteristik manusia yang dipengaruhi oleh nenek moyang (*ancestry*) dan lingkungannya (*environment*).

Dalam Teori Domino Henrich, kecalakan terdiri atas lima faktor yang saling berhubungan, yaitu:

1. *First domino: Ancentry and sosial environment..*

Kondisi kerja mencakup latar belakang seseorang, seperti kurangnya pengetahuan, atau mencakup sifat-sifat seseorang, seperti keras kepala.

2. *Second domino: Fault a person*

Kelalaian manusia meliputi kurangnya motivasi, stres, masalah yang berkaitan dengan kondisi fisik pekerja, keterampilan yang tidak memadai, dan lain-lain.

3. *Third domino: Unsafe act and unsafe conditions.*

Perilaku tidak aman seperti kecerobohan, tidak mengikuti prosedur kerja, tidak memakai alat pelindung diri (ADP), tidak mematuhi rambu-rambu di tempat kerja, dan melakukan pekerjaan berbahaya yang berisiko tinggi tanpa izin kerja berbahaya.

4. *Fourth domino: Accidents*

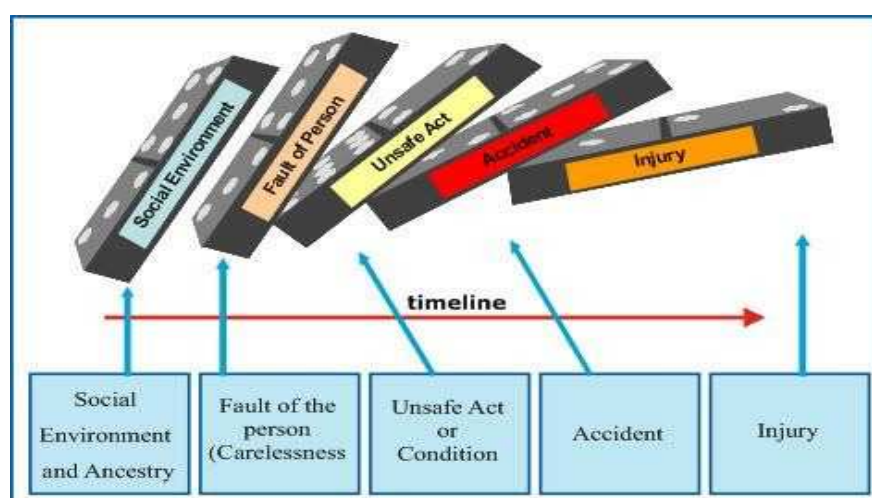
Kecelakaan kerja seperti terpeleset, terbakar, dan tertimpa benda di tempat kerja semuanya terjadi jika terpapar pada sumber yang berbahaya.

5. *Fourth domino: Accidents*

Dampak kerugian tersebut dapat berupa:

- a. Pekerja: Cedera, cacat atau kematian
- b. Pengusaha: biaya langsung dan tidak langsung.
- c. Konsumen: Ketersediaan produk.

Kelima faktor ini ibarat kartu domino yang sedang naik daun. Jika sebuah kartu jatuh, ia menyentuh kartu lainnya hingga kelima kartu tersebut jatuh secara bersamaan. Contoh ini mirip dengan apa yang telah kita ketahui tentang efek domino, dimana jika suatu bangunan runtuh maka kejadian tersebut akan menyebabkan kejadian yang berurutan sehingga menyebabkan bangunan lainnya runtuh.



Gambar 3. 6 Teori Domino Heinrich

(Sumber: Tim K3 FT UNY, 2014 dalam Benadikta 2020)

Kunci untuk mencegah cedera di tempat kerja adalah dengan menghilangkan sikap dan kondisi yang tidak aman (kartu tiga). Mengikuti analogi efek domino, jika kartu ketiga hilang, meskipun kartu pertama dan kedua terjatuh, tidak akan menyebabkan semua kartu terjatuh. Terdapat jarak antara kartu kedua dan keempat dan tidak akan mencapai kartu berikutnya, atau tidak akan mencapai kartu keempat jika kartu kedua jatuh. Pada akhirnya, kecelakaan (kartu keempat) dan dampak kerugian (kartu kelima) dapat dihindari.

3.12 Teori Penyebab Kecelakaan Kerja

Benadikta (2020) Kecelakaan kerja seringkali disebabkan oleh berbagai macam faktor. Alat, teknologi, lingkungan kerja dan karyawan itu sendiri merupakan komponen utamanya. Meskipun ada kesadaran bahwa aktivitas tersebut berbahaya, pekerja sering kali melakukan aktivitas tersebut dalam kondisi yang tidak aman, sehingga dapat menyebabkan kecelakaan konstruksi. Berdasarkan statistik kecelakaan kerja, 85% kecelakaan disebabkan oleh kesalahan manusia. Semua pemicu menyebabkan kegagalan manajemen ketika mencari akar permasalahan. Faktor-faktor penyebab kecelakaan di tempat kerja berhubungan langsung dengan kecelakaan itu dan disebut penyebab. Penyebab langsung yang disebabkan oleh faktor lain disebut penyebab tidak langsung. Teori dibalik kecelakaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Teori Kebetulan Murni (*Pure Chance Theory*)

Ada teori yang menyatakan bahwa kecelakaan terjadi karena kehendak Tuhan, sehingga tidak ada sistem yang jelas mengenai rangkaian kejadian tersebut. Karena kecelakaan itu terjadi secara tidak sengaja.

2. Teori Kecenderungan Kecelakaan (*Accident Prone Theory*)

Alasan mengapa pekerja sering mengalami cedera akibat kerja terletak pada manusia itu sendiri.

3. Teori Tiga Faktor Utama (*Three Main Factor Theory*)

Teori ini menjelaskan bahwa kecelakaan disebabkan oleh faktor manusia yaitu peralatan, lingkungan, dan pekerja.

4. Teori Dua faktor (*Two Factor Theory*)

Kecelakaan disebabkan oleh kondisi berbahaya (*unsafe condition*), dan perilaku berbahaya (*unsafe act*).

5. Teori faktor Manusia (*Human Factor Theory*)

Menekankan bahwa pada akhirnya, semua kecelakaan industri disebabkan secara langsung atau tidak langsung oleh kesalahan manusia. Teori yang dikembangkan oleh HW.Heinrich tentang terjadinya kecelakaan produksi, pada dasarnya merupakan serangkaian kecelakaan produksi.

3.13 *Fault Tree Analysis* (FTA)

Menurut Ramli (2010), FTA mengambil pendekatan analisis deduktif. Itu dimulai di mana peristiwa yang disebabkan oleh peristiwa sebelumnya terjadi. Peristiwa sebelumnya disebabkan oleh peristiwa lain, kegagalan komponen, atau kesalahan operator. Setiap kesalahan dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui akar penyebabnya guna mendapatkan status insiden utama. Dengan mengidentifikasi peristiwa tingkat atas yang dapat terjadi dalam suatu sistem atau proses, dan kemudian mengidentifikasi, dalam bentuk pohon logika ke bawah, semua peristiwa yang dapat mempunyai konsekuensi dari peristiwa tingkat atas tersebut. Salah satu cara untuk mengukurnya adalah dengan menggunakan analisis pohon kesalahan.

Istilah "*Fault Tree Analysis*" mungkin sudah dikenal oleh sebagian besar insinyur dan mahasiswa teknik. Khususnya bagi seseorang yang memiliki keahlian dengan pemecahan masalah untuk menyelesaikan situasi. Menemukan sumber masalah yang akan dipecahkan dapat dilakukan dengan cukup baik dengan strategi ini. Filosofi di balik pendekatan *Fault Tree Analysis* adalah sebagai berikut.

Fault Tree Analysis (FTA) adalah teknik analisis di mana peristiwa yang tidak diinginkan, juga dikenal sebagai peristiwa yang tidak diinginkan, terjadi dalam sistem dan sistem kemudian diperiksa dengan variabel operasional dan lingkungan saat ini untuk mengungkap semua penyebab peristiwa yang tidak diinginkan.

Risiko yang secara langsung berkontribusi pada kegagalan dapat ditemukan dengan menggunakan pendekatan FTA. Pemikiran *top-down* digunakan dalam strategi ini, yang dimulai dengan anggapan kegagalan atau kerugian dari *top event* dan kemudian masuk ke kedalaman tentang alasan *top event* hingga mencapai *root cause*.

Karena FTA memastikan bahwa kejadian atau kerugian yang tidak diinginkan tidak dimulai pada satu titik kegagalan, ini merupakan metode yang efektif untuk menentukan asal mula masalah. Dalam *Fault Tree Analysis*, hubungan komponen sebab akibat digambarkan melalui penggunaan pohon kesalahan yang dilengkapi dengan gerbang logika dasar. Kegagalan perangkat mungkin dikaitkan dengan satu keadaan atau kumpulan banyak skenario yang berbeda, yang keduanya dapat dicirikan oleh gerbang logika. Konstruksi FTA sering melibatkan penggunaan gerbang logika, khususnya gerbang AND dan gerbang OR. Setiap kegagalan yang terjadi dapat dianalisis dan direpresentasikan dalam bentuk pohon analisis kegagalan jika komponen kegagalan terlebih dahulu diubah menjadi simbol (komponen *transfer* logika), dan kemudian digunakan FTA.

Kegagalan yang terjadi pada sistem dapat disebabkan oleh kejadian di luar sistem yang dapat mengakibatkan kejadian yang tidak diinginkan, kegagalan komponen sistem, atau kegagalan orang yang mengoperasikannya, yang disebut juga dengan *human error*. Kegagalan ini dapat muncul karena beberapa alasan. Pohon kesalahan dibentuk dengan mendasarkan konstruksinya pada salah satu kejadian yang tidak diinginkan yang mungkin terjadi 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 yang tidak diinginkan memiliki representasi pohon kesalahan unik yang mencerminkan penyebab atau komponen sistem yang berkontribusi padanya, serta kegagalan yang menyebabkannya. Peristiwa yang tidak diinginkan yang harus dipelajari juga dikenal sebagai peristiwa puncak di pohon patahan.

3.13.1 Manfaat *Fault Tree Analysis*

Manfaat dari *Fault Tree Analysis* adalah :

1. Mampu mengidentifikasi variabel penyebab kegagalan.
2. Tentukan fase peristiwa mana yang paling mungkin menghasilkan kegagalan.
3. Meneliti faktor risiko potensial sebelum terjadinya kegagalan.
4. Periksa kegagalan.

3.13.2 Tujuan *Fault Tree Analysis*

Menurut Sutanto (2010), FTA digunakan untuk alasan berikut:

1. Dilakukan untuk mengidentifikasi kombinasi dari *equipment failure* dan *human error* yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kejadian yang tidak dikehendaki.
2. Dilakukan untuk prediksi kombinasi kejadian yang tidak dikehendaki, sehingga dapat dilakukan koreksi untuk meningkatkan produk *safety*.
3. Menemukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar terjadi sebagai penyebab kegagalan.
4. Menganalisa sumber-sumber risiko sebelum terjadinya kegagalan.

3.13.3 Kelebihan dan kekurangan metode *Fault Tree Analysis*

Marvin (2005) Penerapan FTA dalam pelaksanaan di lapangan mempunyai kelebihan dan kekurangan yaitu:

1. Kelebihan
 - a. Melakukan persiapan pada tahap awal desain dan selanjutnya menyempurnakan detail seiring dengan penyempurnaan desain.
 - b. Mengidentifikasi kesalahan logika secara sistematis mulai dari akibat spesifik hingga penyebab utamanya.
 - c. Jika dibandingkan dengan metode analisis serupa, kelebihan FTA adalah dapat digunakan untuk analisis kualitatif. Artinya:

a) Kualitatif

Metode ini memakai *boolean*, artinya pada menentukan prioritas risiko bisa digunakan *shortcut minimum* yang biasa dianalisis memakai fungsi “*and*” dan “*or*”.

2. Kekurangan

- a. Jika melanjutkan lebih dalam lagi meyebabkan pohon kesalahan menjadi lebih besar.
- b. Analisis tergantung pada kemampuan.
- c. Untuk penerapan bisa memakan biaya yang lebih mahal.

3.13.4 Prinsip kerja metode *Fault Tree Analysis*

Prinsip kerja metode FTA menurut Kristiansen (2005) adalah :

- a) Kegagalan sistem atau *crash*
- b) *Fault tree analysis* terdiri dari daftar langkah-langkah yang diambil sebelum kecelakaan atau kerusakan sistem.
- c) Bangun serangkaian kejadian dengan menggunakan gerbang logika berlabel "AND", "OR", atau gerbang logika lain yang sesuai.
- d) Persegi panjang menggambarkan peristiwa yang dijelaskan di atas, banyak di antaranya memiliki lebih dari satu faktor yang berkontribusi, dan peristiwa yang termasuk dalam persegi panjang adalah yang dibahas.

3.13.5 Langkah Langkah Mengerjakan FTA

Berikut langkah-langkah melakukan (*fault tree analysis*) analisis pohon kesalahan (Relawati, 2018).

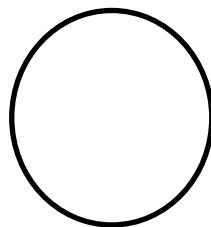
1. Menentukan masalah yang akan dianalisis (*problem definition*).
2. Menetapkan model grafis FTA, mulai dari event tingkat atas, event berikutnya, dan terakhir hingga event dasar. Pohon kesalahan harus diselesaikan di setiap level hingga kejadian dasar.
3. Mencari jawaban atas permasalahan FTA atau (solusi FTA) merupakan berbagai kemungkinan kombinasi resiko yang mungkin bisa terjadi .

4. Langkah-langkah menentukan *minimum cut set* adalah:
- mengubah FTA menjadi hanya gerbang AND dan OR.
 - Sebutkan masing-masing peristiwa.
 - Mengubah logika pohon kesalahan menjadi persamaan Boolean.
 - Menentukan *minimal cut set* dengan mereduksi (menyederhanakan) persamaan Boolean ke bentuk sederhananya, dengan aturan seperti dalam
- Dalam penelitian ini digunakan hukum distributif aljabar Boolean. Simbol perhitungan operator logika Boolean yang digunakan pada gerbang OR adalah penjumlahan yang dilambangkan dengan (+), sedangkan gerbang AND adalah perkalian yang dikodekan dengan (.). Pembuatan model pohon kesalahan dapat dilakukan dengan mewawancarai ahli K3. Selanjutnya akar penyebab kecelakaan kerja digambarkan dalam bentuk model pohon kesalahan. Hasil yang diperoleh setelah melakukan FTA adalah peluang terjadinya peristiwa terpenting dalam sistem dan menemukan sumber masalahnya. Kemudian gunakan akar penyebab permasalahan untuk mendapatkan prioritas solusi permasalahan yang tepat pada sistem tersebut.

3.13.6 Simbol-simbol *Fault Tree Analysis* (FTA)

Frasa dan tanda yang digunakan di seluruh metode *Fault Tree Analysis*. Saat melakukan analisis menggunakan metodologi pohon kesalahan, simbol peristiwa, simbol gerbang, dan simbol *transfer* adalah jenis simbol yang digunakan. Berikut ini adalah daftar simbol untuk masing-masing, beserta artinya:

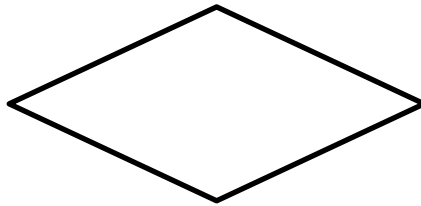
- 1) *Basic event/primary event*



Gambar 3. 7 Basic event

Simbol lingkaran ini digunakan untuk menunjukkan kegagalan mendasar atau kejadian dasar atau utama yang tidak memerlukan penyelidikan lebih lanjut. Dengan kata lain, tanda 10 lingkaran ini mewakili batas atas apa yang mungkin menghasilkan suatu peristiwa.

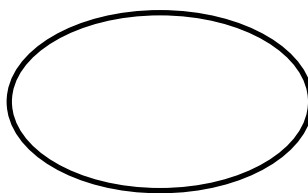
2) *Undeveloped event*



Gambar 3. 8 *Undeveloped event*

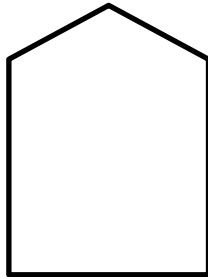
Dalam sebuah penelitian, simbol ini digunakan untuk menunjukkan peristiwa yang belum berkembang atau peristiwa yang tidak bisa lagi berkembang. Hal ini menandakan suatu peristiwa kegagalan yang tidak lagi dicari penyebabnya, baik karena peristiwa tersebut tidak cukup berkaitan dengannya atau karena tidak ada informasi yang terkait dengannya, sehingga menjadi peristiwa akhir dari suatu masalah yang terjadi. Dalam penelitian lain, simbol berlian digunakan untuk menunjukkan peristiwa yang belum berkembang atau peristiwa yang tidak bisa lagi berkembang.

3) *Conditioning event*



Gambar 3. 9 *Conditioning event*

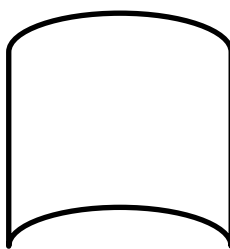
Peristiwa pengkondisian, juga dikenal sebagai batasan atau kondisi unik yang dikenakan pada gerbang, diwakili oleh simbol oval ini (biasanya INHIBIT dan gerbang PRIORITAS AND). Akibatnya, peristiwa keluaran terjadi jika peristiwa masukan terjadi dan memenuhi persyaratan tertentu.

4) *External event***Gambar 3. 10 *External event***

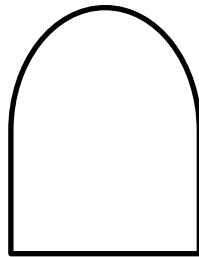
Peristiwa kegagalan tidak termasuk dalam simbol rumah, yang digunakan untuk menunjukkan peristiwa eksternal, yaitu peristiwa yang diperkirakan akan terjadi secara normal.

5) *Intermediate event***Gambar 3. 11 *Intermediate event***

Simbol persegi panjang ini terdiri dari kejadian-kejadian yang terjadi sebagai akibat dari kombinasi kejadian-kejadian *input* yang tidak berhasil mencapai gerbang.

6) Gerbang *OR***Gambar 3. 12 Simbol gerbang *OR***

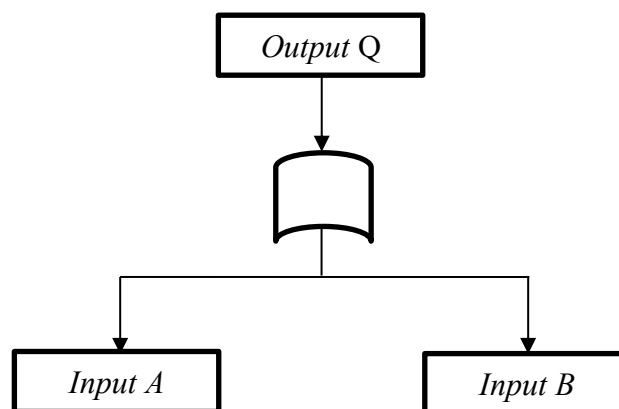
Gerbang *OR* merupakan gerbang logika yang menunjukkan terjadinya suatu kejadian berdasarkan gagal atau tidaknya satu atau lebih kejadian masukan.

7) Gerbang *AND*

Gambar 3. 13 Simbol gerbang *AND*

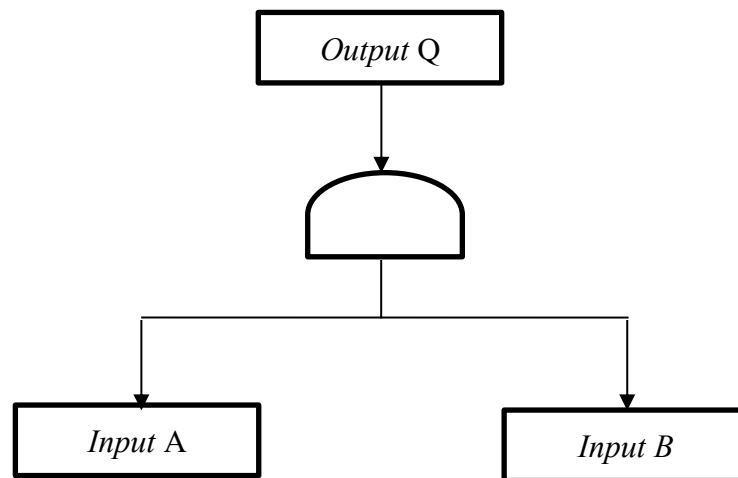
Gerbang *AND* digunakan untuk menunjukkan kejadian *output* muncul hanya jika semua *input* terjadi.

Gerbang "AND" dan gerbang "OR" adalah dua gerbang yang digunakan dalam pembuatan FTA. Peristiwa keluaran akan terjadi jika satu atau lebih peristiwa masukan terjadi, sesuai dengan gerbang OR. Gerbang OR menerima sejumlah kejadian masukan. Dua kejadian *input* kejadian *input* A dan B dan *output* Q—ditunjukkan pada gerbang OR pada Gambar 2.3. Ketika *input* A, *input* B, atau kedua *input* terjadi, *output* Q juga terjadi.



Gambar 3. 14 Gerbang *OR*

Gerbang *AND* digunakan untuk mengatakan bahwa jika semua *input* terjadi, *output* akan muncul. Gerbang *AND* dapat menerima lebih dari satu masukan.



Gambar 3. 15 Gerbang AND

3.14 Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK)

Sistem manajemen keselamatan konstruksi merupakan sistem manajemen yang harus ditetapkan pada suatu proyek konstruksi, merupakan sistem perlindungan bagi pekerja dan jasa konstruksi untuk mengurangi dan menghindari kerugian moral dan material, hilangnya waktu kerja, atau risiko terhadap keselamatan diri dan lingkungan sekitar. Lingkungan kinerja yang lebih baik dapat didukung di masa depan efektif dan efisien.

Sesuai Keputusan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi, “Sistem manajemen keselamatan konstruksi atau SMKK adalah bagian dari sistem manajemen pelaksanaan operasional konstruksi untuk menjamin tercapainya keselamatan konstruksi”.

Keselamatan konstruksi mengacu pada semua kegiatan teknik yang mendukung proyek konstruksi untuk memenuhi standar keselamatan, kesehatan, dan keberlanjutan serta memastikan bahwa keselamatan struktural, keselamatan dan kesehatan pekerja, keselamatan publik, dan keselamatan lingkungan ditingkatkan. Peraturan tersebut menyatakan bahwa RKK merupakan satu kesatuan dan setiap RKK memuat unsur-unsur perencanaan keselamatan konstruksi, yaitu:

1. Identifikasi bahaya, penilaian risiko dan penentuan pengendalian.
2. Rencana tindakan teknik, manajemen dan tenaga kerja yang ditentukan dalam tujuan dan rencana.
3. Pemenuhan standar dan peraturan perundang-undangan keselamatan konstruksi.

3.15 Pengendalian risiko

Apabila terdapat risiko penyakit dan kecelakaan yang timbul akibat pekerjaan, maka risiko tersebut harus dikendalikan dalam batas yang dapat diterima sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku. Pengendalian risiko dapat mengikuti pendekatan hirarki, hirarki pengendalian risiko mengacu pada urutan pencegahan dan pengendalian risiko yang mungkin terjadi, dan terdiri dari beberapa tingkatan secara berurutan. (Hirarki pengendalian risiko Tarwaka, 2008), yaitu:

1. Eliminasi (*Elimination*)

Eliminasi mengacu pada penghilangan bahan atau langkah-langkah proses berbahaya. Penghapusan tersebut dapat dilakukan dengan memindahkan benda kerja atau sistem kerja yang berkaitan dengan tempat kerja yang keberadaannya tidak diperbolehkan menurut peraturan, ketentuan atau kriteria standar K3, atau yang kadarnya melebihi ambang batas yang diperbolehkan (NAB). Eliminasi adalah cara terbaik untuk mengendalikan risiko karena risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja dihilangkan.

2. Substitusi (*Substitution*)

Pengendalian ini merupakan suatu strategi yang bertujuan untuk mengubah alat atau cara kerja agar paparan selalu pada tingkat yang dapat diterima atau mengganti alat, bahan dan cara kerja dengan yang tidak terlalu berbahaya.

3. Rekayasa Teknik (*Engineering Control*)

Pekerjaan rekayasa meliputi perubahan struktur benda kerja agar personel tidak terkena potensi bahaya, seperti pemberian pengaman mesin, penutupan ban berjalan, struktur pondasi mesin dengan cor beton, pemberian alat bantu mekanis, penyediaan bahan penyerap suara pada mesin dinding ruang mesin, yang menimbulkan kebisingan yang tinggi.

4. Pengendalian Administrasi

Pengendalian administrasi dicapai dengan menyediakan sistem kerja yang mengurangi kemungkinan seseorang terkena potensi bahaya. Metode pengendalian ini sangat bergantung pada perilaku pekerja dan memerlukan pengawasan rutin untuk mematuhi pengendalian administrasi ini. Metode tersebut meliputi: perekrutan tenaga kerja baru berdasarkan jenis pekerjaan yang akan ditangani, penjadwalan jam kerja dan waktu istirahat, rotasi pekerjaan untuk mengurangi kejenuhan, penerapan prosedur kerja, penataan kembali jadwal kerja, pelatihan keterampilan, dan pelatihan K3..

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

Alat pelindung diri (APD) adalah pilihan terakhir yang kita miliki untuk mencegah cedera pada pekerja. Namun penggunaan alat pelindung diri tidak mengendalikan sumber bahaya tersebut. Alat pelindung diri tidak boleh menggantikan alat pengendalian risiko lainnya. Disarankan agar alat pelindung diri ini hanya digunakan bersama dengan peralatan kontrol lainnya. Dengan cara ini, keselamatan dan kesehatan personel akan terlindungi secara lebih efektif. Penggunaan APD tergantung pada pemilihan yang benar, penggunaan yang benar, serta dipelihara setiap saat kondisi berbahaya, serta dipelihara setiap saat.



Gambar 3. 16 Pendekatan Hirarki

(sumber: google 2023)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Pengertian Metode Penelitian.

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 (Arikunto, 2016). Subjek penelitian ini adalah tentang keselamatan kerja pada proyek *Overpass* Tol Pasuruan-Probolinggo menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

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 oleh peneliti dalam melaksanakan penelitian. Objek penelitian ini mengenai kecelakaan kerja pada proyek *Overpass* Tol Pasuruan-Probolinggo yang berlokasi di Jawa Timur.

4.4 Metode Pengambilan Data

Data merupakan segala fakta dan angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun informasi (Arikunto,2002). Pengumpulan data penelitian ini berasal dari sumber terbuka (*Open Source*) dan dilakukannya penngumpulan data sesuai pada batasan masalah yang ada dalam penlitian ini. Data yang dikumpulkan dibagi menjadi data primer dan data sekunder, penjelasanya sebagai berikut:

1. Data Primer

Menurut Suharsimi (2013), data primer adalah sumber data langsung yang meneruskan data dari pihak pertama kepada pihak pengambil data, biasanya melalui wawancara. Data primer adalah data yang diperoleh dari pihak pertama, biasanya melalui wawancara, penelusuran, dan cara lainnya. Dalam penelitian ini pihak PT Waskita diwawancarai dan berbicara atau berdiskusi dengan para ahli K3 selama proses penelitian berlangsung untuk mengetahui lebih jauh tentang K3.

2. Data Sekunder

Menurut Hasan (2002), “Data diperoleh atau dikumpulkan oleh seseorang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang ada. Data tersebut digunakan untuk menunjang informasi primer yang diperoleh yaitu diperoleh dari bahan pustaka, literatur, penelitian terdahulu, buku, dan informasi lain-lain”.

Dalam penelitian ini data sekunder terkait analisis pohon kesalahan diperoleh dari berbagai sumber seperti penelitian terdahulu, jurnal, *handbook*, rencana produksi keselamatan, *website*, dll untuk memberikan dukungan terhadap keselamatan konstruksi pada penelitian ini. Data ini bersifat tambahan dan nantinya akan dihubungkan dengan data primer.

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, mengkategorikan data, membaginya menjadi unit-unit, mensintesiskannya, 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. Adapun analisis data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Fault Tree Analysis*.

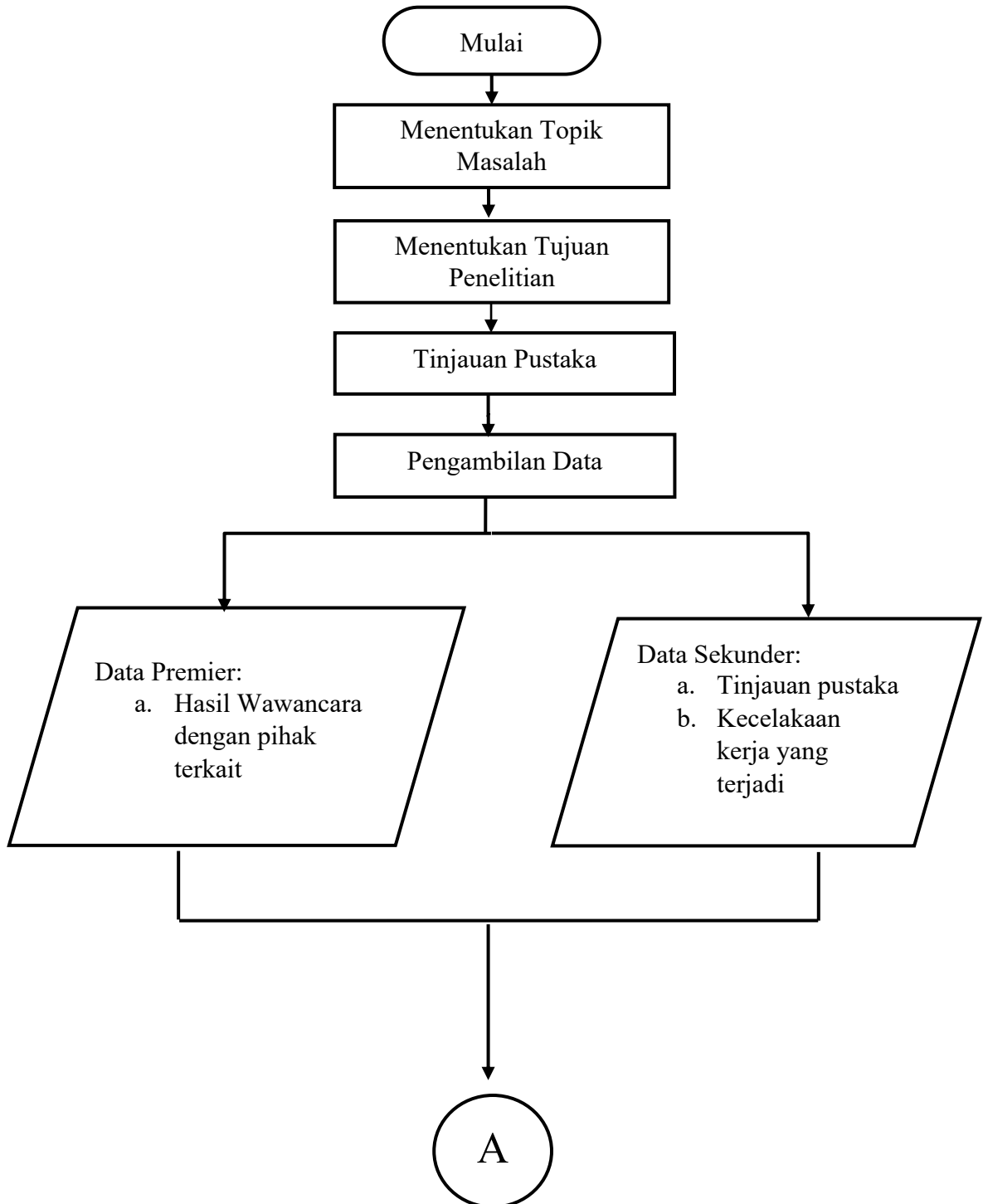
Analisis Kecelakaan Kerja dengan Metode *Fault Tree Analysis* Setelah mengetahui kecelakaan kerja yang terjadi maka akan dilakukan analisis menggunakan metode *fault tree analysis*. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan dalam menentukan akar penyebab dalam kecelakaan kerja khususnya pada pekerjaan *erection*.

Langkah Analisis Jika semua data telah terkumpul baik data sekunder maupun data primer, maka selanjutnya dilakukan analisis data. Adapun sistematis analisis data sebagai berikut.

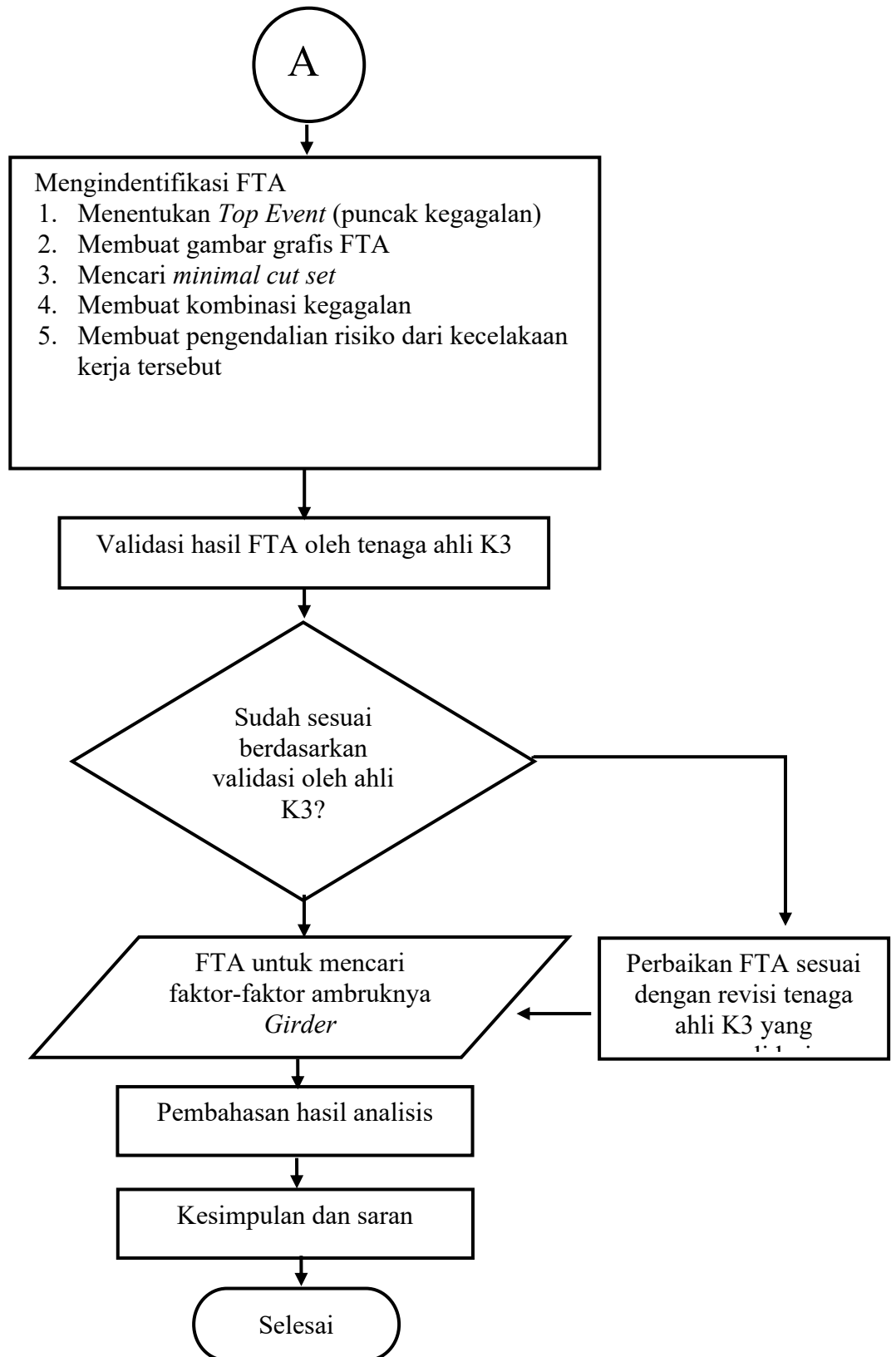
1. Mendeskripsikan kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerjaan *Erection*. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan *top event* yang akan di gunakan menjadi topik dalam model rancangan grafis *fault tree analysis*.
2. Membuat desain grafis analisis pohon kesalahan. Desain grafis analisis pohon kesalahan dapat dilakukan dengan mendeskripsikan peristiwa kesalahan yang terjadi dalam bentuk *top event*. Setelah itu, kejadian kegagalan dievaluasi *fault event* dan kemudian dilakukan dengan (*Logic gate*) gerbang logika untuk menghubungkan kemungkinan terjadinya antar kejadian kegagalan.
3. Gunakan aljabar *Boolean* untuk menganalisis dan menghitung minimal *cut set*. Aljabar *Boolean* digunakan untuk membuat pemahaman logis lebih mudah dan sederhana dan merangkum kombinasi kegagalan yang terjadi.
4. Menentukan pengendalian risiko yang sesuai dengan kombinasi kegagalan yang dibutuhkanya menurut hirarki pengendalian risiko.

4.6 Tahapan Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian, sejumlah kegiatan yang dikenal sebagai “tahapan penelitian” dilakukan secara terencana dan metodis. Di bawah ini adalah diagram yang menunjukkan bagaimana penelitian ini dilakukan.



Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Pendahuluan

Pada hari Sabtu tanggal 28 Oktober 2017 terhitung pukul 13.44 WIB telah selesai pekerjaan *erection* tiga buah *girder* sepanjang 50,8 m dengan berat diperkirakan kurang lebih 100 Ton yang berlokasi di Desa Cukurgondang, Kecamatan Grati, Pasuruan dan sudah dilakukan pemasangan *bracing* dengan menggunakan dua buah *crane* yang masing-masing *crane* mampu menampung 250 ton dan 150 ton. Informasi tersebut diberitakan oleh *website* Detik News pada hari minggu, 29 Oktober 2017. Akibat dari kejadian ini satu orang dikabarkan meninggal dunia dan dua orang mengalami patah tulang pada kaki dan luka pada punggung.

Untuk mengetahui penyebab dari kecelakaan proyek tersebut, dalam penelitian ini akan dianalisis menggunakan *fault tree analysis* yang dapat menganalisa kegagalan sistem, dapat mencari aspek - aspek dari sistem yang terlibat dalam kegagalan utama, dan menemukan penyebab terjadinya kecacatan produk pada proses produksi. Dengan menggunakan metode *fault tree analysis* akan diketahui *basic event* (penyebab dasar) dari kecelakaan konstruksi tersebut. Setelah diketahui *basic event*, menurut teori domino tindakan pencegahan dapat dilakukan dengan menghilangkan tindakan yang tidak aman yaitu penyebab dasar kecelakaan (*basic event*).

5.2 Regulasi

Sistem Manajemen Keselamatan Kerja (SMK3) yang ditetapkan dalam PP No. 50 Tahun 2012 merupakan bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan dan mencakup struktur organisasi, perencanaan dan tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumber daya yang diperlukan untuk mengembangkan, melaksanakan dan mencapai penilaian. dan mempertahankan kebijakan keselamatan kerja yang mengendalikan risiko terkait aktivitas kerja untuk

menciptakan tempat kerja yang aman, efisien, dan produktif. ISO 45001 2018 merupakan standar internasional yang menetapkan berbagai persyaratan untuk sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja atau SMK3. Standar ini dikembangkan bersama oleh beberapa lembaga sertifikasi dan badan standardisasi terkemuka di dunia. SMK3 merupakan alat yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan dan persyaratan yang ada dan berlaku terkait jaminan produksi yang aman..

5.3 Data Proyek

Proyek *Overpass* Tol Pasuruan-Probolinggo yang berada pada di desa Cukurgondang, Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan. Proyek Tol ini yang dibangun oleh kontraktor PT. Waskita Karya Tbk. Berikut ini merupakan data umum profil dari proyek pengembangan ini :

Nama proyek	: Jalan Tol Pasuruan-Probolinggo
Lokasi proyek	: Cukurgondang, Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan
Pemilik Proyek	: PT Waskita Karya
Panjang ruas tol	: 31,3 Km
Nilai kontrak	: 2.900.000.000.000
Kontraktor	: PT. Waskita Karya Tbk (WSKT)

5.4 Analisis

Berdasar Kamus Besar Bahasa Indonesia, analisis adalah penyelidikan terhadap suatu peristiwa (karangan, perbuatan, dan sebagainya) untuk mengetahui keadaan sebenarnya (sebab, duduk perkara, dan sebagainya). Menurut Komaruddin (2001: 53), analisis diartikan sebagai kegiatan berfikir untuk memecah suatu keseluruhan menjadi komponen, sehingga dapat diidentifikasi simbol-simbol komponen tersebut, hubungan antar komponen, dan peran masing-masing komponen dalam keseluruhan.. Pada penelitian ini, analisis dilakukan pada proyek jalan tol Pasuruan-Probolinggo.

5.5 Pengerjaan *Fault Tree Analysis*

1. Identifikasi *Top Level Event*

Tahap ini menentukan jenis kerusakan yang terjadi (kejadian tak terduga) hingga mengetahui kesalahan sistem. Pemahaman suatu sistem dicapai dengan mempelajari semua informasi tentang sistem dan ruang lingkungannya. Menentukan apa yang akan dianalisis atau *top event* yang akan dianalisis. Penelitian ini mengidentifikasi permasalahan atau kejadian besar kecelakaan kerja.

2. Menentukan Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan

Dari *top event* yang teridentifikasi sebelumnya, tentukan faktor-faktor yang menyebabkan cedera akibat kerja. Faktor penyebab inilah yang nantinya menjadi *intermediate event* yang merupakan gambaran umum dari *top event* itu sendiri, dari *intermediate event* dan kembali mempertegas atau mempersempit hingga ditemukan *basic event* yang sesuai dengan kondisi lapangan atau dikonsultasikan dengan literatur yang ada.

Tujuan dari penentuan penyebab kecelakaan adalah untuk memudahkan penyusunan struktur grafis FTA (*Fault Tree Analysis*) dan dapat memahami urutan terjadinya kecelakaan kerja. Pendekatan dengan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab ini memungkinkan untuk dianalisis dari berbagai topik dan interaksi, sehingga diagram yang dihasilkan memiliki rincian yang sederhana namun menjadi sangat kompleks karena kombinasi peristiwa yang terjadi.

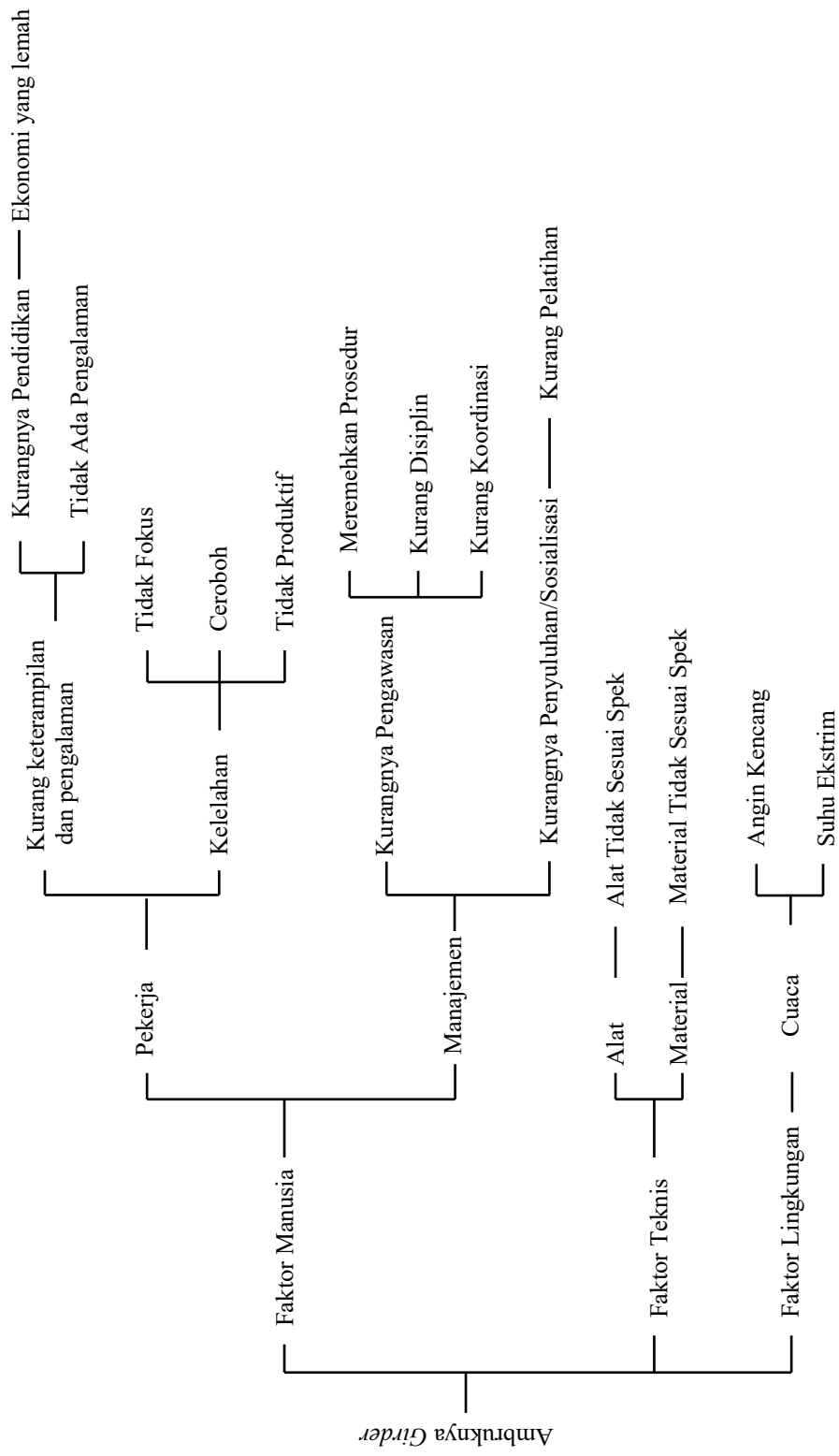
Pada kecelakaan kerja ini, dapat dibagi menjadi 3 faktor secara umum yaitu faktor manusia, faktor teknis, faktor lingkungan, ketiga faktor tersebut sangatlah penting dalam pelaksanaan proyek. Tiga faktor ini masih dalam *intermediate event* bisa disederhanakan lagi menjadi *basic event* (penyebab paling dasar) yang sudah tidak bisa dipecahkan lagi.

Tabel 5. 1 Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja

<i>Intermediate event</i>	Penyebab Kecelakaan
Faktor Manusia	Pekerja: <ul style="list-style-type: none"> ○ Kurang keterampilan dan pengetahuan ○ Kelelahan fisik Manajemen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Kurangnya pengawasan ○ Kurangnya penyuluhan/sosialisasi
Faktor Teknis	Alat: <ul style="list-style-type: none"> ○ Alat tidak sesuai spektek Material: <ul style="list-style-type: none"> ○ Material tidak sesuai spektek
Faktor Lingkungan	Cuaca : <ul style="list-style-type: none"> ○ Angin kencang ○ Suhu ekstrim

Data di atas berasal dari wawancara peneliti dengan narasumber dan hasil studi literasi, pada kecelakaan kerja ini peneliti mendapatkan beberapa faktor krusial yang memiliki efek terbesar dalam kejadian kecalakaan kerja seperti faktor manusia dan faktor teknis.

Adapun berikut ini merupakan rencana grafis permodelan Ambruknya *Girder*.

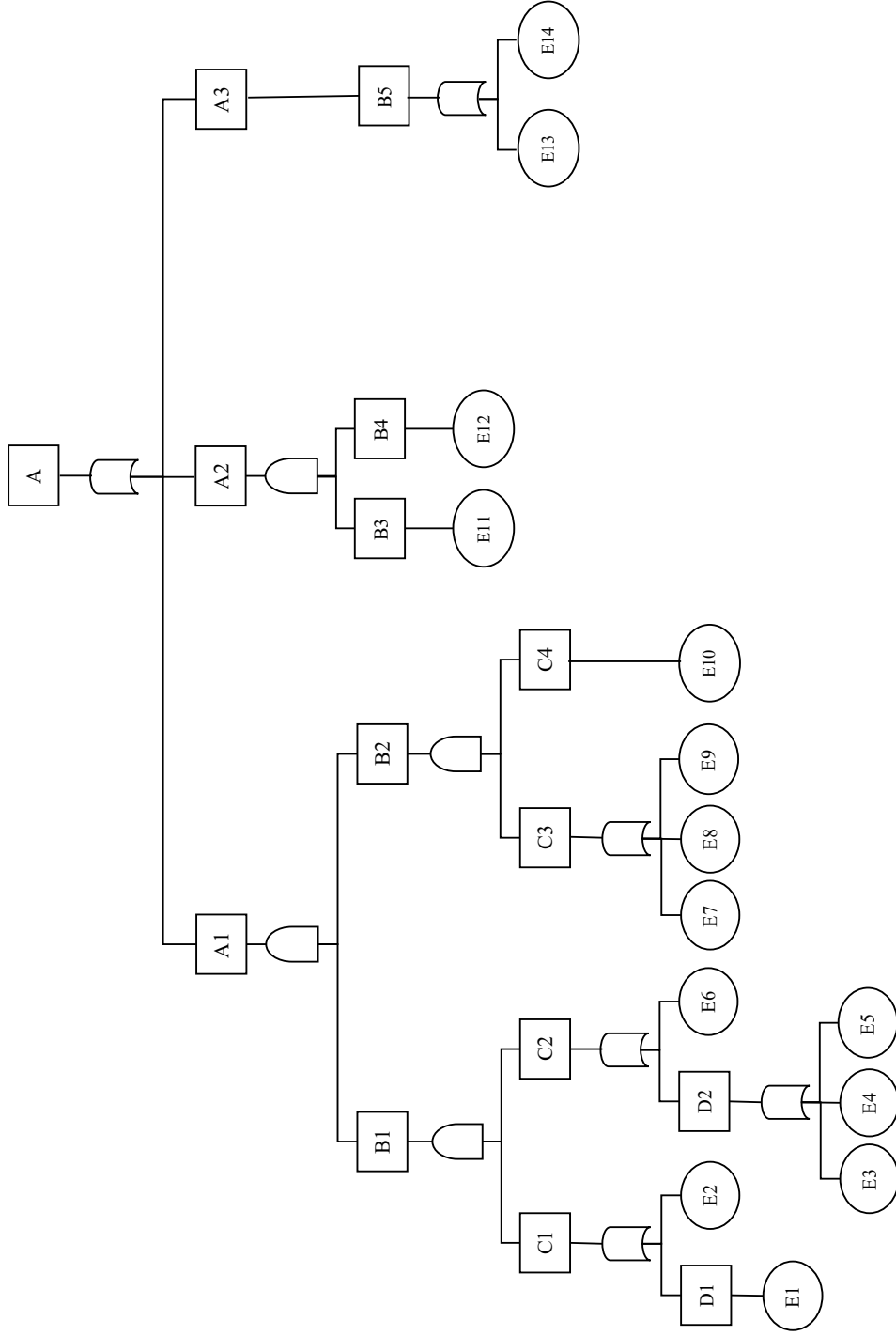


Gambar 5. 1 Rencana Grafis Permodelan Ambruknya Girder

3. Gambar *Fault Tree Analysis*

Membuat penggambaran pohon kesalahan berdasarkan *top event*, *intermediate event*, dan berdasarkan *basic event* yang sudah ditentukan, penggambaran ini memakai gerbang logika (*logic gate*) yang sudah dijelaskan pada Bab 3 sebagai penghubung antar kejadian dan memudahkan memberi notasi huruf atau angka untuk tahap selanjutnya yaitu menganalisis menggunakan MOCUS (*Method for obtaining cut set*) untuk mencari penyebab yang belum diketahui dalam kecelakaan kerja yang terjadi, penggambaran pada awalnya memasukkan ke gambar yaitu *top event* selanjutnya *intermediate event* dan *basic event*.

Pada *basic event* atau akar masalah yang berada paling bawah grafik dan memiliki bentuk lingkaran, untuk melambangkan *intermediate event* dan *top event* dilambangkan menggunakan persegi panjang, *intermediate event* adalah perpindahan kejadian antara *top event* dengan *basic event* dan *top event* itu sendiri adalah kejadian puncak yaitu ambruknya *girder*.



Gambar 5. 2 Grafik FTA (Fault Tree Analysis) Ambruknya Girder

Tabel 5. 2 Notasi Huruf dan Angka

NO	NOTASI	DESKRIPSI
1	A	Ambruknya <i>Girder</i>
2	A1	Faktor Manusia
3	A2	Faktor Teknis
4	A3	Faktor Lingkungan
5	B1	Pekerja
6	B2	Manajemen
7	B3	Alat
8	B4	Material
9	B5	Cuaca
10	C1	Kurangnya Keterampilan dan pengetahuan
11	C2	Kelelahan
12	C3	Kurangnya Pengawasan
13	C4	Kurangnya Penyuluhan/Sosialisasi
14	D1	Kurangnya Pendidikan
15	D2	Kurang Istirahat
16	E1	Ekonomi yang lemah
17	E2	Tidak Ada Pengalaman
18	E3	Keterbatasan Waktu Pengerjaan
19	E4	Tidak Fokus
20	E5	Ceroboh
21	E6	Tidak Produktif
22	E7	Meremehkan Prosedur
23	E8	Kurang Disiplin
24	E9	Kurang Koordinasi
25	E10	Kurang Pelatihan
26	E11	Alat Tidak Sesuai Spektek
27	E12	Material Tidal Sesuai Spektek
28	E13	Angin Kencang
29	E14	Suhu Ekstrim

4. Kombinasi *Basic Event*

Tahapan selanjutnya dari pengerjaan FTA ini adalah menentukan *cut set*, *cut set* sendiri merupakan kombinasi yang menciptakan *fault tree analysis*, apabila dari semua *cut set* itu terjadi maka akan menimbulkan atau menciptakan *top event*. Langkah selanjutnya adalah menentukan minimal *cut set* untuk mencari *set* yang minimal yang sudah habis diminimalkan. *cut set* dan minimal *cut set* diperoleh menggunakan *Method for Obtaining Cut Sets* dengan mengaplikasikan Hukum Aljabar *Boolean*. Pertama kali dilakukan adalah *basic event* yang akan mengarah ke *top event* dianalisis dengan mencari *cut set* yang bisa didapatkan dengan hukum aljabar *Boolean* distributif untuk notasi dari aljabar *Boolean* itu sendiri adalah untuk gate OR dilambangkan dengan (+) dan untuk gate AND dilambangkan dengan (.) atau perkalian.

Tabel 5. 3 *Cut Set Aljabar Boolean*

A	= A1.A2.A3
A1	= B1.B2
A2	= B3.B4
A3	= B5
B1	= C1.C2
B2	= C3.C4
B3	= E11
B4	= E12
B5	= E13+E14
C1	= D1+E2
C2	= D2+E6
C3	= E7+E8+E9
C4	= E10
D1	= E1
D2	= E3+E4+E5

Langkah selanjutnya adalah mencari kombinasi *event* yang menghasilkan hasil akhir yang tidak dapat disederhanakan atau diminimalkan, yang dapat diperoleh dari hasil akhir kombinasi ini adalah kejadian utama penyebab kejadian puncak atau *top event*. Berikut kombinasi *event* yang dihasilkan seperti yang dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 A &= A1.A2.A3 \\
 &= (B1.B2).(B3.B4).(B5) \\
 &= ((C1.C2).(C3.C4)).((E11)+(E12)).((E13+E14)) \\
 &= ((D1+E2).(D2+E6)).((E7+E8+E9).(E10)).((E11)+(E12)).((E13+E14)) \\
 &= (((E1)+(E2)).((E3+E4+E5)+(E6)).((E7+E8+E9)+(E10)).((E11)+(E12)). \\
 &\quad ((E13+E14))) \\
 &= (E1+E2).(E3+E4+E5+E6).(E7+E8+E9+E10).(E11+E12).(E13+E14)
 \end{aligned}$$

Dari hasil yang kombinasi *event* yang diatas yang memakai penerapan hukum aljabar Boolean distributif dihasilkan 5 minimal *cut set*. Sebelumnya pada grafik *fault tree analysis* dihasilkan 14 *basic event* atau akar kejadian. Selanjutnya menggunakan *Mocus for Obtaining Cut Sets* dan menerapkan aljabar *Boolean* diperoleh 8 kombinasi kegagalan.

5. Validasi data FTA

Validasi data FTA ini bermaksud untuk memeriksa ulang dengan memvalidasi FTA yang sudah dibuat dan menyesuaikan grafik *fault tree* dengan peristiwa yang terjadi. Dari hasil kombinasi kegagalan bisa dideskripsikan kegagalan tersebut dan memeberikan pengendalian risiko berlandaskan 5 kombinasi kegagalan. Hal tersebut dijelaskan dalam tabel berikut

Tabel 5. 4 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko

No	Kombinasi Event	Deskripsi/Penjelasan	Pengendalian Risiko
1	E1, E2	Pekerjaan <i>Erection</i> berpotensi terjadi ambruknya <i>Girder</i> . Hal ini dikarenakan oleh faktor pekerja yang kurang memiliki keterampilan dan pengetahuan disebabkan oleh kurang dalam pendidikan, ekonomi yang lemah sehingga tidak dapat melanjutkan Pendidikan dan tidak ada pengalaman mengenai dunia konstruksi.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mengadakan <i>Training, workshop</i> atau pelatihan tentang pekerjaan <i>Erection Girder</i>. ○ Penempatan posisi pekerja harus sesuai dengan keahlian dan pengalaman yang dimiliki oleh masing-masing pekerja.
2	E3, E4, E5, E6	Pekerjaan <i>Erection</i> berpotensi terjadi ambruknya <i>Girder</i> . Hal ini dapat disebabkan oleh faktor pekerja kelelahan dikarenakan kurang istirahat dan keterbatasan waktu pengerjaan membuat pekerja tidak fokus, ceroboh, dan juga tidak produktif.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Diberikan shift kerja ○ Diadakan evaluasi <i>schedule</i> ○ Mengatur jam kerja dengan baik untuk mencegah para pekerja dari ketidakfokusan ○ Membuat sesi <i>breafing</i> sebelum bekerja untuk para pekerja agar tidak ceroboh dalam bekerja. ○ Mengadakan <i>safety talk</i> yang rutin, berdiskusi tentang pekerjaan sehingga dapat dipraktekkan dan diterapkan dilapangan.

Lanjutan Tabel 5.4 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko

No	Kombinasi <i>Event</i>	Deskripsi/Penjelasan	Pengendalian Risiko
3	E7, E8, E9, E10	<p>Pekerjaan <i>Erection</i> berpotensi terjadi ambruknya <i>Girder</i>. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor manajemen yang kurang melakukan pengawasan dan kurangnya penyuluhan, sehingga membuat pekerja meremehkan prosedur, kurang disiplin, kurang berkoordinasi, dan juga kurang pelatihan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Memberi peringatan kepada Pekerja dan Pegawai yang tidak membaca dan mematuhi prosedur dalam bekerja. ○ Diadakannya <i>safety talk</i>, <i>safety meeting</i>, <i>Safety morning</i> dan hal lainnya secara rutin agar muncul rasa kedisiplinan dan juga kesadaran pada pekerja ○ Mengadakan sesi koordinasi ataupun membuat laporan terhadap pekerjaan dari kontraktor ke pengawas. ○ Dibuatkan jadwal pelatihan khusus pada pekerja dengan <i>trainer</i> dari Manajer di Proyek

Lanjutan Tabel 5.4 Hasil Analisis Kombinasi Kegagalan dan Pengendalian Risiko

No	Kombinasi Event	Deskripsi/Penjelasan	Pengendalian Risiko
4	E11, E12	Pekerjaan <i>Erection</i> berpotensi terjadi ambruknya <i>Girder</i> . Hal ini dapat disebabkan oleh faktor teknis yaitu alat dan material yang tidak sesuai dengan spektek.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mengganti alat tersebut yang sesuai dan tertulis didalam kontrak kerja agar tidak terjadi kecelakaan kerja kedepannya. ○ Mengganti material tersebut dengan material yang sesuai kontrak agar tidak terjadi kecelakaan kerja karena material tidak sesuai.
5	E13, E14	Pekerjaan <i>Erection</i> berpotensi terjadi ambruknya <i>Girder</i> . Hal ini dapat disebabkan oleh faktor lingkungan yaitu angin dan suhu ekstrim.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Memberi peringatan kepada Pekerja dan Pegawai agar berhati hati dalam bekerja karena cuaca disekitar sedang tidak mendukung seperti angin ○ Mengatur jam kerja yang benar. disiplin harus selalu diperhatikan untuk mencegah kelelahan pekerja karena suhu yang panas

Berdasarkan tabel yang di atas tersebut menghasilkan 5 hasil kombinasi kegagalan dan pengendalian risikonya dengan masing-masing kegagalan yang terjadi. Adapun pengendalian risiko pada tabel di atas dapat dikelompokkan berdasarkan tingkatan pendekatan hirarki dan teori domino yang sebelumnya sudah dibahas pada Bab 3.

5.6 Validasi Pakar K3

Berdasarkan dari hasil data *fault tree analysis* di atas dalam penelitian ini berdiskusi dengan ahli pakar K3 utama. Hasil akhir dari penelitian ini telah divalidasi atau disetujui oleh ahli akar K3 yang lebih memahami tentang K3, tujuan validasi ini adalah untuk memastikan data dan hasil akhir penelitian ini telah sesuai dan benar dengan pengawasan dari ahli K3. Adapun data bukti pendukung oleh ahli pakar K3 telah terlampir pada halaman lampiran.

5.7 Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada Proyek pembangunan *Fly over* Tol Pasuruan-Probolinggo yang berlangsung pada tahun 2017. Penelitian ini berkonsentrasi pada pekerjaan *Erection Girder* selama pembangunan berlangsung. Berdasarkan dari hasil wawancara dengan salah satu narasumber didapatkan faktor kecerobohan pekerja dan pekerja melakukan pekerjaan tidak didampingi pelaksana atau *main contractor* dan perlu adanya sop yang pasti sehingga tahapan pekerjaan ada *checklist* setiap langkahnya.

Dari hasil wawancara yang didapatkan, maka dapat ditentukan bahwa kecelakaan kerja yang terjadi merupakan *top event* dari *Fault Tree Analysis*. *Top event* merupakan kejadian puncak yang telah ditentukan berdasarkan kejadian yang terjadi. Dalam penelitian ini *Top Event* yang digunakan adalah ambruknya *Girder*. Kemudian *basic event* yang merupakan kejadian/peristiwa dasar dari kemungkinan terjadinya *top event* atau dapat diartikan sebagai akar permasalahan penyebab terjadinya peristiwa ambruknya *Girder*. *Basic event* yang didapatkan pada penelitian ini bersumber dari informasi yang telah diberikan oleh narasumber dan juga internet.

Kemudian peristiwa puncak atau *top event* yaitu ambruknya *girder* pada proyek dapat dikeluarkan dari analisis pohon kesalahan. Jika kejadian puncak sudah teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah mencari akar penyebab atau kejadian yang mendasari kejadian tersebut pada saat *erection* berlangsung.

Jika *basic event* ditemukan maka digambarkan FTA dan pada saat pembuatan FTA diberikan simbol untuk memudahkan mencari hasil akhir dari *minimal cut set* dan menentukan gerbang logika menggunakan aljabar Boolean.

Di antara kombinasi kejadian yang diperoleh, muncul 3 faktor kegagalan, dan diperoleh akar penyebab kegagalan serta pengendalian risiko dari masing-masing faktor berdasarkan tingkat hirarki pengendalian risiko. (pada Bab 3) antara lain sebagai berikut:

1. Faktor Manusia

A. Pekerja

- a. Kurang memiliki keterampilan dan pengetahuan dikarenakan kurangnya pendidikan, atau tidak bersekolah dikarenakan factor ekonomi yang lemah sehingga tidak dapat melanjutkan sekolah dan tidak memiliki pengalaman. Dari masalah ini masuk kedalam teori domino yang *first domino: Acentry and sosial enviroment*, maka menghasilkan pengendalian risikonya sebagai berikut.

- 1) Mengadakan *Training, workshop* atau pelatihan tentang pekerjaan *Erection Girder*.

- 2) Penempatan posisi pekerja harus sesuai dengan keahlian dan pengalaman yang dimiliki oleh masing-masing pekerja.

Pengendalian risiko 1 dan 2 merupakan hirarki pengendalian administrasi dikarenakan usaha yang dilakukan berupaya pada pengendalian dari sisi pekerja.

- b. Kelelahan dikarenakan keterbatasan waktu pengerjaan, kurang istirahat sehingga membuat pekerja tidak focus, ceroboh dalam bekerja, dan tidak produktif merupakan *Third domino: Unsafe act and unsafe conditions*. Pengendalian risiko sebagai berikut.

- 1) Diberikan shift kerja
 - 2) Diadakan evaluasi *schedule*
 - 3) Mengantur jam kerja dengan baik untuk mencegah para pekerja dari ketidakfokusan
 - 4) Membuat sesi breafing sebelum bekerja untuk para pekerja agar tidak ceroboh dalam bekerja.
 - 5) Mengadakan safety talk yang rutin, membahas masalah pekerjaan yang dapat didiskusikan untuk kemudian dipraktekkan dilapangan.
- Pengendalian risiko dari 5 poin di atas merupakan hirarki pengendalian administrasi dikarenakan pengendalian dilakukan pada sisi pekerja.

B. Manajemen

- a. Kurang pengawasan dikarenakan dari pihak manajemen meremehkan prosedur, kurang disiplin dan koordinasi merupakan Third domino: *Unsafe act and unsafe conditions*. Pengendalian risiko sebagai berikut.

- 1) Memberi peringatan kepada pekerja dan pegawai yang tidak membaca dan mematuhi prosedur dalam bekerja.
- 2) Diadakannya *safety talk, safety meeting, Safety morning* dan hal lainnya secara rutin agar muncul rasa kedisiplinan dan juga kesadaran pada pekerja
- 3) Mengadakan sesi koordinasi ataupun membuat laporan terhadap pekerjaan dari kontraktor ke pengawas.
- 4) Dibuatkan jadwal pelatihan khusus pada pekerja dengan trainer dari manajer di proyek.

Pengendalian risiko dari 5 poin di atas merupakan hirarki pengendalian administrasi dikarenakan pengendalian dilakukan pada sisi pekerja dengan menerapkan peraturan/kebijakan yang diperuntukkan melakukan pekerjaan secara aman. Pengendalian ini menyediakan sistem kerja yang dapat meminimalisir terpaparnya oleh pontesi bahaya.

2. Faktor Teknis

A. Alat

- a. Alat yang digunakan tidak sesuai spektrum termasuk dalam *third domino Unsafe act and unsafe condition* Pengendalian risiko sebagai berikut.

1) Mengganti alat yang sesuai spektrum untuk lebih baik dan sesuai dengan kontrak agar tidak terjadi kecelakaan kerja kedepannya.

Pengendalian risiko 1 merupakan hirarki pengendalian substitusi dikarenakan mengganti alat yang sesuai spektrum agar tidak menyebabkan terjadi kecelakaan kerja.

B. Material

- a. Material yang digunakan tidak sesuai spektrum termasuk dalam *third domino Unsafe act and unsafe condition* Pengendalian risiko sebagai berikut.

1) Mengganti material yang tidak layak atau tidak masuk dalam kontrak kerja dengan memakai material yang sesuai lebih baik dan sesuai dengan analisis agar tidak terjadi kecelakaan kerja kedepannya.

Pengendalian risiko 1 merupakan hirarki pengendalian substitusi dikarenakan mengganti material yang sesuai spektrum agar tidak menyebabkan terjadi kecelakaan kerja.

3. Faktor Lingkungan

A. Angin

- a. Angin, Berdasarkan teori Kebetulan Murni "*Pure Chance Theory*" menyebutkan bahwa suatu penyebab terjadi karena kehendak Tuhan, sehingga tidak ada sistem yang jelas dalam rangkaian peristiwa tersebut. Pengendalian risiko sebagai berikut.

1) Memberi peringatan kepada Pekerja agar berhati-hati dalam bekerja karena cuaca disekitar sedang tidak mendukung seperti angin

Pengendalian risiko 1 merupakan pengendalian administratif dikarenakan dikarenakan pengendalian ini dilakukan agar pekerja merasa aman.

B. Suhu ekstrim

- a. Suhu yang panas, Berdasarkan teori Kebetulan Murni "*Pure Chance Theory*" menyebutkan bahwa suatu penyebab terjadi karena kehendak Tuhan, namun dengan suhu ekstrim bisa membuat pekerja kelelahan dan tidak fokus. Kelelahan dan tidak fokus termasuk ke *Second domino (fault a person)*. Berdasarkan Teori Kecenderungan Kecelakaan. Pengendalian risiko sebagai berikut.

- 1) Mengatur jam kerja dengan baik dan harus selalu disiplin pada waktu untuk mencegah para pekerja kelelahan karena suhu yang panas.

Pengendalian risiko 1 merupakan pengendalian administratif dikarenakan pengendalian ini dilakukan agar pekerja merasa aman.

Berdasarkan pada hasil kegagalan yang ditemukan peneliti, dapat dilakukan pengendalian resiko berdasarkan kegagalan yang terjadi. Pengendalian risiko yang didapatkan berdasarkan hasil diskusi peneliti bersama ahli pakar K3. Setelah memetakan/mengelompokkan pengendalian risiko berdasarkan tingkatan ataupun hirarki pengendalian risikonya kita dapat mengetahui urutan pengendalian yang harus dilakukan berdasarkan keefektifannya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan antara lain sebagai berikut. Hasil analisis penyebab kecelakaan kerja pada pekerjaan *Erection Girder* dengan menggunakan metode *fault tree analysis* pada proyek Tol Pasuruan-Probolinggo didapatkan masalah utama yang merupakan penyebab terjadinya kecelakaan ambruknya *Girder* yaitu disebabkan oleh Faktor Manusia dengan penjelasan berikut ini:

- a. Kurang memiliki keterampilan dan pengetahuan dikarenakan kurangnya Pendidikan sehingga tidak bersekolah dikarenakan factor ekonomi yang lemah sehingga tidak dapat melanjutkan Pendidikan.
- b. Kurangnya pengawasan dikarenakan kurangnya kedisiplinan, meremehkan prosedur, dan kurangnya koordinasi antar pekerja.
- c. Kurangnya penyuluhan/sosialisasi dikarenakan tidak adanya dilakukan pelatihan.

5.2 Saran

1. Dalam pengerjaan proyek kosntruksi, sebaiknya dan sangatlah penting terdapat divisi K3 dan melakukan pengawasan secara lansung agar mengurangi angka terjadinya kecelakaan kerja.
2. Dalam pengumpulan data sebaiknya harus kelapangan menggunakan data yang terjadi untuk menghasilkan analisis yang lebih akurat.
3. Untuk penelitian selanjutnya apabila topiknya sejenis sebaiknya menggunakan data yang lebih akurat dan detail dalam mengidentifikasi kecelakaan kerjanya sehingga lebih banyak didapatkan hasil pengamatan dan analisis yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriati, T. I. (2019). Analisis Potensi Bahaya Pada PT Adhi Karya (Persero) TBK Dalam Proses Pembangunan Jalan Tol Seksi 1A Tanjung Morawa – Tanjung Baru Menggunakan Metode *Job Safety Analysis* (JSA).
- Anggraeni. 2021. Analisis Risiko Yang Mempengaruhi Kinerja Proyek Terhadap Biaya Dan Waktu Pada Pekerjaan Basement Apartement Klaska Residence Menggunakan *Metode Fault Tree Analysis*. Tugas Akhir. Universitas Jember.
- Antara. (2017). Kronologi Tol Pasuruan-Probolinggo Ambruk Tewaskan Pekerja. CNN Indonesia.
- Arifin, M. (2017). *Girder* Flyover Proyek Tol Di Pasuruan Ambruk, 1 Pekerja Tewas. Pasuruan: Detiknews.
- Arikunto, S. 2016. Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik. Rineka Cipta. Jakarta
- Arikunto. 2002. Metodologi Penelitian Suatu Pendekatan Proposal. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Bird and Germain. 1992. *Practical Loss Control Leadership, United States of America: International Loss Control Institute*.
- Darmawi, Herman. 2008. Manajemen Risiko. Jakarta: Bumi Aksara.
- Departemen PU. 2007. Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi, BPAK PU; Jakarta.
- Ervianto, W. 2005. Manajemen Proyek Konstruksi. Penerbit : Andi. Yogyakarta.
- Ferdiana, T., & Priadythama, I. (T.Thn.). Analisis *Defect* Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (Fta) Berdasarkan Data *Ground Finding Sheet* (Gfs) Pt. Gmf Aeroasia.
- Gandaria, R. V. (2016). Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Girder* Pada Pembangunan Jembatan Babo. Tugas Akhir.
- Hasan, M. I. 2002. Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya.

- Heinrich, H. W. (1980). *Industrial Accident Prevention*. Mc. Graw Hill Book Company. New York.
- Ihsan, A., & Nurcahyo, C. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh Struktur *Elevated* Menggunakan Metode FMEA.
- Jibi. (2017). Konstruksi *Flyover* Tol Pasuruan-Probolinggo Ambruk Diduga Karena Tali Balok Lepas. Pasuruan: Solopos.
- Karramal, M. F. (2016). Perencanaan *Box Girder* Prategang Struktur Atas *Fly Over* Simpang Air Hitam Samarinda.
- Kartika, W., Harsono, A., & Permata, G. (2015). Usulan Perbaikan Produk Cacat Menggunakan Metode *Fault Mode and Effect Analysis* Dan *Fault Tree Analysis* Pada Pt. Sygma Examedia Arkanleema. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional.
- Kurniawan, R. (2007). Analisis Program Keselamatan Kerja Pada Proyek Konstruksi. Tugas Akhir.
- Larson, C.E. 2006. Komunikasi Kelompok. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Nurhayati, 2010. Manajemen Proyek. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10 Tahun 2021 Tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi. Okezone.
- Perdana, R. (2017). Evaluasi Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Berdasarkan *Fault Tree Analysis* (Fta), *Failure Modes & Effect Analysis* (Fmea) Dan *Preliminary Hazard Analysis* (Pha) Di Jurusan Tiplt Smk Negeri 1 Magelang. Tugas Akhir Skripsi.
- Prabowo, D. A. (2021). Analisis Pencegahan Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Finishing Pasangan Dinding Berdasarkan Metode *Job Safety Analysis* (Jsa). Tugas Akhir.
- Prabowo, V., Sandora, R., & Natsir, H. (2017). Analisis Identifikasi Bahaya Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Dengan Metode HIRARC.

- Pradipta, H., Unas, S., & Hasyim, M. (2015). Studi Kasus Pada Proyek Jalan *Hotmix* Dinas Pekerjaan Umum abupaten Sumbawa Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA).
- Ramli, S. 2010. *Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Prespektif K3 OHS Risk Mangement*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Suharsimi. 2013. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tarwaka, 2008. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Surakarta : HARAPAN PRESS.
- Umar dan Naibaho, 2022. *Analisa Perbandingan Pelaksanaan *Erection Girder Underpass* pada Jalan Nasional dengan Metode *Crane* dan Metode *Launcher**.
- Wijanarko, E. 2017. *Analisis Risiko Keselamatan Pengunjung Terminal Purabaya Menggunakan Metode Hirarc (*Hazard Identification Risk Asessment And Risk Control*)*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Yudhagama. 2020. *Analisi Keterlambatan Proyek Pada Pembangunan Gedung Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keterangan Validasi

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini, selaku validator dari hasil analisis dan pembahasan yang menerangkan bahwa:

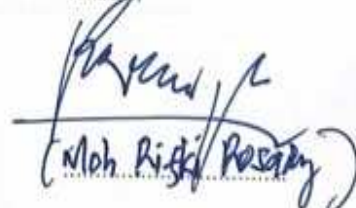
Nama : Teuku Raqil Maulana Taufiq
NIM : 18511048
Program Studi : Teknik Sipil (FTSP, UII)
Judul Tugas Akhir : Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan *Box Girder* dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (Studi Kasus : Proyek Konstruksi *Flyover* Tol Pasuruan-Probolinggo)

Setelah memeriksa dan mencermati hasil analisis dan pembahasan tersebut dinyatakan telah memenuhi validasi dan layak digunakan untuk penelitian.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 24/03/2023

Validator,


(Moh Rizki Rosyidi)

Lampiran 2 Surat Bukti Wawancara

SURAT BUKTI WAWANCARA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ir. Anang Noer Tachlish, MT.

Jabatan : *Project Manager*

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

Nama : Teuku Raqil Maulana Taufiq

NIM : 18511048

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

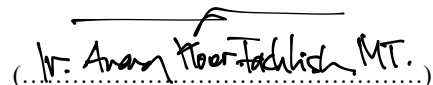
Universitas : Universitas Islam Indonesia

Telah melakukan wawancara untuk pengambilan data penelitian Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan *Erection Girder* Dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (Studi Kasus: Proyek Konstruksi *Overpass* Tol Pasuruan-Probolinggo) pada Tanggal 28 Oktober 2017.

Demikian surat bukti wawancara ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta 29 Agustus 2023

Tertanda


(.....*Ir. Anang Noer Tachlish, MT.*.....)

Lampiran 3 Surat Keterangan Validasi

Transkrip Wawancara

Pewawancara: Teuku Raqil Maulana Taufiq

Narasumber: *Project Manager*

Lokasi: Hotel Neo Yogyakarta

Waktu: Selasa, 29 Agustus 2023

Peneliti : Bagaimana gambaran umum pada proyek ini?

Narasumber : Lokasi tersebut adalah pada lokasi *OverPass* atau jalan desa yang menghubungkan antar desa dan melintas jalan tol. Secara umum proyek berjalan lancar dan alhamdulillah saat ini sudah operasional.

Peneliti : Kronologisnya bagaimana ?

Narasumber : Kronologisnya pada saat 3 *girder* yang sudah di pasang tapi belum di *bracing*, saat *girder* keempat dipasang ada *bearing pad* tidak pas menapak selebar tapak girder sehingga ada kondisi kurang presisi kemudian girder didongkrak dan dilakukan penggeseran sedikit agar presisi, seharusnya ketika girder sudah di letakkan di bearing pad girder tidak bisa di geser lagi. Lalu, pada saat didongkrak girder tersebut goyang dan berguling kesamping menyentuh girder yang lain sehingga terjadi efek domino.

Peneliti : Kenapa bisa terjadi seperti itu?

Narasumber : Pada waktu itu hanya mandor *erection* biasa, tanpa ada pengawasan dia hanya menggunakan akal dan pengalaman saja tapi otaknya tidak berjalan dengan baik, melakukan pekerjaan erection tanpa ada pelaksana. Jika ada pelaksana, owner dan konsultan pasti mereka melarang melakukan *erection*.

Peneliti : Faktor apa saja yang mempengaruhi?

Narasumber : Faktor kecerobohan pekerja dan pekerja melakukan pekerjaan tidak didampingi pelaksana atau main kontraktor dan perlu ada nya sop yang pasti sehingga tahapan pekerjaan ada checklist setiap langkah.

Pada saat kejadian tersebut dilakukan pada hari libur sabtu, minggu yang mana pada hari tersebut beberapa pegawai seperti pengawas, konsultan, dan lainnya tidak ada dilokasi. Maka dari setelah kejadian itu tidak ada lagi pekerjaan *erection* pada hari libur sabtu/minggu, karna sudah pasti tidak ada orang dilapangan, boleh dilakukannya pekerjaan kalau personilnya lengkap, alat lengkap maka boleh dilakukannya pekerjaan tersebut.

Peneliti : Posisi bapak pada proyek tersebut sebagai apa?

Narasumber : Saya PM jalan tol Ngawi Kertosono paket lainnya selain paket paspro dalam waktu bersamaan, bukan PM pada proyek tersebut.

Lampiran 4 *Open Source*

1-12.pdf x Kesehatan Dan Keselamatan x Girder Flyover Proyek Tol Pas... x Kronologi Tol Pasuruan-Prob... x

← → X [cnnindonesia.com/nasional/20171030123720-20-252134/kronologi-tol-pasuruan-probolinggo-ambruk-tewaskan-pekerja](https://www.cnnindonesia.com/nasional/20171030123720-20-252134/kronologi-tol-pasuruan-probolinggo-ambruk-tewaskan-pekerja)

Registrasi PK TA T... BAB 5.pdf ANALISA PENERA... Microsoft Word - ... 13660028_BAB 4... Ini penyebab kons...

CNN Indonesia Home Nasional Internasional Ekonomi Olahraga Teknologi Otomotif Hiburan Gaya Hidup **CNN TV** RAGAM Q

Pemilu 2024 Syahrul Yasin Limpo Pilpres 2024 Asian Games 2023 Karhutla


Home > Nasional > Peristiwa

Kronologi Tol Pasuruan-Probolinggo Ambruk Tewaskan Pekerja

Antara | **CNN Indonesia**

Senin, 30 Okt 2017 13:04 WIB

Bagikan: [f](#) [t](#)



Lokasi ambruknya girder flyover proyek tol Pasuruan-Probolinggo yang menewaskan satu orang pekerja. (Dok. Humas Polda Jawa Timur)

Jakarta, CNN Indonesia – Girder atau balok beton penyangg tiang yang menopang proyek Tol Pasuruan-Probolinggo ambruk saat proses pembangunan. Seorang pekerja PT Waskita Karya, Heri Sunandar tewas tertimpa konstruksi bangunan proyek strategis nasional itu.

Kegiatan itu bermula dari pengerjaan pemasangan tiga girder sepanjang 50,8 meter. Proses pengerjaan itu dilakukan dengan menggunakan dua crane masing-masing

JAKARTA INTERNATIONAL COLLEGE
EDUFEST
GET YOUR

THAMRIN NINE
PRESTIGIOUS COMMERCIAL OFFICE
IN THE TALLEST BUILDING
in Indonesia & The Entire Southern Hemisphere

Advertisement

1-12.pdf x Kesehatan Dan Keselamatan x Girder Flyover Proyek Tol Pas... x Kronologi Tol Pasuruan-Prob... x

← → X [cnnindonesia.com/nasional/20171030123720-20-252134/kronologi-tol-pasuruan-probolinggo-ambruk-tewaskan-pekerja](https://www.cnnindonesia.com/nasional/20171030123720-20-252134/kronologi-tol-pasuruan-probolinggo-ambruk-tewaskan-pekerja)

Registrasi PK TA T... BAB 5.pdf ANALISA PENERA... Microsoft Word - ... 13660028_BAB 4... Ini penyebab kons...

CNN Indonesia Home Nasional Internasional Ekonomi Olahraga Teknologi Otomotif Hiburan Gaya Hidup **CNN TV** RAGAM Q

Pemilu 2024 Syahrul Yasin Limpo Pilpres 2024 Asian Games 2023 Karhutla


Home > Nasional > Peristiwa

Kronologi Tol Pasuruan-Probolinggo Ambruk Tewaskan Pekerja

Antara | **CNN Indonesia**

Senin, 30 Okt 2017 13:04 WIB

Bagikan: [f](#) [t](#)



Lokasi ambruknya girder flyover proyek tol Pasuruan-Probolinggo yang menewaskan satu orang pekerja. (Dok. Humas Polda Jawa Timur)

Jakarta, CNN Indonesia – Girder atau balok beton penyangg tiang yang menopang proyek Tol Pasuruan-Probolinggo ambruk saat proses pembangunan. Seorang pekerja PT Waskita Karya, Heri Sunandar tewas tertimpa konstruksi bangunan proyek strategis nasional itu.

Kegiatan itu bermula dari pengerjaan pemasangan tiga girder sepanjang 50,8 meter. Proses pengerjaan itu dilakukan dengan menggunakan dua crane masing-masing

JAKARTA INTERNATIONAL COLLEGE
EDUFEST
GET YOUR

THAMRIN NINE
PRESTIGIOUS COMMERCIAL OFFICE
IN THE TALLEST BUILDING
in Indonesia & The Entire Southern Hemisphere

Advertisement

Lampiran 5 Dokumentasi Kejadian



